

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению лабораторных работ по дисциплине
«ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»
для студентов направления подготовки
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств
Направленность (профиль) Технология машиностроения

Ставрополь 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Лабораторная работа № 1. Определение погрешностей геометрической точности станков.....	5
Лабораторная работа № 2. Определение погрешностей обработки, вызываемых упругими деформациями технологической системы	18
Лабораторная работа № 3. Определение погрешности базирования при установке детали на плоскость и два пальца....	24
Лабораторная работа № 4. Определение погрешностей обработки, вызываемых размерным износом режущего инструмента.....	32
Лабораторная работа № 5. Определение погрешности установки размера по лимбу станка.....	38
Лабораторная работа № 6. Исследование методов размерной настройки технологической системы.....	42
Лабораторная работа № 7. Исследование погрешности установки резца на размер.....	54
Лабораторная работа № 8. Статистическое исследование точности технологической операции.....	59
Лабораторная работа № 9. Исследование шероховатости поверхности методом планируемого эксперимента	66

ПРЕДИСЛОВИЕ

Лабораторные занятия, на которых студенты проводят экспериментальные исследования, направленные на раскрытие теоретических положений, являются одним из основных видов учебной работы. Цель лабораторных занятий помочь студентам правильно понять принцип органического единства теории и практики.

Задачами проводимых занятий являются:

- формирование у будущих специалистов практических навыков обращения с изучаемыми объектами, лабораторным оборудованием и другими средствами эксперимента, привитие им навыков экспериментальной деятельности;

- обучение студентов приемам экспериментального подтверждения и проверки теоретических положений;

- освоение студентами методов планирования и проведения экспериментов, обработки и анализа полученных данных, оформления их результатов;

- развитие интереса у студентов к экспериментальным исследованиям и привитие навыков самостоятельной творческой работы.

Порядок проведения каждой работы характеризуется общей последовательностью: индивидуальное собеседование или контрольная работа по данной теме с целью выяснения степени подготовленности студентов к лабораторной работе; краткое объяснение преподавателем цели и задач работы; инструктаж по технике безопасности в соответствии с особенностями данной работы; изучение студентами методики проведения работы и выполнение предварительных расчетов; выполнение студентами работы под руководством преподавателя и при участии лаборанта; математическая обработка полученных результатов; оформление отчета; защита лабораторной работы.

На первом занятии преподаватель проводит вводный инструктаж по технике безопасности с регистрацией его в специальном журнале и личной росписью студента. При выполнении отдельных работ преподаватель инструктирует студентов в соответствии с особенностями проведения данной работы.

Перед началом работы необходимо привести в порядок рабочую одежду и рабочее место, ознакомиться с устройством оборудования и приборов, проверить исправность их работы, обо всех замечаниях сообщить лаборанту.

Во время работы необходимо надежно закрепить обрабатываемую заготовку на станке, применять режимы обработки, указанные в задании; перед остановкой отвести режущий инструмент от детали; выключить станок; убрать рабочее место.

В ходе выполнения лабораторных работ у учащихся формируются следующие компетенции:

Код, формулировка КОМПЕТЕНЦИИ	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-2 - Способен обеспечивать технологическую подготовку и обеспечение производства деталей машиностроения средней сложности.	ИД-2_{ПК-2} Выбирает и проектирует заготовки для машиностроительного производства	Анализировать технологичность конструкции деталей, выбирать и проектировать заготовки для машиностроительного производства
	ИД-3_{ПК-2} Осуществляет обеспечение оснасткой производство деталей машиностроения средней сложности	Выбирать инструмент, технического оснащение, оборудование по заданным техническим условиям машиностроительного производства
	ИД-4_{ПК-2} Разрабатывает технологические процессы изготовления деталей машиностроения средней сложности	Проводить аналитический анализ технологических решений, участвовать в разработке проектов изделий машиностроения.
ПК-3 - Способен обеспечивать качество изделий средней сложности в механосборочном производстве	ИД-3_{ПК-3} Осуществляет контроль соблюдения технологической дисциплины	Владеть навыками обеспечения технологической подготовки производства изделий требуемого качества и контроля соблюдения технологической дисциплины.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ СТАНКОВ

1.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – овладение навыками определения погрешностей геометрической точности токарно-винторезного станка.

В связи с этим содержанием работы является:

- ознакомление с методами определения погрешностей геометрической точности токарно-винторезного станка;
- определение погрешностей геометрической точности станка;
- сопоставление измеренных погрешностей станка с допустимыми погрешностями на его измерение.

1.2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Точность станка в ненагруженном состоянии называется геометрической точностью станка. Геометрическая точность станка является определяющим фактором точности обрабатываемых деталей, складывается из точности геометрической формы посадочных поверхностей отдельных элементов станка и точности изготовления их самих, точности вращения шпинделей, прямолинейности или плоскостности направляющих поверхностей, точности взаимного положения и движения узлов и элементов станка [1.7.3].

Погрешности геометрической точности станка полностью или частично переносятся на обрабатываемую заготовку в виде систематических погрешностей. Величина этих погрешностей поддается предварительному анализу и расчету, а следовательно, расчету поддаются и связанные с ним погрешности обрабатываемых деталей [1.7.3]:

1) при параллельности оси шпинделя токарного станка направляющим движения суппорта в горизонтальной плоскости цилиндрическая поверхность обрабатываемой заготовки, закрепленной в патроне станка, превращается в коническую. При этом изменение радиуса r заготовки равно линейному отклонению α оси параллельности по отношению к направляющим на длине L детали, т.е.

$$r_{\text{н.д}} = r + \alpha; \quad (1.1)$$

2) при непараллельности оси шпинделя относительно направляющих в вертикальной плоскости обрабатываемая поверхность приобретает форму гиперboloида вращения, наибольший радиус которого

$$r_{\text{н.д}} = \sqrt{r^2 + b^2}, \quad (1.2)$$

где b – линейное отклонение шпинделя от параллельности по отношению к направляющим в вертикальной плоскости на длине L детали;

3) биение шпинделя токарного станка, вызываемое овальностью подшипников и опорных шеек шпинделя, искажает форму обрабатываемой заготовки в поперечном сечении. Овальность шеек шпинделя в этом случае переносится на заготовку, так как при ее обработке шейка шпинделя все время прижимается к определенным участкам поверхностей подшипников [1.7.2];

4) биение передних центров токарных станков при правильном положении оси шпинделя вызывает перекося оси обрабатываемой поверхности при сохранении правильной окружности в поперечном сечении детали. Причиной биения в этом случае могут быть: биение оси конического отверстия шпинделя, биение оси переднего центра по отношению к оси его хвостовика, неточность посадки переднего центра в коническом отверстии шпинделя;

5) при биении переднего центра центровая линия (рис. 1.1) в процессе обработки описывает конус с вершиной у заднего центра. Основание этого конуса равно биению переднего центра, а осью конуса является ось вращения шпинделя станка.

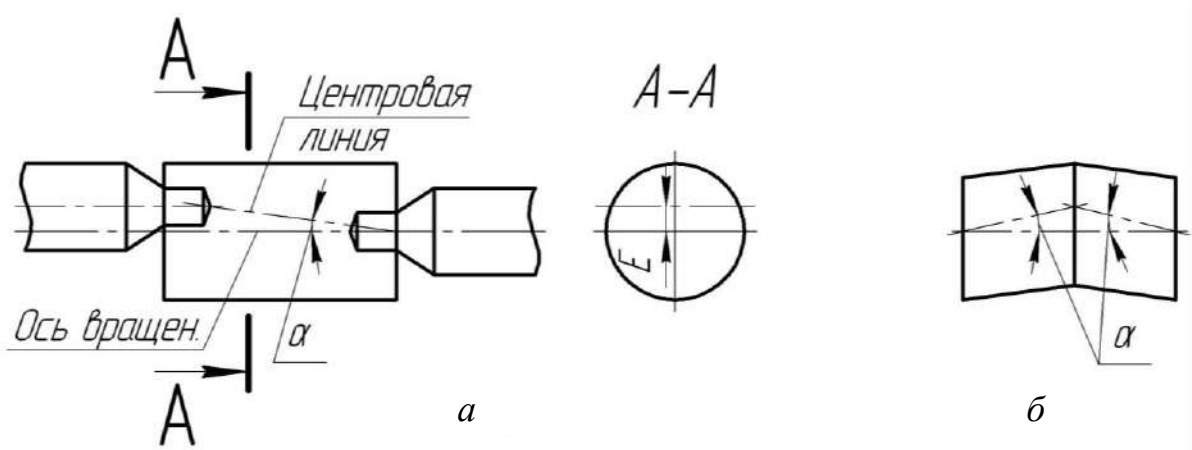


Рис. 1.1. Схема влияния биения переднего центра на точность обработки: a – погрешность при обточке за одну установку; b – погрешность при обточке за два участка

В результате обтачивания в поперечном сечении заготовки (сечение $A-A$) получается правильная округлость заданного радиуса, так как вращение заготовки происходит вокруг правильно расположенной и постоянной оси вращения шпинделя, но след центральной линии, соединяющей центровые отверстия детали, оказывается смещенным от центра сечения на расстояние E . После обработки заготовка приобретает форму цилиндра, ось которого наклонена по отношению к линии центровых отверстий на угол α . При этом

$$\sin \alpha = \frac{E}{L}, \quad (1.3)$$

где E – эксцентриситет переднего центра, мм;

L – длина заготовки, мм.

При обточке за две установки (с перевертыванием детали для перестановки поводкового хомутка) обработанная заготовка получается двусонной с наибольшим углом пересечения осей, равным 2α (рис. 1.1, б):

б) отклонение от параллельности оси вращения шпинделя передней бабки по отношению к направляющим станины и вертикальной плоскости и отклонение от соосности осей шпинделя передней и задней бабок в вертикальной плоскости приводят к изменению диаметра обрабатываемой детали (рис. 1.2) на величину ΔD

$$\Delta D = 2\Delta r = 2\left(\frac{h}{\sin \alpha} - R\right), \quad (1.4)$$

где h – погрешность одновысотности, мм;

R – радиус обрабатываемой заготовки, мм;

$\alpha = \arctg h/R$, рад.

Погрешности прямолинейности продольного перемещения суппорта вследствие силового замыкания суппорта через инструмент с обрабатываемой заготовкой непосредственно переносятся на обработанную деталь.

Методы проверки и нормы точности и жесткости токарных к токарно-винторезных станков определяются ГОСТ 18097–93.

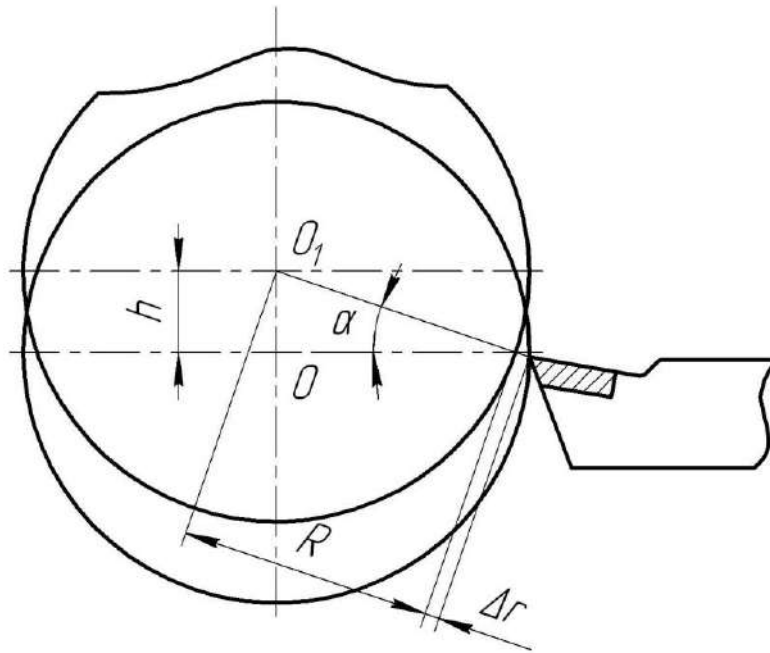


Рис. 1.2. Влияние отклонения от параллельности оси вращения шпинделя передней бабки по отношению к направляющим станины в вертикальной плоскости и отклонения от соосности осей шпинделя передней и задней бабок в вертикальной плоскости на точность диаметральных размеров обрабатываемой детали

1.3. ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТ, МАТЕРИАЛЫ

В лабораторной работе используется:

- 1) токарно-винторезный станок модели 1К62;
- 2) индикатор часового типа многооборотный 1 МИГ, ГОСТ 9696–81, с ценой деления 1 мкм;
- 3) стойка магнитная для индикатора;
- 4) патрон трехкулачковый, ГОСТ 2675–80;
- 5) задний вращающийся центр типа А, ГОСТ 8742–75;
- 6) передний упорный центр, ГОСТ 13214–79;
- 7) контрольная оправка $\varnothing 50$ мм, $L = 500$ мм, материал – сталь 45, ГОСТ 1050–88.

1.4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1.4.1. Проверка прямолинейности продольного перемещения суппорта в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

В центрах передней 4 (рис. 1.3) и задней 5 бабок устанавливает оправку 2 с цилиндрической измерительной поверхностью. На суппорте 1 для измерения в горизонтальной плоскости укрепляют индикатор 3 так, чтобы его измерительный наконечник касался боковой образующей оправ-

ки и был направлен к ее оси перпендикулярно образующей, а для измерения в вертикальной плоскости так, чтобы его измерительный наконечник касался верхней образующей оправки и был направлен к ее оси перпендикулярно образующей.

Создать предварительный натяг индикатора $0,05 \div 0,1$ мм.

1.4.1.1. Суппорт перемещают в продольном направлении на всю длину хода.

Занести в таблицу отчета максимальное и минимальное отклонения в каждой плоскости.

1.4.1.2. Определить погрешности, возникающие вследствие отклонений от прямолинейности, как разность показания индикатора.

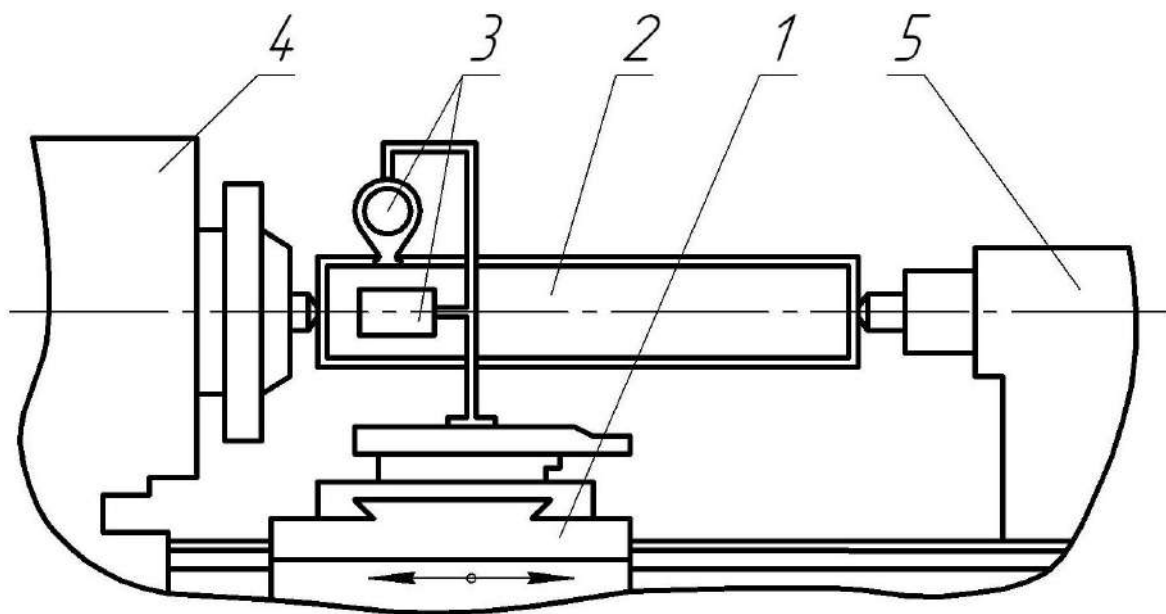


Рис. 1.3. Схема проверки прямолинейности продольного перемещения суппорта в горизонтальной и вертикальной плоскостях

$$\Delta_n^{\text{гор}} = \Delta_{\text{max}}^{\text{гор}} - \Delta_{\text{min}}^{\text{гор}}; \quad (1.5)$$

$$\Delta_n^{\text{верт}} = \Delta_{\text{max}}^{\text{верт}} - \Delta_{\text{min}}^{\text{верт}}, \quad (1.6)$$

где $\Delta_n^{\text{гор}}$, $\Delta_n^{\text{верт}}$ – погрешности прямолинейности, возникающие в горизонтальной и вертикальной плоскостях соответственно;

$\Delta_{\text{max}}^{\text{гор}}$, $\Delta_{\text{min}}^{\text{гор}}$ – максимальное и минимальное показания индикатора в горизонтальной плоскости соответственно;

$\Delta_{\max}^{\text{верт}}$, $\Delta_{\min}^{\text{верт}}$ – максимальное и минимальное показания индикатора в вертикальной плоскости соответственно.

1.4.1.3. Сравнить полученные погрешности прямолинейности с допустимыми, которые приведены в прил. 1.1.

1.4.2. Проверка одновысотности оси вращения шпинделя передней бабки по отношению к направляющим станины в вертикальной плоскости.

В центрах передней 1 (рис. 1.4) и задней 5 бабок устанавливают оправку 6 с цилиндрической измерительной поверхностью. На суппорте 4 устанавливают индикатор 3 так, чтобы его измерительный наконечник касался измерительной поверхности и был направлен к оси оправки перпендикулярно верхней образующей.

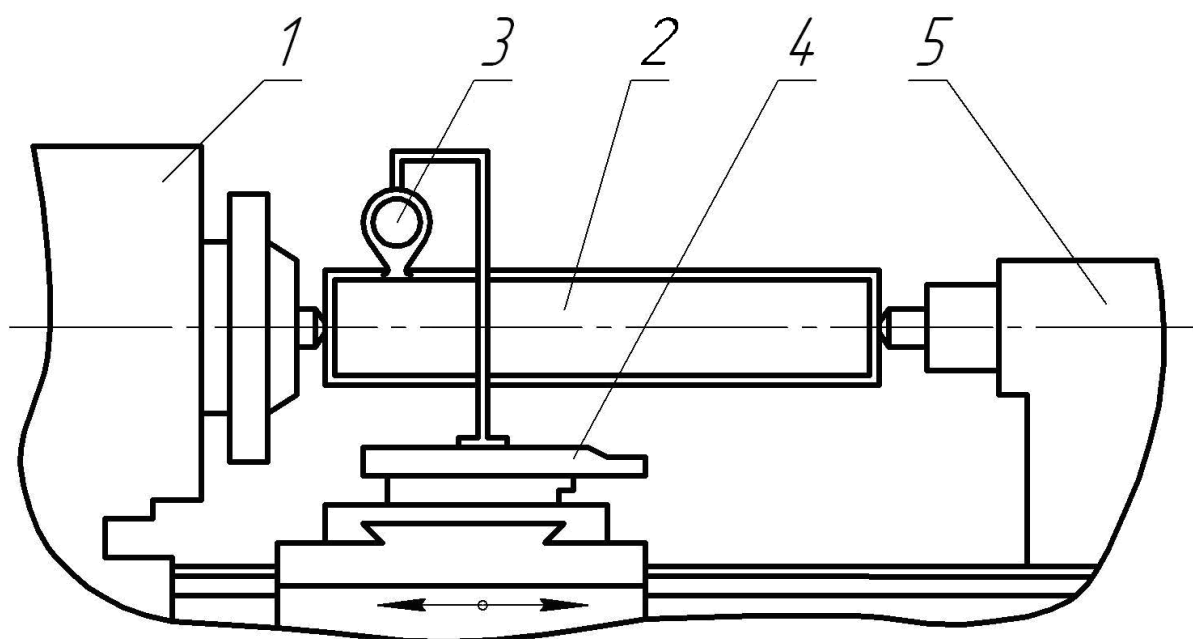


Рис. 1.4. Схема проверки одновысотности оси вращения шпинделя передней бабки и оси отверстия пиноли задней бабки по отношению к направляющим станины в вертикальной плоскости

1.4.2.1. Суппорт перемещают на длину оправки. После первого измерения шпиндель поворачивают на 180° и повторяют измерения.

1.4.2.2. Отклонения определяют как среднее арифметическое результатов двух указанных измерений, каждое из которых определяется алгебраической разностью показаний индикатора на концах оправки:

$$\Delta_0^{\text{верт}} = \frac{\left(\Delta_{1\text{шт}}^{\text{верт}} - \Delta_{1\text{пин}}^{\text{верт}} \right) + \left(\Delta_{2\text{шт}}^{\text{верт}} - \Delta_{2\text{пин}}^{\text{верт}} \right)}{2}, \quad (1.7)$$

где $\Delta_0^{\text{верт}}$ – отклонение от одновысотности в вертикальной плоскости;

$\Delta_{1\text{шт}}^{\text{верт}}$, $\Delta_{2\text{шт}}^{\text{верт}}$ – показания индикатора у шпинделя при первой и втором измерениях;

$D_{1\text{пин}}^{\text{верт}}$, $D_{2\text{пин}}^{\text{верт}}$ – показания индикатора у пиноли соответственно при первом и втором измерениях.

1.4.2.3. Данные занести в таблицу отчета, полученные отклонения сравнить с допустимыми из прил. 1.2.

1.4.3. Проверка параллельности перемещения задней бабки перемещению суппорта, проверяемого в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Суппорт 1 (рис. 1.5) и заднюю бабку 4 устанавливают в крайнее исходное положение на направляющих станины. Пиноль 3 вдвигают в заднюю бабку на 0,8 хода и зажимают. На суппорте укрепляют индикатор 2 так, чтобы его измерительная наконечник касался пиноли задней бабки и был направлен к ее оси перпендикулярно образующей.

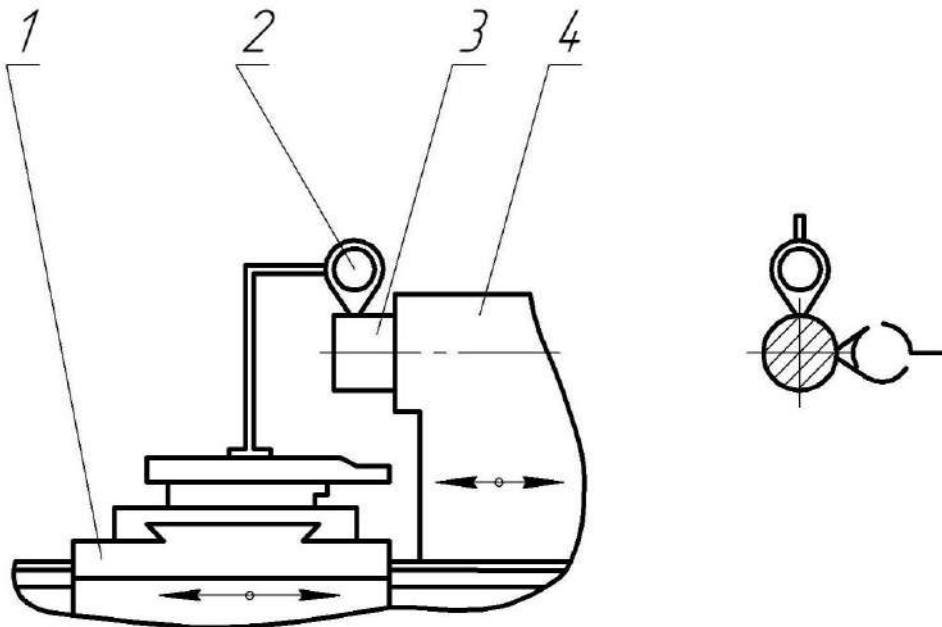


Рис. 1.5. Схема проверки параллельности перемещения задней бабки перемещению суппорта в вертикальной и горизонтальной плоскостях

1.4.3.1. Суппорт и заднюю бабку перемещают одновременно (при этом расстояние между суппортом и задней бабкой должно быть постоянно, для этого бабка жестко закрепляется с суппортом) на всю длину хода задней бабки с остановками для измерения не более чем через 0,3 длины хода.

1.4.3.2. Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора при первоначальном и последующем положениях задней бабки и суппорта:

$$\Delta_{\text{шп}}^{\text{верт(гор)}} = \Delta_{\text{шпmax}}^{\text{верт(гор)}} - \Delta_{\text{шпmin}}^{\text{верт(гор)}} , \quad (1.8)$$

где $\Delta_{\text{шпmax}}^{\text{верт(гор)}}$ – максимальное показание индикатора в вертикальной (горизонтальной) плоскости;

$\Delta_{\text{шпmin}}^{\text{верт(гор)}}$ – минимальное показание индикатора в вертикальной (горизонтальной) плоскости.

1.4.3.3. Данные занести в таблицу отчета, полученное отклонение сравнить с допустимыми, определенными по таблице прил. 1.3.

1.4.4. Проверка краевого биения опорного буртика шпинделя передней бабки.

На неподвижной части станка укрепляют индикатор 1 (рис. 1.6) так, чтобы его измерительный наконечник касался опорного буртика шпинделя 2 на возможно большем расстоянии от центра и был перпендикулярен ему.

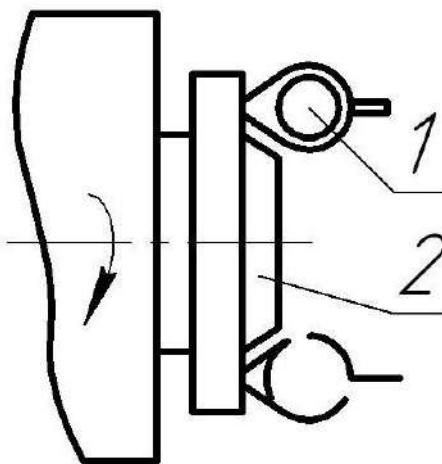


Рис. 1.6. Схема проверки торцевого биения опорного буртика шпинделя передней бабки

1.4.4.1. Шпиндель приводят во вращение (в рабочем направлении). Измерения производят в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, в двух диаметрально противоположных точках поочередно.

При каждом измерении шпиндель должен сделать не менее двух оборотов.

1.4.4.2. Отклонения определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора в каждой плоскости:

$$\Delta_{\delta 1} = \Delta_{\max 1} - \Delta_{\min 1}; \quad (1.9)$$

$$\Delta_{\delta 2} = \Delta_{\max 2} - \Delta_{\min 2}, \quad (1.10)$$

где $\Delta_{\delta 1}$, $\Delta_{\delta 2}$ – биения в первой и второй плоскостях соответственно;

$\Delta_{\max 1}$, $\Delta_{\min 1}$ – показания индикатора максимальное и минимальное в первой плоскости измерения соответственно;

$\Delta_{\max 2}$, $\Delta_{\min 2}$ – показания индикатора максимальное и минимальное во второй плоскости измерения соответственно.

1.4.4.3. Результаты измерений и расчета занести в таблицу отчета, полученные погрешности сравнить с допустимыми, определенными по таблице прил. 1.4.

1.4.5. Проверка осевого биения ходового винта.

На неподвижной части станка укрепляют индикатор 2 так, чтобы его измерительный наконечник касался торца ходового винта 1 (рис. 1.7) у его центра (или поверхности шарика 3, вставленного в центровое отверстие ходового винта).

1.4.5.1. Ходовой винт приводят во вращение. Измерение проводят поочередно при обоих направлениях вращения ходового винта (при соответствующих направлениях осевой нагрузки, создаваемой рабочим давлением между винтом и гайкой при продольном перемещении суппорта).

При измерении ходовой винт должен сделать не менее 3-х оборотов.

1.4.5.2. Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора:

$$\Delta_{\text{б.х.в}}^{\text{пр}} = \Delta_{\max}^{\text{пр}} - \Delta_{\min}^{\text{пр}}; \quad (1.11)$$

$$\Delta_{\text{б.х.в}}^{\text{об}} = \Delta_{\max}^{\text{об}} - \Delta_{\min}^{\text{об}}, \quad (1.12)$$

где $\Delta_{\text{б.х.в}}^{\text{пр}}$, $\Delta_{\text{б.х.в}}^{\text{об}}$ – биение ходового винта, измеренное соответственно при прямом и обратном вращении;

$\Delta_{\max}^{\text{пр}}$, $\Delta_{\min}^{\text{пр}}$ – соответственно максимальное и минимальное показания индикатора при прямом вращении ходового винта;

$\Delta_{\max}^{\text{об}}$, $\Delta_{\min}^{\text{об}}$ – соответственно максимальное и минимальное показания индикатора при обратном вращении винта.

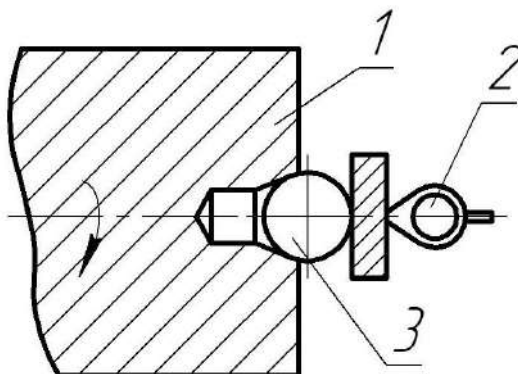


Рис. 1.7. Схема проверки осевого биения ходового винта

1.4.5.3. Результаты измерения и расчета занести в таблицу отчета, из погрешностей выбрать наибольшую и сравнить ее с допустимой, определенной по таблице прил. 1.5.

1.4.6. По формуле (1.4) рассчитать, к каким погрешностям обрабатываемого вала ($\varnothing 75h7$, $L = 800$ мм) приведут определенные вами на данном станке погрешности прямолинейности продольного перемещения суппорта в вертикальной плоскости и погрешности одновысотности оси вращения шпинделя передней бабки и оси отверстия пинולי задней бабки по отношению к направляющим станины в вертикальной плоскости.

Результатом расчета занести в таблицу отчета.

5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

При оформлении отчета необходимо руководствоваться правилами, установленными ГОСТ 2.105–95 «Общие требования к текстовым документам».

Результаты измерений и расчета заносятся в соответствующие графы таблицы отчета. Приводятся необходимые схемы измерений, формулируется вывод по лабораторной работе, анализ полученных значений.

1.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется геометрической точностью станков?
2. Как влияют отклонения от геометрической точности станков на правильность геометрической формы и точность обрабатываемых деталей?

3. К каким погрешностям обрабатываемых деталей приводят такие отклонения от геометрической точности токарно-винторезного станка:

- отклонение от параллельности оси шпинделя направлению движения суппорта;
- биение шпинделя;
- биение центров станка;
- отклонение от одновысотности оси вращения шпинделя передней бабки по отношению к направляющим станины;
- отклонение от прямолинейности продольного перемещения суппорта;
- осевое биение ходового винта;
- торцовое биение опорного буртика шпинделя?

4. Чем регламентируются погрешности изготовления и сборки станков?

5. Как снизить влияние погрешностей геометрической точности станков на точность обрабатываемых деталей?

1.7. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учебник / А. Н. Ковшов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-0833-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212438>

2. Сысоев, С. К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов : учебное пособие для вузов / С. К. Сысоев, А. С. Сысоев, В. А. Левко. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-9942-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/201644>

Приложение 1.1

Допустимые отклонения от прямолинейности продольного перемещения суппорта в горизонтальной и вертикальной плоскости

Класс точности станка	Наибольшая длина перемещения, мм						
	До 125	Св. 126 до 200	Св. 200 до 320	Св. 320 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1250	Св. 1250 до 2000
	Допуск, мкм (в гор. пл-ти/ в верт. пл-ти)						
Н	6/10	3/12	10/16	12/20	16/25	20/30	25/40
П	4/6	5/8	6/10	8/12	10/16	12/20	16/25
В	3/4	3/5	4/6	5/8	6/10	8/12	10/16

Приложение 1.2

Допустимые отклонения от одновысотности оси вращения шпинделя передней бабки и оси отверстия пиноли задней бабки по отношению к направляющим станины в вертикальной плоскости

Класс точности станка	Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм		
	До 400	Св. 400 и 800	Св. 800 и 1600
	Допуск, мм		
Н	30	40	60
П	20	25	40
В	12	16	—

Приложение 1.3

Допустимые отклонения от параллельности перемещения задней бабки перемещению суппорта в вертикальной и горизонтальной плоскостях

Класс точности станка	Длина перемещения, мм	
	До 500	Св. 500 до 20000
Н	30/20	40/25
П	20/12	25/16
В	18/2	16/10

Приложение 1.4

Допустимое торцевое биение опорного буртика шпинделя
передней бабки

Класс точности станка	Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм	
	До 400	Св. 400 до 800
	Допуск, мкм	
Н	16	20
П	10	12
В	7	7

Приложение 1.5

Допустимое торцевое биение ходового винта

Класс точности станка	Наименьший диаметр обрабатываемого изделия, мм		
	До 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 800
	Допуск, мм		
Н	6	8	10
П	4	5	7
В	2	3	5

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОБРАБОТКИ, ВЫЗЫВАЕМЫХ УПРУГИМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

2.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы:

- изучение влияния упругих отжатию в технологической системе под действием силы резания на точность обработки;
- изучение методов определения жесткости станка;
- экспериментальное определение жесткости токарно-винторезного станка и его составляющих узлов производственным методом;
- экспериментальное определение величины погрешностей механической обработки, вызываемых упругими отжатыми;
- расчет теоретических погрешностей обработки для конкретной детали по полученным данным.

2.2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Погрешности механической обработки деталей на станках обуславливаются протеканием многих физических процессов во время работы. Одним из факторов, влияющих на точность обработки, является возникающая в процессе резания сила резания P , которая вызывает упругие деформации составляющих элементов технологической системы.

В результате замыкания размерной цепи технологической системы в процессе обработки упругие отжаты элементов системы вызывают отклонения настроечного размера, которые оцениваются как погрешность обработки.

Величина упругих смещений частей станка зависит от двух факторов: величины радиальной составляющей силы резания P и податливости системы.

Податливость – это способность системы деформироваться под действием внешних сил. На практике имеет важное значение другое свойство – жесткость. Жесткостью станка называется его способность оказывать сопротивление силам, направленным на упругие перемещения элементов технологической системы. Количественной характеристикой жесткости является коэффициент жесткости:

$$j = \frac{P}{y}, \quad (2.1)$$

где y – величина упругих смещений, мм.

Вследствие различия конструкций, разного качества изготовления отдельных деталей, а также различия механических свойств материалов различные части станка и заготовка имеют разную жесткость. В общем случае для определения суммарной погрешности, возникающей вследствие упругих деформаций элементов технологической системы, используют расчетную схему, показанную на рис. 2.1.

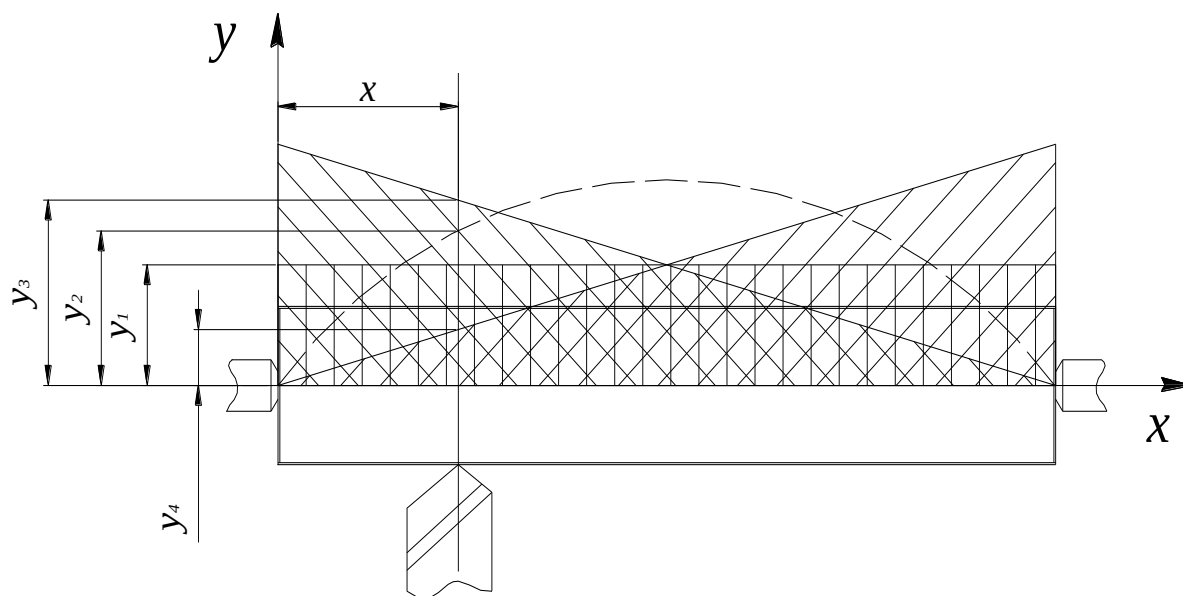


Рис. 2.1. Схема упругих отжятий технологической системы

В любом сечении x величина упругих отжятий определяется как сумма:

$$y_x = y_1 + y_2 + y_3 + y_4, \quad (2.2)$$

где y_1, y_2, y_3, y_4 – отжатия суппорта, детали, передней и задней бабок соответственно.

Определение составляющих формулы (2.2) производится экспериментальным или расчетным методом. При расчете пользуются зависимостью (2.1), значение коэффициента жесткости для каждой части станка определяют экспериментально статическим или динамическим методом.

Статический метод основан на ступенчатом нагружении частей станка постоянной силой P и измерении соответствующих ей отжятий нагружаемых частей. На рис. 2.2 показана диаграмма нагружения одной из частей станка силой P . Величина y_0 характеризует остаточную деформацию в результате выбора зазоров и люфтов, а также некоторую величину пластических деформаций. Коэффициент жесткости $y = \text{tg}(\alpha)$. Площадь под кривой характеризует работу нагружающей силы на упругих перемещениях.

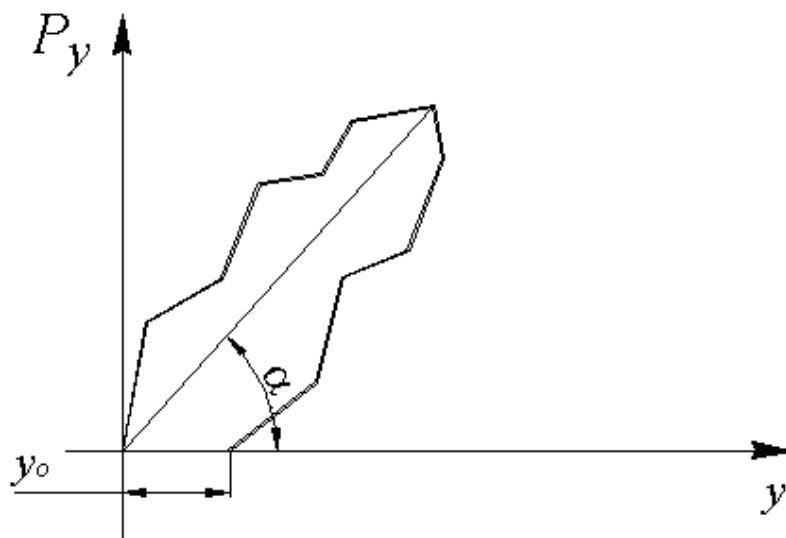


Рис. 2.2. Диаграмма «нагрузка – перемещение»

Динамический (производственный) метод основан на сравнении остаточных погрешностей обработки заготовки с известными исходными погрешностями. При этом жесткость технологической системы определяется по формуле

$$j = \lambda C_{py} S^{0,75} \frac{\Delta_1}{\Delta_2}, \quad (2.3)$$

где $\lambda = \frac{P_y}{P_z}$ – коэффициент, зависящий от условий обработки;

C_{py} – коэффициент, учитывающий механические свойства материала;

S – подача, мм/об;

Δ_1 и Δ_2 – соответственно погрешности заготовки и детали, мм.

В качестве погрешностей могут выступать радиальное биение, конусность, погрешность диаметральных размеров валов, поэтому и способы определения жесткости различные.

В данной работе используется динамический метод определения жесткости по остаточному радиальному биению после точения эксцентрических колец.

2.3. ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТ, МАТЕРИАЛЫ

Для выполнения работы необходимы:

- 1) токарно-копировальный станок модели 1Н722;
- 2) оправка для эксцентричных колец;
- 3) держатель для индикатора;

- 4) резец проходной с многогранной пластиной, ГОСТ 21151–85;
- 5) индикатор часового типа ИЧ-1 с ценой деления 0,01 мм;
- 6) индикатор часового типа 1 МИГ с ценой деления 0,001 мм;
- 7) заготовки колец, сталь 45, ГОСТ 1050–88.

2.4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать оправку с эксцентричными кольцами (рис. 2.3) и установить на станок, закрепить в трехкулачковом патроне, поджать задним центром.
2. Установить индикатор с ценой деления 0,01 мм в держатель, закрепить держатель на суппорте станка.
3. Установить наконечник индикатора против первого кольца (от торца шпинделя) и, поворачивая оправку рукой на себя, найти минимальное показание индикатора.
4. Создав минимальный натяг индикатора в пределах 0,2...0,5 мм, установить стрелку индикатора на «0» шкалы.
5. Поворачивая оправку, произвести замеры биения кольца в 10 точках, отмеченных на оправке.

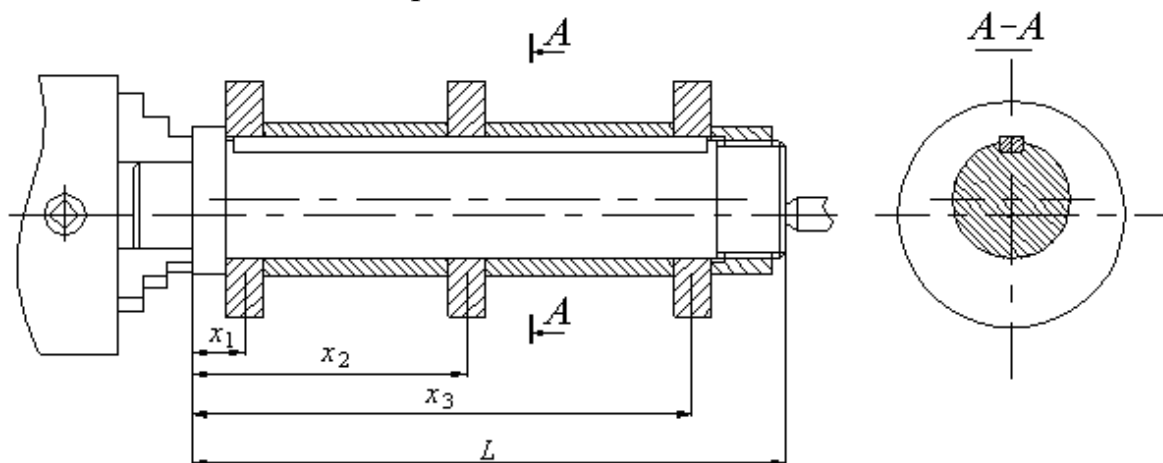


Рис. 2.3. Оправка специальная с эксцентричными кольцами

6. Повторить п. 3, 4, 5 для двух других колец и занести в журнал лабораторных работ данные о биении колец.
7. Снять индикатор с держателем и установить резец.
8. Проточить все три кольца за один проход на следующем режиме: $V = 40...65$ м/мин; $S = 0,2$ мм/об; $t = 7$ мм. Скорость резания определить из формулы

$$V = \frac{\pi D n}{1000}, \quad (2.4)$$

где D – диаметр колец, мм;

n – частота вращения шпинделя.

9. Снять резец, установить державку с индикатором с ценой деления шкалы 0,001 мм.

10. Повторить п. 3, 4, 5, 6 для обточенных колец.

11. Определить жесткость токарно-винторезного станка для каждого из трех колец по формуле (2.3). Принять при этом $\lambda = 0,1$; $C_{py} = 1,23$; Δ_1 – максимальная разность показаний индикатора до проточки, мм; Δ_2 – максимальная разность показаний индикатора после проточки, мм,

По значениям J_1, J_2, J_3 определить расчетным путем значения жесткости суппорта $J_{суп}$, передней $J_{п.б}$ и задней $J_{з.б}$ бабки, решив систему уравнений (2.5):

$$\begin{aligned} \frac{1}{J_1} &= \frac{1}{J_{суп}} + \frac{1 - \left(\frac{x_1}{L}\right)^2}{J_{п.б}} + \frac{\left(\frac{x_1}{L}\right)^2}{J_{з.б}}; \\ \frac{1}{J_2} &= \frac{1}{J_{суп}} + \frac{1 - \left(\frac{x_2}{L}\right)^2}{J_{п.б}} + \frac{\left(\frac{x_2}{L}\right)^2}{J_{з.б}}; \\ \frac{1}{J_3} &= \frac{1}{J_{суп}} + \frac{1 - \left(\frac{x_3}{L}\right)^2}{J_{п.б}} + \frac{\left(\frac{x_3}{L}\right)^2}{J_{з.б}}. \end{aligned} \quad (2.5)$$

Значения x_1, x_2, x_3, L определить по рис. 2.3.

12. Построить графики «нагрузка – перемещение» в осях: ось абсцисс – радиальное биение Δ_2 после обработки, ось ординат – радиальное биение Δ_1 до обработки. Число точек графика соответствует числу точек измерения в п. 5.

13. Сделать выводы по работе, оформить отчет.

2.5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать:

1. Название и цель работы.

2. Результаты измерений оправки до и после обработки.
3. Расчет жесткости отдельных частей станка.
4. График «нагрузка – перемещение».
5. Выводы о влиянии упругих деформаций технологической системы на погрешность обработки деталей.

2.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется податливостью и жесткостью технологической системы?
2. Чем количественно характеризуется жесткость?
3. Из каких компонентов складывается суммарная погрешность, возникающая вследствие упругих деформаций элементов технологической системы?
4. Какие существуют методы определения жесткости станка?

2.7. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учебник / А. Н. Ковшов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-0833-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212438>
2. Сысоев, С. К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов : учебное пособие для вузов / С. К. Сысоев, А. С. Сысоев, В. А. Левко. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-9942-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/201644>

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ БАЗИРОВАНИЯ ПРИ УСТАНОВКЕ ДЕТАЛИ НА ПЛОСКОСТЬ И ДВА ПАЛЬЦА

3.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Практическое ознакомление с базированием на плоскость и два пальца, изучение факторов, влияющих на величину погрешности базирования по указанной схеме.

Определение погрешности базирования заготовки на 100 мм длины в зависимости от межосевых расстояний пальцев и отверстий.

Проведение работы рассчитано на два академических часа.

3.2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Базирование по плоскости и двум точным отверстиям, из которых одним отверстием деталь устанавливается на цилиндрический палец, а другим – на срезанный, широко применяется при обработке корпусных деталей на автоматических линиях, агрегатных станках и др. Достоинством этого способа установки является простота конструкций приспособлений и достаточно высокая точность положения заготовки по отношению к режущему инструменту.

На рис. 1 показана схема установки обрабатываемой детали на два пальца и плоскость. Установка детали на плоскость лишает ее трех степеней свободы. Положение детали в направлении размера определяется цилиндрическим пальцем, который ограничивает еще две степени свободы.

Второй срезанный палец лишает деталь последней, шестой степени свободы – вращения вокруг оси цилиндрического пальца.

Срезанный палец устанавливается так, чтобы его большая ось была перпендикулярна к линии, соединяющей центры отверстий детали, что обеспечивает возможность установки на пальцы любой детали данного типоразмера, имеющей расстояние между отверстиями в пределах заданного. В этом случае зазор между отверстием и срезанным пальцем в направлении линии, соединяющей центры отверстий, увеличивается до значения $0,5X$ (рис.1., что позволяет компенсировать отклонения между осями отверстий устанавливаемой детали и пальцев приспособления.

Условием возможности установки всех обрабатываемых деталей по плоскости и двум отверстиям на цилиндрический и срезанный пальцы является выполнение следующего неравенства:

$$S_{1\min} + \frac{d_2}{b} \cdot S_{2\min} > \delta_{\text{дет}} + \delta_{\text{п}}, \quad (1)$$

где $S_{1\min}$ – наименьший зазор между цилиндрическим пальцем и отверстием заготовки;

d_2 – диаметр цилиндрической части срезанного пальца;

$S_{2\min}$ – наименьший зазор между направляющим пояском срезанного пальца и отверстием заготовки;

b – ширина пояса срезанного пальца;

$\delta_{\text{дет}}$ – допуск на размер L обрабатываемой детали;

$\delta_{\text{п}}$ – допуск на размер L пальцев.

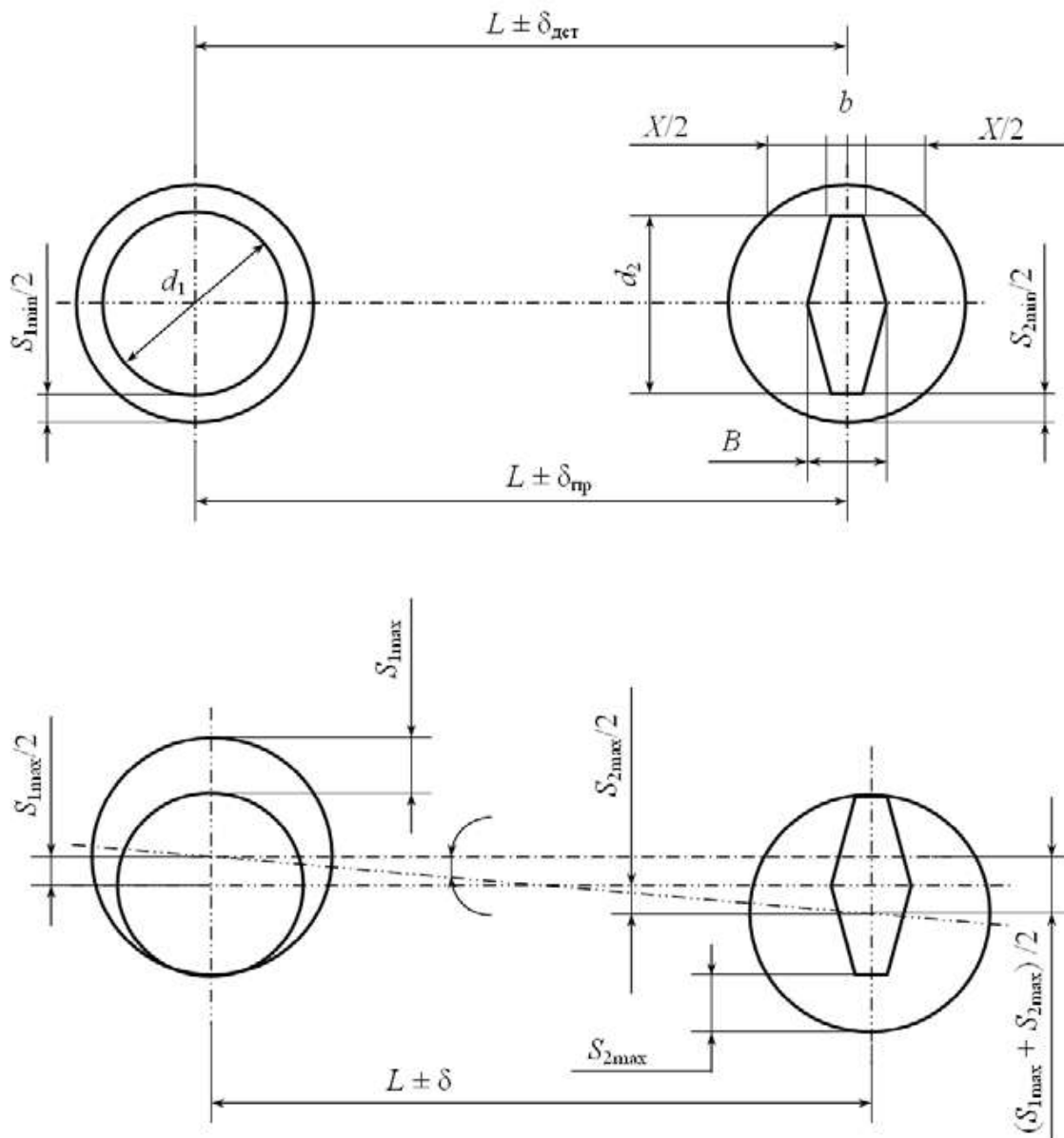


Рис. 1. Схема установки обрабатываемой детали на два пальца и плоскость

Наличие необходимых зазоров между пальцами и отверстиями является причиной углового смещения и перекоса детали. Наибольший возможный угол поворота заготовки (угловое смещение) вследствие наличия зазоров между базовыми отверстиями и установочными пальцами можно определить по формуле

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{S_{1\max} + S_{2\max}}{2L}, \quad (2)$$

где α – угловое смещение в градусах;

$S_{1\max} + S_{2\max}$ – наибольшие зазоры в соединениях «отверстие–установочный палец», мм;

L – номинальное расстояние между центрами отверстий или пальцев, мм.

Как видно из формулы (2), с увеличением расстояния между осями базовых отверстий угловое смещение детали при ее установке на пальцы уменьшается. Поэтому в качестве базовых следует выбирать отверстия, расположенные на возможно большем расстоянии друг от друга.

Возможный перекося детали на длине l' можно определить по формуле

$$n = \operatorname{tg} \alpha \cdot l' \quad (3)$$

где l' – длина детали, определяемая от центра отверстия, установленного на цилиндрический палец, вдоль общей оси базовых отверстий, мм;

n – возможный перекося детали по длине l' , мм.

Максимальный зазор в соединении «отверстие–установочный палец» определяется по формуле

$$S_{\max} = D_{\text{отв. max}} - D_{\text{пал. min}} \quad (4)$$

где $D_{\text{отв. max}}$ – наибольший предельный размер базового отверстия заготовки, мм;

$D_{\text{пал. min}}$ – наименьший предельный размер пальца, мм.

Угловое смещение детали и ее перекося при установке на два пальца определяются в настоящей работе на специальном приспособлении, приведенном на рис. 2. В качестве заготовки используется мастер-плита (рис. 3), имеющая семь отверстий. Отверстия № 1–3 выполнены диаметром 10 мм, отверстия № 5–7 – диаметром 15 мм, отверстие 4 – диаметром 12 мм. Основание приспособления 1 (рис. 2) имеет семь отверстий под установочные пальцы. Отверстия расположены на расстояниях, соответствующих межосевым расстояниям мастер-плиты. Приспособление снабжено ком-

плектом сменных установочных пальцев 5и 6,выполненных по посадке $\frac{H9}{f8}$.
Заготовка 7 устанавливается на два пальца. Точность отверстий—H9.

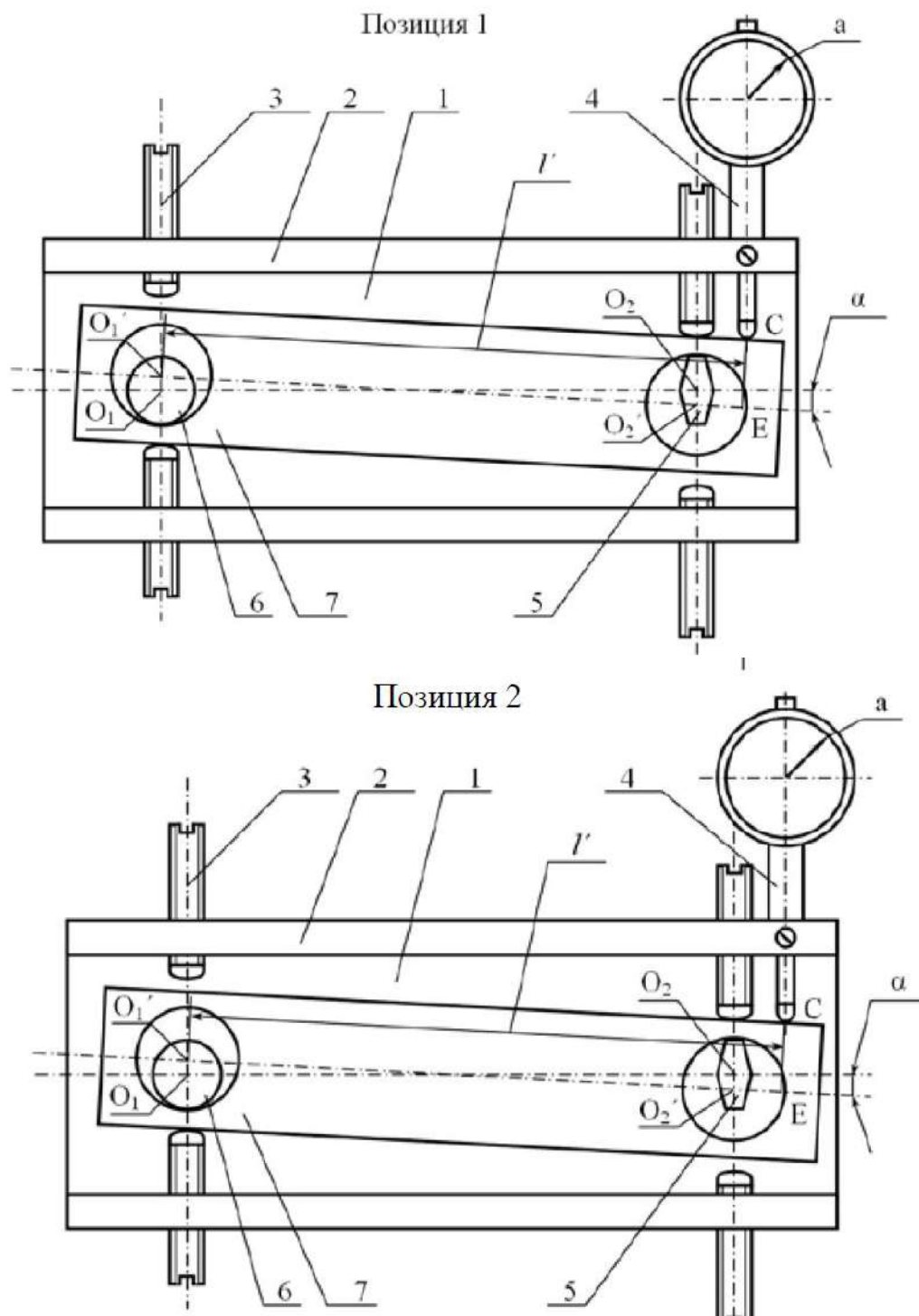


Рис. 2. Схема приспособления и измерения износа (O_1O_2 — общая ось пальцев, $O_1'O_2'$ — общая ось отверстий)

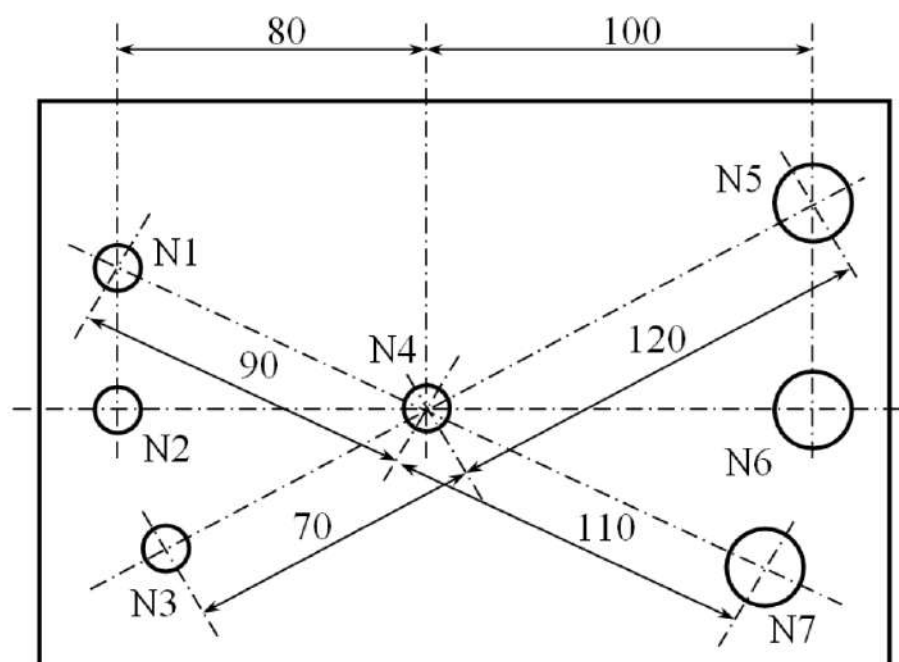


Рис. 3. Мастер-плита

К основанию приспособления прикреплены две планки 2, в которых устанавливаются отсчетная головка 4 и прижимные винты 3.

Для определения величины перекоса плиты, установленной на два пальца, ее при помощи двух диагонально расположенных винтов 3 прижимают к пальцам с противоположных сторон (см. рис. 2, позиция 1) и регистрируют показания «а» отсчетной головки, которая своим наконечником должна с натягом касаться боковой стороны плиты 7. Затем плита освобождается от зажима винтами 3, поворачивается в противоположную сторону с помощью другой пары винтов (см. рис. 2, позиция 2) и регистрируется показание «в» отсчетной головки 4.

Перекося плиты определяется по формуле

$$n' = \frac{b - a}{2}. \quad (5)$$

Угол поворота плиты (угловое смещение) в этом случае можно определить по формуле

$$\alpha' = \arctg \frac{n'}{l'}, \quad (6)$$

где l' – расстояние от центра отверстия O' , базирующегося на цилиндрический палец, до основания перпендикуляра, опущенного из точки контакта наконечника отсчетной головки 4 с плитой 7 на общую ось базовых отверстий $O_1^1 - O_2^1$ (см. рис. 2, позиция 1).

Значение l' для каждой пары отверстий даны в паспорте приспособления. Величина колебания размера CE в данном случае является погрешностью базирования плиты в точке C .

Межцентровые расстояния каждой пары отверстий мастер-плиты различны.

Для сопоставления величин перекоса деталей различных размеров принято определять величину перекоса на 100 мм длины детали:

$$n_{100} = \frac{n' \cdot 100}{l'} \text{ или } n_{100} = \operatorname{tg} \alpha' \cdot 100. \quad (7)$$

Варианты заданий приведены в таблице.

Варианты заданий

Но- мер вари- антов	Номер уста- новов	Базовые отверстия				Расстояние между ося- ми базовых отверстий L , мм
		под цилиндрический палец		под срезанный палец		
		номер отверстия	диаметр отверстия	номер отверстия	диаметр отверстия	
1	1	2	10	4	12	80
	2	4	12	6	15	100
	3	2	10	6	12	180
2	1	3	10	4	12	70
	2	4	12	5	15	120
	3	3	10	5	15	190
3	1	1	10	4	12	90
	2	4	12	7	12	110
	3	1	10	7	12	200
4	1	3	10	4	12	70
	2	2	10	4	12	80
	3	1	10	4	12	90
5	1	4	12	6	15	100
	2	4	12	7	12	110
	3	4	12	5	15	120

3.3. ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТ, МАТЕРИАЛЫ

1. Специальное приспособление.
2. Комплект установочных пальцев по два пальца в ком-плекте.
3. Мастер-плита.
4. Головка измерительная рычажно-зубчатая с ценой деле-ния 0,001 мм, ГОСТ 18833–73.

5. Нутромер с ценой деления 0,002 мм. Мод. 105, ГОСТ 9244–75.
6. Микрометр рычажной с ценой деления 0,002 мм. Мод. МР25, ГОСТ 4381–87.
7. Концевые меры длины (комплект). Набор № 2, ГОСТ 9038–83.

3.4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Установить цилиндрический и срезанный пальцы в отверстия приспособления в соответствии с заданием.
2. Определить с помощью рычажного микрометра диаметры установочных пальцев.
3. Определить с помощью нутромера действительные диаметры заданных базовых отверстий в мастер-плите.
4. По формуле (4) рассчитать максимальные зазоры в соединениях «отверстия-пальцы».
5. По формуле (2) рассчитать угловое смещение заготовки.
6. По формуле (7) рассчитать возможный перекося на длине 100 мм заготовки.
7. Установить мастер-плиту на пальцы приспособления и при помощи винтов 3 (см. рис. 2) повернуть ее на максимально возможный угол. Записать показание «а» отсчетной головки.
8. Отпустить винты 3, повернуть деталь в противоположную сторону при помощи второй пары винтов 3 и записать показание «б» отсчетной головки.
9. Вычислить значение перекося по формуле (5).
10. Определить действительный перекося мастер-плиты на длине 100 мм по формуле (7).
11. Рассчитать угол смещения мастер-плиты по формуле (6).
12. Выполнить в указанной выше последовательности пункты 1–11 для двух остальных установок. Результаты расчетов и измерений занести в таблицу отчета.
13. Сопоставить результаты расчетов и практических измерений наибольшего угла смещения.
14. Построить график зависимости погрешности базирования угла смещения от величины межцентровых расстояний базовых отверстий.
15. Дать анализ полученных результатов.
16. Составить отчет.
4. Напишите формулы для определения наибольшего угла смещения заготовки при установке на два пальца и плоскость.
5. Как рассчитать возможный перекося заготовки?

3.5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Исходные и полученные данные заносятся в соответствующие графы таблицы отчета. Производятся необходимые расчеты, графики, формулируются и записываются выводы по лабораторной работе.

При оформлении отчета необходимо придерживаться правил, указанных в ГОСТ 2.105–95 «Общие требования к текстовым документам». О проведении лабораторной работы свидетельствуют подписи студента, лаборанта и преподавателя, ведущего занятия, в соответствующих строках основной надписи.

3.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Вследствие каких причин возникает погрешность базирования?
2. Для каких целей применяется срезанный установочный палец?
3. Сколько степеней свободы лишают заготовку соответственно цилиндрический и срезанный пальцы?

3.7. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учебник / А. Н. Ковшов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-0833-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212438>

2. Сысоев, С. К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов : учебное пособие для вузов / С. К. Сысоев, А. С. Сысоев, В. А. Левко. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-9942-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/201644>

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОБРАБОТКИ, ВЫЗЫВАЕМЫХ РАЗМЕРНЫМ ИЗНОСОМ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы:

- изучение влияния размерного износа резца при наружном продольном точении на точность обработки деталей;
- определение величины износа и выявление закономерности размерного изнашивания резца в зависимости от продолжительности обработки и пути резания;
- определение величины относительного износа при заданных условиях обработки;
- расчет погрешностей токарной обработки длинного вала и партии коротких деталей цилиндрической формы.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В процессе резания режущие кромки резца подвергаются механическим и тепловым воздействиям. Значительные скорости трения скольжения задней поверхности режущей пластины по обрабатываемой поверхности, высокие температуры режущего клина и высокие давления на его передней и задней поверхностях вызывают интенсивный износ резца [3.7.1].

Изнашивание вызывается различными явлениями, происходящими при резании. Ряд гипотез объясняет этот процесс как абразивный, адгезионный, диффузионный, окислительный или усталостный вид изнашивания. При изнашивании реальных тел в конкретных условиях могут наблюдаться различные комбинации перечисленных выше видов изнашивания.

Самым слабым местом резца является его вершина, поскольку она изнашивается в первую очередь. Это приводит к изменению глубины резания, а следовательно, и настроечного размера.

На рис. 1 показано изменение настроечного размера D_0 под влиянием размерного износа U_p .

Различают три вида износа [3.7.1]: только по задней поверхности, только по передней поверхности, по обеим поверхностям одновременно. Износ только по задней поверхности наблюдается при малой толщине срезаемого слоя. Износ только по передней поверхности встречается редко и лишь у инструментов из быстрорежущей стали, работающих при высоких скоростях резания без СОЖ. Износ по обеим поверхностям наблюдается у

инструментов, работающих с большими толщинами среза (более 0,2 мм), с охлаждением и средними скоростями резания.

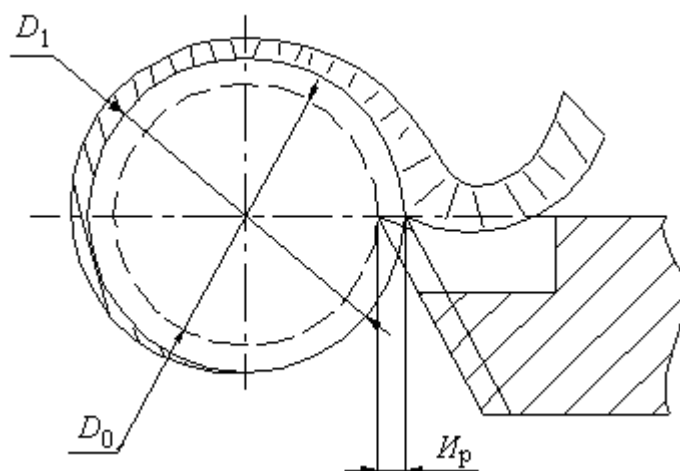


Рис. 1. Схема размерного изнашивания резца

Износ инструментов по задней поверхности является определяющим (особенно при чистовой обработке) и подчиняется общей закономерности изнашивания деталей машин (рис.2).

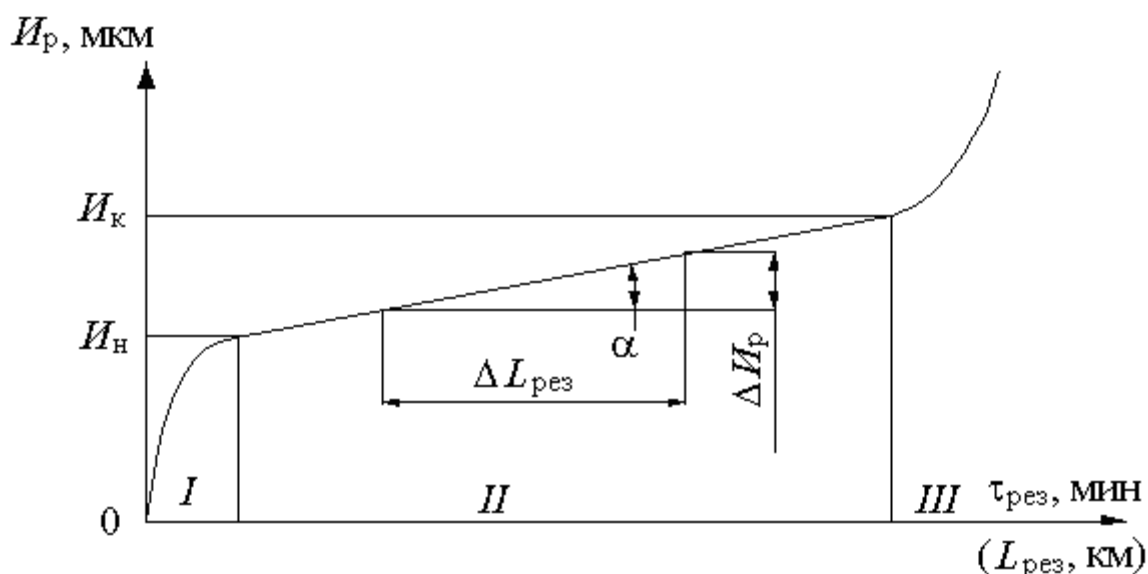


Рис. 2 Зависимость износа инструмента I_p от времени резания $\tau_{рез}$ (пути резания $L_{рез}$)

Изнашивание резца во времени протекает неравномерно [3.7.2]. В начальный период работы инструмента его износ происходит особенно интенсивно (участок I кривой износа см. на рис. 3.2). Это связано с тем, что трущиеся поверхности детали и резца имеют различную шероховатость, поэтому в период начального износа происходит приработка режущего лезвия инструмента, сопровождающаяся выкрашиванием отдельных неровностей.

После начального изнашивания резца процесс стабилизируется и протекает более равномерно (участок II).

Наконец, величина площадок износа достигает критической величины и интенсивность изнашивания возрастает (участок *III*). После этого эксплуатация резца прекращается во избежание его поломки.

Интенсивность износа (применительно к условиям нормального износа, протекающего в зоне *II*) определяется тангенсом угла наклона кривой в некоторой точке (момент времени) [3.7.3]:

$$\operatorname{tg} \alpha = I_o = \frac{dI}{d\tau} . \quad (1)$$

Если аппроксимировать участок нормального износа прямой линией, то относительный износ равен:

$$I_o = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta I_p}{\Delta L_{\text{рез}}} . \quad (2)$$

Величина относительного износа зависит от условий обработки, материала режущей части инструмента и заготовки, режима резания, геометрии режущей части, жесткости технологической системы и других факторов и определяется экспериментально или рассчитывается по формуле

$$I_o = C_{\text{и}} V^x S^y t^z K_{\text{и}} , \quad (3)$$

где V, S, t – параметры режима резания; $K_{\text{и}}$ – коэффициент, учитывающий условия обработки; $C_{\text{и}}$ – постоянная.

Зная величину I_o и начальный износ $I_{\text{н}}$, можно определить величину износа I_p в любой момент времени, а также погрешность обработки:

$$\Delta I = D_1 - D_0 = 2I_p . \quad (4)$$

4.3 ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТ, МАТЕРИАЛЫ

Для выполнения работы необходимы:

- 1) токарно-винторезный станок модели 1К62;
- 2) трехкулачковый самоцентрирующий патрон, ГОСТ 2675–80;
- 3) задний вращающийся центр, ГОСТ 8742–75 ;
- 4) резец проходной с многогранной пластиной Т15К6, ГОСТ 21151–85;
- 5) оптическая установка для измерения износа резца с ценой деления 0,00084 мкм;

- 6) секундомер;
- 7) заготовка вала, сталь 45, ГОСТ 1050–88.

4.4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. В присутствии учебного мастера подготовить оборудование к работе.
2. Установить заготовку на станок, поджать задним центром и надежно закрепить в трехлапчатом патроне (рис. 3).

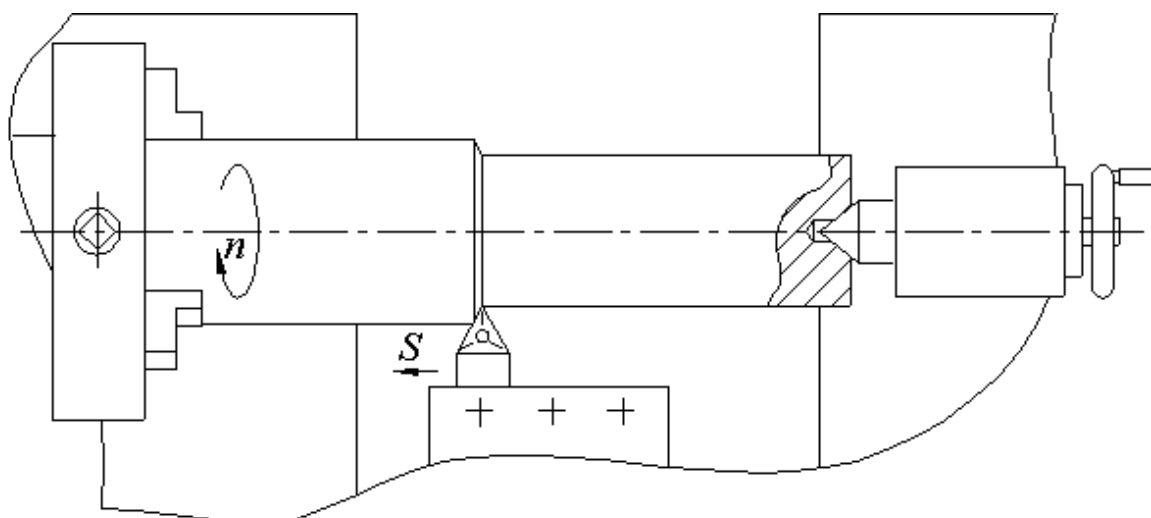


Рис. 3. Схема установки и обработки детали

3. Измерить размерный износ инструмента индикатором.

Средние значения износа инструментов при чистовом точении и растачивании

Материал		Износ	
обрабатываемый	режущего инструмента	начальный U_n , мкм	относительный U_0 , мкм/мм
Сталь углеродистая и легированная	T30K4, T15K6	2...8	4...10
Серый чугун	BK6, BK8	3...10	6...14
Цветные сплавы	Алмаз (при тонком точении)	—	0,0005...0,001

4. Установить резец на станок, закрепив в резцедержателе. Настроить станок на следующий режим обработки: $V = 200...220$ м/мин; $S = 0,13...0,17$ мм/об; $t = 0,4...0,6$ мм.

5. Произвести обтачивание заготовки (см. рис. 3) в течение двух минут, после чего резец снять и охладить 2...3 минуты в 2-процентном содовом растворе.

6. Установить резец в измерительное устройство и определить изменение начальной длины резца.

7. Повторить п. 4...6 5–7 раз. Результаты записать в протокол.

8. По результатам опытов построить график зависимости размерного износа I_p от пути резания $L_{рез}$. Путь резания определяется по формуле

$$L_{рез} = \frac{\pi D l}{1000 S}, \quad (5)$$

где D – диаметр заготовки, мм;

l – длина обрабатываемой части заготовки, мм;

S – подача резца, мм/об.

9. Для участка нормального износа определить относительный размерный износ по формуле

$$I_o = \frac{D I_p}{D L_{рез}} 1000, \quad (6)$$

где ΔI_p – размерный износ в период нормального изнашивания резца, мкм;

$\Delta L_{рез}$ – длина пути резания на этом участке, м.

10. Рассчитать погрешности обработки, вызываемые размерным износом режущего инструмента по формулам (7), (8) в следующих случаях:

а) обрабатывается длинный вал $D = 120$ мм, $L = 700$ мм;

б) обрабатывается партия валов ($n = 30$) с размерами $D = 65$ мм, $L = 150$ мм.

Погрешность формы:

$$\Delta \Phi = 2 I_p = \frac{2 I_o L_{рез}}{1000}. \quad (7)$$

Погрешность размера в партии из n деталей:

$$\Delta D = D_n - D_1 = \frac{2 I_o L_{рез} n}{1000}, \quad (8)$$

где $L_{рез}$ – длина пути резания при обработке одной детали, м;

D_n – последний получаемый диаметр в партии, мм;

D_1 – первый получаемый диаметр в партии, мм;

I_o – относительный износ резца, мкм/км.

11. Сделать выводы по работе, оформить отчет.

4.5 ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать:

1. Название и цель работы.
2. Результаты измерений износа резца и расчетов погрешности обработки.
3. Выводы о влиянии размерного износа на погрешность обработки деталей.

4.6 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие факторы вызывают износ резца?
2. Какое влияние оказывает на точность обработки размерный износ резца?
3. Каков характер изменения износа резца во времени?
4. Что называется относительным износом, его физический смысл?
5. Предложите мероприятия по уменьшению износа резца в условиях лабораторной работы.

4.7. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учебник / А. Н. Ковшов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-0833-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212438>

2. Сысоев, С. К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов : учебное пособие для вузов / С. К. Сысоев, А. С. Сысоев, В. А. Левко. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-9942-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/201644>

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ РАЗМЕРА ПО ЛИМБУ СТАНКА

1 Цель и содержание

Практическое освоение методики определения одной из составляющей суммарной погрешности обработки станков токарной группы.

2 Теоретическое обоснование

При изготовлении деталей на металлорежущих станках часто приходится пользоваться лимбами, дающими возможность отсчитывать необходимые перемещения узлов станка. При пользовании лимбами (даже при перемещении на целое число делений лимба) не представляется возможным точно получить необходимое перемещение ввиду влияния погрешности установки.

Погрешность установки размера по лимбу станка является случайной погрешностью и зависит от многих переменных факторов: величины силы трения в направляющих, жесткости цепи перемещения, износа винтовой пары, зрения рабочего, освещенности рабочего места, ширины штрихов на шкале лимба, неточности шага винта или рейки, неточности нанесения делений на лимбе и др.

Величину погрешности установки по лимбу станка можно найти на основании наблюдений, построения кривых распределения и их математической обработки.

Для получения данных, по которым строится кривая распределения, необходимо многократно устанавливать узел станка в одно и то же положение по лимбу, фиксируя каждый раз измерительным прибором фактическое положение узла.

При такой методике проведения работы не учитываются составляющие погрешности установки, обусловленные неточностью шага винта и неточностью нанесения делений лимба, но значительно упрощается техника проведения эксперимента.

Указанные составляющие общей погрешности установки, как известно, не могут иметь значительной величины, а поэтому такое упрощение не вносит заметной ошибки в результаты эксперимента.

При обработке заготовок на токарных универсальных станках чаще всего используют лимбы поперечного и продольного перемещения резцедержателя. Но, как показывает практика, точность получения размеров в диаметральном и осевом направлениях не равнозначна.

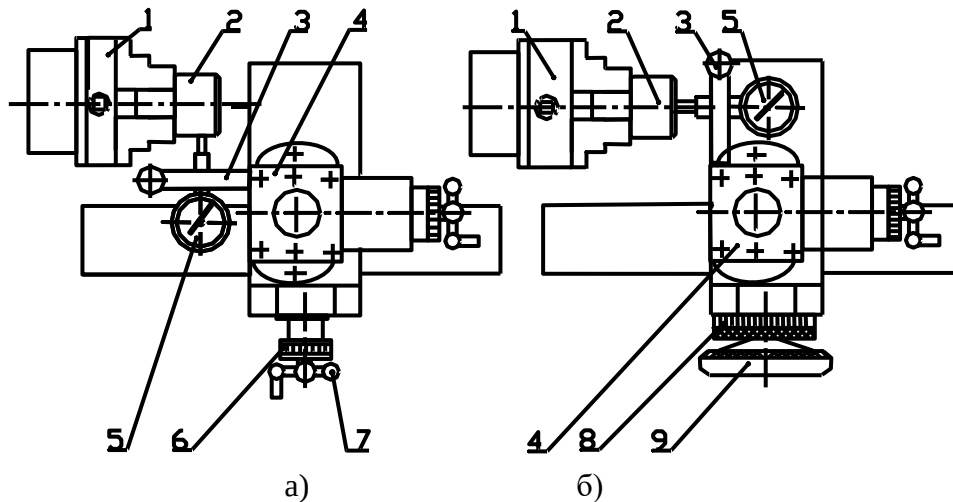


Рисунок 3 – Схема измерения погрешности установки размера по лимбу: а) поперечного перемещения; б) продольного перемещения

3 Аппаратура и материала

Токарный универсальный станок мод. 1М61П или 1К62.

Патрон 710035 или 710039, ГОСТ 2675-80.

Образец-калибр.

Стойка индикаторная специальная.

Индикатор многооборотный 2МИГ, ГОСТ 9696-82 или головка рычажно-зубчатая 2ИГ, ГОСТ 1883-73.

4 Указания по технике безопасности

При выполнении работы студенты должны руководствоваться общими для учебных аудиторий правилами техники безопасности.

5 Методика и порядок выполнения работы

1 Установить и закрепить в патроне 1 (рис. 3а) образец-калибр 2.

2 В индикаторной стойке 3, имеющей клеммовый зажим, установить индикатор 5 и закрепить.

3 Стойку с индикатором установить в резцедержателе 4 так, чтобы ось индикатора была на уровне оси центров станка и перпендикулярна ей.

4 Вращая рукоятку 7 подвести индикатор до касания с образцом-калибром. Наблюдая за показаниями индикатора, обеспечить натяг 0,1 или 0,5 мм (в зависимости от типа индикатора) и совместить стрелку с любым делением шкалы.

5 Настроить лимб поперечного перемещения так, чтобы его нулевая отметка совпала с неподвижной.

6 Поворачивая рукоятку 7 в обратном направлении (на 0,5–1 оборот) отвести назад резцедержатель так, чтобы обязательно был выбран зазор в винтовой паре.

7 Поворачивая рукоятку по часовой стрелке, переместить резцедержатель до касания наконечника индикатора поверхности образца-калибра и затем совместить нулевое деление лимба с неподвижной отметкой. Окончательную доводку совпадения рисок лимба произвести легким постукиванием руки по рукоятке. Записать показания индикатора как отклонение стрелки от настроечного деления шкалы.

8 Многократно (80–120 раз) повторить п. 6 и 7. Показания индикатора записать в табл. 4.

9 Переустановить стойку с индикатором в резцедержателе, как показано на рис. 3б.

10 Используя для продольных перемещений суппорта маховичок 9, выполнить п. 4–8 для измерения погрешности установки размера по лимбу продольного перемещения 8 по аналогии. Показания индикатора записать в отдельную таблицу 4.

11 Для измеренных параметров построить диаграммы, в которых по оси абсцисс указать порядковые номера наблюдений и по оси ординат – отсчет при наблюдении.

12 Для удобства обработки результатов наблюдений, показания индикатора после построения точечной диаграммы сгруппировать и свести в табл. 5. Произвести разбивку на интервалы и построить опытную кривую распределения погрешности для поперечного и продольного перемещений.

13 Подсчитать значения $\bar{x}$, S и ω (формулы (2), (4) и (11)).

14 Для обоих испытаний построить теоретические кривые нормального распределения, совместить их с опытными кривыми распределения (рис. 1).

15 Составить отчет.

Таблица 4 – Протокол измерения погрешности установки размера по лимбу станка

Номер установки индикатора	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Показания индикатора, мкм										

Таблица 5 – Промежуточные вычисления основных статистических параметров эмпирического распределения

Границы интервалов	Средины интервалов $x_{i\text{cp}}$	Частота m_i	$x_{i\text{cp}}^m$	$x_{i\text{cp}} - \bar{x}$	$(x_{i\text{cp}} - \bar{x})^2$

$x_1 - x_2$ $x_2 - x_3$ и т. д.					
			$\sum x_{i\text{cp}}^m$		$\sum (x_{i\text{cp}} - \bar{x})^2$

6 Содержание отчета и его форма

В отчете должны быть приведены следующие данные:

- 1 Номер и наименование работы.
- 2 Наименование, модель станка, шаг винта поперечного перемещения, модуль рейки для продольного перемещения, цена деления лимбов.
- 3 Схема измерения погрешности и данные об измерительных приборах.
- 4 Результаты опытов для поперечного и продольного перемещений (по форме табл. 4 и 5).
- 5 Построение точечных диаграмм и их анализ, определение наличия систематической постоянной и систематической переменной погрешности.
- 6 Расчет величин $\bar{x}$, S и ω .
- 7 Графическое построение опытной кривой распределения и расчетной кривой нормального распределения.
- 8 Приложить результаты обработки экспериментальных данных по программе «statis».

7 Вопросы для защиты работы

- 1 Назначение устройства «лимб» и его настройка.
- 2 Причины возникновения погрешности установки размера по лимбу станка.
- 3 Почему погрешности установки размера по лимбу станка в поперечном и продольном направлениях отличаются?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учебник / А. Н. Ковшов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-0833-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212438>
2. Сысоев, С. К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов : учебное пособие для вузов / С. К. Сысоев, А. С. Сысоев, В. А. Левко. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-9942-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/201644>

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ РАЗМЕРНОЙ НАСТРОЙКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – изучение основных методов статической настройки технологической системы «станок – приспособление – инструмент – деталь» на размер обработки и экспериментальное исследование погрешностей настройки.

Содержание работы включает в себя:

- определение экспериментальным путем составляющих погрешности настройки технологической системы на получаемый размер методом пробных проходов и промеров, по эталонам, по партии пробных заготовок;
- настройку технологической системы на получаемый размер перечисленными методами и обработку заготовок;
- сопоставление расчетной величины погрешности статической настройки технологической системы с экспериментальными данными.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАБОТЫ

Настройкой (наладкой) технологической системы называется процесс первоначального установления требуемой точности положения и относительного движения исполнительных поверхностей инструмента и оборудования или приспособления с целью получения требуемой точности обрабатываемых деталей [5.6.1].

При настройке технологической системы методом регулирования рассматривается одна из двух задач:

- настройка для обработки одной детали, используемая в мелкосерийном и единичном производстве. При этом каждая деталь обрабатывается после новой настройки;
- настройка для обработки партии деталей, применяемая в серийном и массовом производстве, когда детали обрабатываются последовательно на предварительно настроенном станке.

В обоих случаях основным методом настройки является метод пробных проходов и промеров. При настройке для обработки партии деталей могут быть использованы методы настройки по эталону или по ранее обработанной детали. При этом размер, к получению которого необходимо стремиться при настройке технологической системы, называется рабочим настроечным размером A_p .

Метод настройки по эталону (или по ранее обработанной детали) заключается в том, что режущий инструмент устанавливается на рабочий

настроечный размер на выключенном станке с помощью специально изготовленного эталона, представляющего собой прототип детали, обрабатываемой на данной операции. Иногда в качестве эталона используется ранее обработанная на данной операции деталь.

Недостаток этого метода заключается в том, что при такой настройке не учитывается величина упругих деформаций технологической системы – величина упругого отжатия режущих кромок инструмента под действием меняющихся сил резания (так называемый размер динамической настройки A_d технологической системы).

При настройке методом пробных проходов и промеров настройку технологической системы производят в несколько этапов. Обрабатывается небольшой участок поверхности заготовки, замеряется полученный размер, который сравнивается с рабочим настроечным размером. По результатам сравнения вносится поправка в настройку технологической системы и обрабатывается новый участок поверхности заготовки. Вновь производится сравнение полученного размера с рабочим настроечным и определяется новая поправка в настройку. Процесс повторяется, пока не будет получен рабочий настроечный размер.

3. ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТ, МАТЕРИАЛЫ

При выполнении лабораторной работы используются:

- 1) токарно-винторезный станок мод. 1К62;
- 2) микрометр гладкий МК (0–25 мм);
- 3) микрометр рычажный МР (0–25 мм с ценой деления 0,002 мм);
- 4) резец 2103-0713, ГОСТ 20872–80;
- 5) эталон детали;
- 6) патрон 7100-0039, ГОСТ 2675–80;
- 7) заготовки – валы Ø28 мм из стали 45, ГОСТ 1050–88, в количестве 20 шт.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1. Произвести настройку технологической системы для обработки одной детали (рис. 5.1) методом пробных проходов и промеров.

4.1.1. Определить рабочий настроечный размер:

$$A_p = A_{cp} = (A^{нб} - A^{нм})/2, \quad (.1)$$

где $A^{нб}$ и $A^{нм}$ – предельные размеры вала по чертежу (рис. 1).

4.1.2. Установить в технологическую систему заготовку.

4.1.3. Настроить технологическую систему на рабочий настроечный размер A_p и режим обработки $V = 100 \dots 150$ м/мин, $S = 0,15 \dots 0,17$ мм/об.

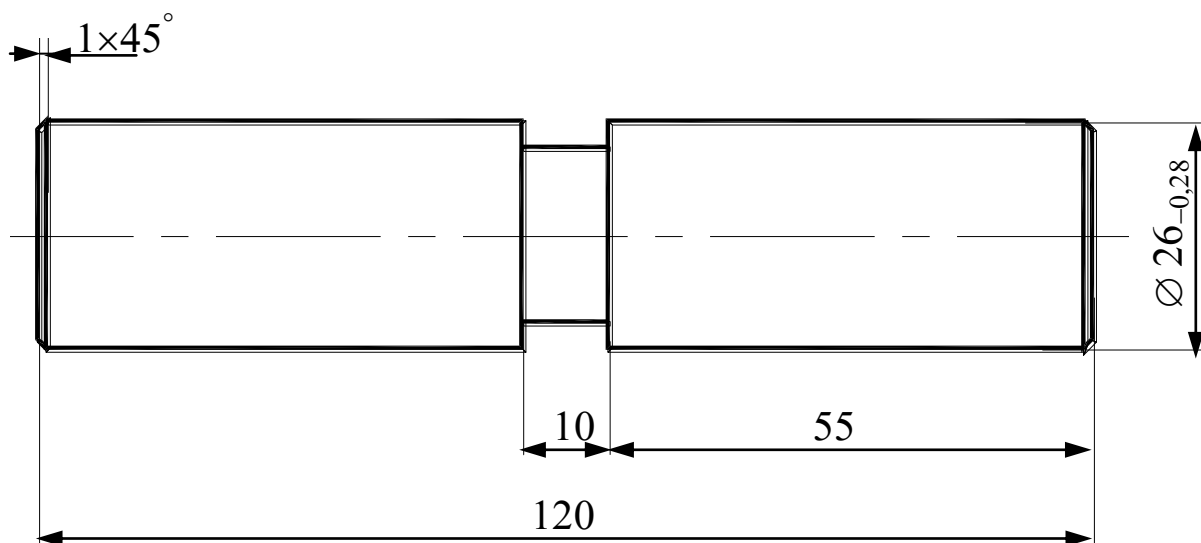


Рис. 1. Эскиз детали, получаемой на исследуемой операции

4.1.4. Включить станок и сделать пробный рабочий ход длиной 5 ... 7 мм.

4.1.5. Не изменяя настройки станка, отвести резец, выключить станок и произвести измерение диаметра обработанной поверхности гладким микрометром.

4.1.6. Ввиду упругого отжатия режущей кромки инструмента размер детали после обработки $A_{изм1}$ получится больше первоначального рабочего настроечного размера A_p на величину размера динамической настройки технологической системы A_d .

4.1.7. Поправка к величине рабочего настроечного размера составляет:

$$\Delta A_1 = (A_{изм1} - A_p)/2 . \quad (2)$$

4.1.8. Настроить технологическую систему на размер статической настройки:

$$A_{p1} = (A_p - \Delta A_1)/2 . \quad (3)$$

4.1.9. Обработать следующий участок заготовки на тех же режимах. Измерить полученный размер и определить величину поправки ко второму рабочему настроечному размеру:

$$\Delta A_2 = (A_{изм2} - A_{p1})/2 . \quad (4)$$

4.1.10. Размер статической настройки для третьего этапа составит:

$$A_{p2} = (A_{p1} - \Delta A_2)/2 . \quad (5)$$

4.1.11. Процесс повторяется до получения рабочего настроечного размера, измеренного с доступной точностью.

4.1.12. На настроенном таким образом станке произвести обработку оставшейся части заготовки.

4.1.13. Замерить полученный после обработки действительный диаметр детали D рычажным микрометром и определить отклонение этого диаметра от рабочего настроечного размера A_{pi} , на который был настроен станок:

$$\Delta_H^D = D - A_{pi}. \quad (6)$$

4.1.14. Определить погрешность настройки технологической системы по лимбу станка:

$$\Delta_H = 2,4 \sqrt{\Delta_{изм}^2 + \Delta_{рег}^2} , \quad (7)$$

где $\Delta_{рег}$ – погрешность регулирования (установки) резца на размер в поперечном направлении (прил. 5.1);

$\Delta_{изм}$ – погрешность измерения наружных размеров (прил. 2).

4.2. Произвести настройку технологической системы по эталону.

4.2.1. Рассчитать предварительный диаметр эталона:

$$D'_3 = \frac{D^{нб} - D^{нм}}{2} , \quad (8)$$

где $D^{нб}$ и $D^{нм}$ – предельные размеры вала по чертежу (рис.1).

4.2.2. Установить и закрепить эталон, изготовленный по предварительному размеру D'_3 , на станке.

4.2.3. Настроить станок на режим обработки, указанный в п. 5.4.1.3.

4.2.4. Подвести резец, установленный в резцедержателе к эталону, до касания его режущей кромки с поверхностью эталона.

4.2.5. Обработать на настроенном таким образом станке партию из десяти заготовок ($N = 10$).

4.2.6. Замерить диаметры обработанных деталей и по результатам измерения определить математическое ожидание размера:

$$M(X) = \frac{\sum_{n=1}^N D_n}{N} \quad (9)$$

и среднеквадратическое отклонение размеров.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N [M(X) - D_n]^2}{N}}, \quad (10)$$

где D_n – диаметры обработанных деталей.

4.2.7. Определить рабочий настроечный размер технологической системы:

$$A_p = D^{\text{HM}} + 3\sigma. \quad (11)$$

4.2.8. Рассчитать величину поправки к предварительному диаметру эталона:

$$\Delta_{\text{попр}} = M(X) - A_p. \quad (12)$$

4.2.9. Определить окончательный диаметр эталона:

$$D_{\text{э}} = (D'_{\text{э}} - \Delta_{\text{попр}}) \pm 0,5T_{\text{э}}, \quad (13)$$

где $T_{\text{э}}$ – допуск на изготовление эталона. Принимается в пределах 10–15 % от допуска на диаметр готовой детали (см. рис. 1).

4.2.10. Произвести настройку технологической системы по эталону, имеющему окончательный диаметр $D_{\text{э}}$, повторив действия п. 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4.

4.2.11. Обработать на настроенном таким образом станке одну деталь, замерить полученный диаметр D детали рычажным микрометром и определить отклонение этого диаметра от диаметра эталона $D_{\text{э}}$.

$$\Delta^3 = D - D_3 . \quad (14)$$

4.2.12. Определить погрешность настройки технологической системы по эталону:

$$\Delta_H = 1,2 \sqrt{\Delta_{\text{эт}}^2 + \Delta_{\text{рег}}^2} , \quad (15)$$

где $\Delta_{\text{рег}}$ – погрешность регулирования (установки) резца на размер в поперечном направлении (прил. 1);

$\Delta_{\text{эт}}$ – погрешность изготовления эталона и установки его на станке. Принимается равной 0,02 – 0,04 мм.

4.3. Произвести настройку технологической системы методом пробных проходов и промеров для обработки партии деталей.

Обработка крупных партий заготовок на настроенных станках сопровождается достаточно интенсивным износом режущего инструмента, оказывающим заметное влияние на точность размеров деталей после обработки. В этом случае возникает задача рационального расположения возможного поля рассеивания размеров деталей, порождаемого совокупным действием случайных факторов, в поле допуска на размер, с целью использования части этого поля для компенсации размерного износа режущего инструмента.

На рис. 2 приведена схема определения рабочего настроенного размера при настройке технологической системы для обработки партии деталей типа валов (рассмотрен вариант обеспечения заданной точности охватываемых размеров – наружных диаметров шеек вала).

Схема настройки технологической системы построена таким образом, что часть общего поля T допуска на размер используется для компенсации погрешности настройки T_H , часть Δ_M предназначается для компенсации погрешности, вызванной действием случайных факторов, и часть b – для компенсации погрешности, вызываемой действием систематических факторов, например износом режущего инструмента.

Настройка технологической системы по рассматриваемой схеме выполняется в следующем порядке.

4.3.1. Определить наименьшее предельное значение группового среднего размера:

$$L_{\min}^{\text{гр.ср}} = L_{\min} + \frac{\Delta_M}{2} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{m}} \right), \quad (16)$$

где $L_{\min}$ – наименьший предельный размер детали после обработки;

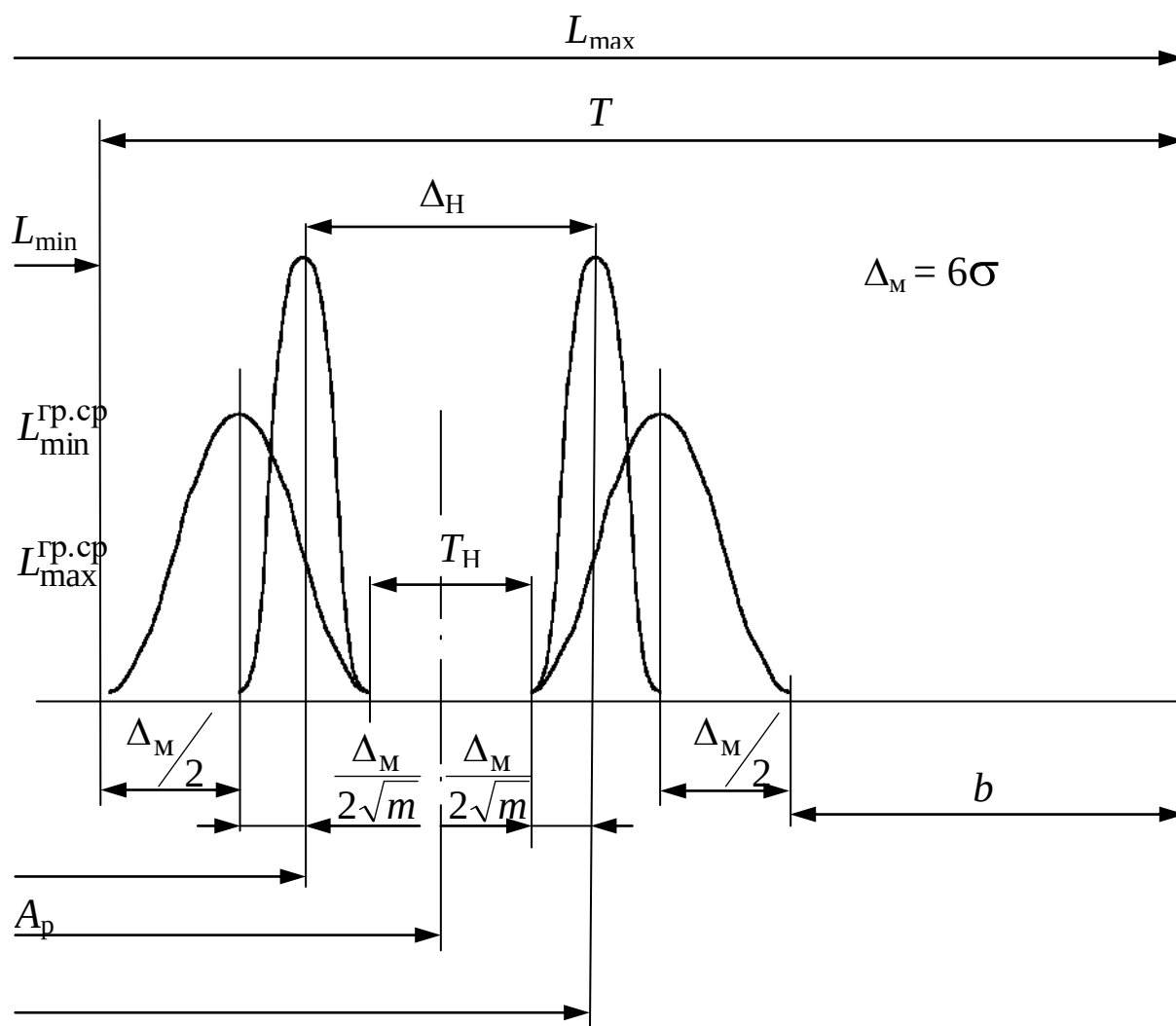


Рис. 2. Схема настройки технологической системы для обработки партии заготовок

Δ_M – мгновенное поле рассеивания размеров деталей в процессе обработки, определяемое по данным прил. 5.3;

m – число пробных заготовок, по которым будет производиться настройка технологической системы. В лабораторной работе $m = 5$.

4.3.2. Вычислить минимальную необходимую по условиям выполнения данной операции величину допуска на погрешность настройки:

$$T_H = 2,4 \sqrt{\Delta_{\text{рег}}^2 + \Delta_{\text{изм}}^2}, \quad (17)$$

где $\Delta_{\text{рег}}$ – погрешность регулирования (установки) резца на размер в поперечном направлении (прил. 1);

$\Delta_{\text{изм}}$ – погрешность измерения наружных размеров (прил. 2).

4.3.3. Определить наибольшее предельное значение группового среднего размера:

$$L_{\text{max}}^{\text{гр.ср}} = L_{\text{min}}^{\text{гр.ср}} + T_{\text{н}} . \quad (18)$$

4.3.4. Определить величину рабочего настроечного размера:

$$A_{\text{р}} = \frac{L_{\text{max}}^{\text{гр.ср}} + L_{\text{min}}^{\text{гр.ср}}}{2} . \quad (19)$$

4.3.5. Определить часть допуска b , предназначенную для компенсации систематической переменной погрешности размера деталей, вызванной износом режущего инструмента:

$$b = T - \Delta_{\text{м}} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{m}} \right) - T_{\text{н}} , \quad (20)$$

где T – допуск на размер детали (см. рис. 5.1).

4.3.6. Настроить технологическую систему на рабочий настроечный размер $A_{\text{р}}$ и режим обработки, указанный в п. 4.1.3, и обработать группу из пяти пробных деталей ($m = 5$).

4.3.7. Замерить получившиеся диаметры деталей рычажным микрометром и определить среднее арифметическое значение размеров:

$$L^{\text{гр.ср}} = \frac{\sum_{i=1}^m L_i}{m} , \quad (21)$$

где L_i – диаметры обработанных пробных деталей.

Если полученное значение $L^{\text{гр.ср}}$ находится в интервале от $L_{\text{max}}^{\text{гр.ср}}$ до $L_{\text{min}}^{\text{гр.ср}}$, технологическая система настроена с достаточной точностью и можно начинать обработку партии заготовок.

4.3.8. Если условие, указанное в п. 4.3.7, не выполняется, следует определить поправку к рабочему настроечному размеру:

$$\Delta_{\text{попр}} = \frac{L^{\text{Гр.ср}} - A_p}{2}, \quad (22)$$

и внести ее с получившимся знаком в рабочий настроечный размер технологической системы, как это делалось при настройке системы методом пробных проходов и промеров (п. 4.1.8).

4.3.9. Повторить действия, указанные в п. 4.3.6, 4.3.7, т. е. произвести поднастройку технологической системы методом пробных проходов и промеров. Проверить выполнение условия, изложенного в п. 4.3.7.

4.3.10. Определить теоретическую величину погрешности настройки технологической системы

$$\Delta_{\text{н}}^T = 2,4 \sqrt{\Delta_{\text{рег}}^2 + \Delta_{\text{изм}}^2 + \Delta_{\text{расч}}^2}, \quad (23)$$

где $\Delta_{\text{рег}}$ – погрешность регулирования (установки) резца на размер в поперечном направлении (прил. 1);

$\Delta_{\text{изм}}$ – погрешность измерения наружных размеров (прил. 2);

$\Delta_{\text{расч}}$ – погрешность метода расчета рабочего настроечного размера, определяемая из выражения

$$\Delta_{\text{расч}} = \frac{\Delta_{\text{м}}}{\sqrt{m}}. \quad (24)$$

4.3.11. Оценить точность технологической системы. Для этого в соответствии с требованиями ГОСТ 14467–83 рассчитать показатель уровня настройки по формуле

$$K_{\text{н}} = \frac{|L^{\text{Гр.ср}} - A_p|}{T}, \quad (25)$$

где T – допуск на размер детали (см. рис. 1), и сравнить его с предельно допустимым значением показателя уровня настройки, определяемым из выражения

$$K_{\text{н.д}} = \frac{T - 6\sigma}{2T}. \quad (26)$$

Здесь σ – среднеквадратическое отклонение размеров в пробной партии деталей, определяемое по формулам (10) и (11).

При выполнении условия $K_n \leq K_{нд}$ настройка технологической системы может быть признана удовлетворительной.

5.5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе оформляется на листах формата А4. Оформление отчета производится в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105–95 «Общие требования к текстовым документам». Результаты измерений и расчетов оформляются в табличной форме. По результатам работы должны быть сделаны выводы о достоинствах и недостатках различных методов настройки технологических систем.

5.6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учебник / А. Н. Ковшов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-0833-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212438>

2. Сысоев, С. К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов : учебное пособие для вузов / С. К. Сысоев, А. С. Сысоев, В. А. Левко. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-9942-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/201644>

Приложение 1

Величины погрешностей регулирования (установки) резца
на размер в поперечном направлении при настройке станков
токарной группы

Метод установки и контроля положения резца	$\Delta_{\text{рег}}$, мкм
По лимбу с ценой деления в мм:	
0,01	5–10
0,02	10–15
0,03	10–30
0,05	15–30
0,1–0,5	30–70
По эталону:	
– резец закрепляется винтами резцедержателя после касания его режущих кромок с поверхностью эталона;	100–130
– резец, закрепленный в резцедержателе, подводится к эталону винтом поперечной подачи станка;	20–30
– то же, но с контролем положения резца с помощью бумажного щупа;	10–20
– то же, но с контролем положения резца с помощью металлического щупа	7–10

Приложение 2

Предельные допустимые погрешности измерения наружных
диаметров валов

Наименование измерительного средства	Интервалы размеров, мм						
	1–18	18–30	30–50	50–80	80–120	120–180	180–260
	Предельные погрешности измерения, мкм						
Штангенциркули с отсчетом по нониусу с ценой деления: 0,1 мм 0,05 мм							
	150			160	170	190	200
	80			90	100		
Микрометры гладкие при настройке на ноль по установочной мере	5,5	6,5	7,5	9,5	13	17	22

Значения мгновенного поля рассеивания размеров при обработке заготовок
на токарных и токарно-револьверных станках
и автоматах

Размер, мм	Значения Δ_m , мкм							
	Токарные станки				Токарно-револьверные станки и автоматы			
	Жесткость технологической системы, кгс/мм			Сила ре- зания, кгс	Жесткость технологической системы, кгс/мм			Сила реза- ния, кгс
	400– 600	600– 1000	1000– 1500		600– 1000	1000– 1500	1500– 2000	
1–3	27	13	12	До 5	22	16	9	До 5
	28	14	13	5–10	24	17	10	5–12
	29	15	14	10–15	26	18	11	12–20
3–6	30	16	13	До 5	28	19	10	До 5
	31	17	14	5–10	30	20	11	5–12
	32	18	15	10–15	32	21	12	12–20
6–10	33	19	14	До 5	34	22	11	До 5
	34	20	15	5–10	36	23	12	5–12
	35	21	16	10–15	38	24	13	12–20
10–18	36	22	15	До 5	40	25	12	До 5
	37	23	16	5–10	42	26	13	5–12
	38	24	17	10–15	44	27	14	12–20
18–30	39	25	16	До 5	46	28	13	До 5
	40	26	17	5–10	48	29	14	5–12
	41	27	18	10–15	50	30	15	12–20
30–50	42	28	17	До 5	52	31	14	До 5
	43	29	18	5–10	54	32	15	5–12
	44	30	19	10–15	56	33	16	12–20
50–80	45	31	18	До 5	58	34	15	До 5
	46	32	19	5–10	60	35	16	5–12
	47	33	20	10–15	62	36	17	12–20
80–100	48	34	19	До 5	64	37	18	До 5
	49	35	20	5–10	66	38	19	5–12
	50	36	21	10–15	68	39	20	12–20

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ РЕЗЦА НА РАЗМЕР

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – исследование погрешности установки (регулирования) резца на размер по лимбу, жесткому упору, эталону и щупу.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

При работе немерным инструментом точность размера зависит от установки инструмента. Для того, чтобы получить требуемый размер, необходимо обеспечить определенное положение режущей кромки инструмента относительно поверхности обрабатываемой детали. В результате установки инструмент будет координирован относительно детали с той или иной величиной погрешности.

Погрешность установки (регулирования) $\Delta_{\text{рег}}$ положения режущего инструмента является составной частью погрешности настройки станка и определяется точностью используемых при настройке регулировочных средств: лимбов, упоров, индикаторов, эталонов, миниметров и др.

Погрешность установки инструмента по лимбу зависит от точности изготовления звеньев кинематической цепи характера движения суппорта и каретки по направляющим и квалификации рабочего.

При повторных установках инструмента и при работе на настроенных станках вместо лимбов используют жесткие или индикаторные упоры. Установка по жесткому упору не дает высокой точности. Это обусловлено тем, что рабочий не может обеспечить постоянство силы, с которой перемещаемый суппорт прижимается к упору, а также тем, что жесткость самих упоров бывает недостаточно большой. Для точных работ используют индикаторные упоры.

Режущий инструмент устанавливают по эталону обычно при наладке токарных и фрезерных станков. Щупом проверяют расстояние между эталоном и режущей кромкой подводимого к нему инструмента.

Точность установки по щупу зависит от квалификации рабочего от точности изготовления и степени износа эталона и щупа.

3. ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТЫ, МАТЕРИАЛЫ

В лабораторной работе используются:

- 1) токарно-винторезный станок мод. 1К62;
- 2) эталонная деталь;
- 3) набор щупов 02102, ГОСТ 882–83, набор № 2;
- 4) резец проходной, ГОСТ 21151–89;
- 5) индикатор часового типа МИГ, ГОСТ 9696–83 (ИД = 0,001 мм);
- 6) стойка для индикатора специальная;
- 7) передний упорный центр, ГОСТ 13214–83.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1. Определение погрешности установки резца на размер по лимбу производится по схеме рис. 6.1.

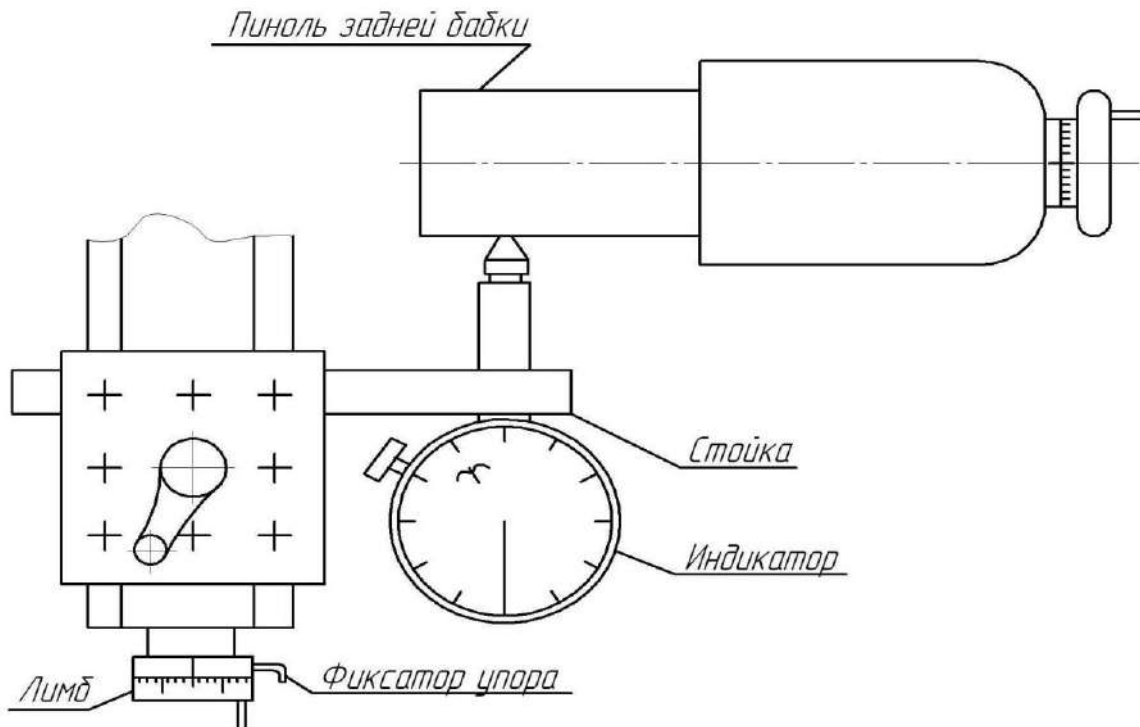


Рис. 1. Схема определения погрешности установки резца на размер по лимбу станка и жесткому упору

1. Установить и закрепить стойку с индикатором в резцедержатель, подвести измерительный наконечник индикатора в задвинутый пиноль задней бабки, создав предварительный натяг 0,1...0,2 мм.
2. Установить подвижную шкалу лимба поперечной подачи суппорта на «0», установить стрелку индикаторной головки на «0».
3. Отвести суппорт «на себя» и затем снова переместить его в исходное положение с помощью лимба, не следя при этом за показаниями индикатора. Окончательную доводку совпадения рисок можно производить

легким постукиванием руки по рукоятке винта. Снять показания индикатора с учетом знака и записать его в таблицу отчета.

Повторить опыт 10 раз.

4. Рассчитать погрешность регулирования по формуле

$$\Delta_{\text{рег}} = \Delta_{\text{max}} - \Delta_{\text{min}}, \quad (1)$$

где Δ_{max} – максимальное показание индикатора, мкм;

Δ_{min} – минимальное показание индикатора, мкм.

4.2. Определение погрешности установки резца на размер по жесткому упору производится по схеме рис. 2.

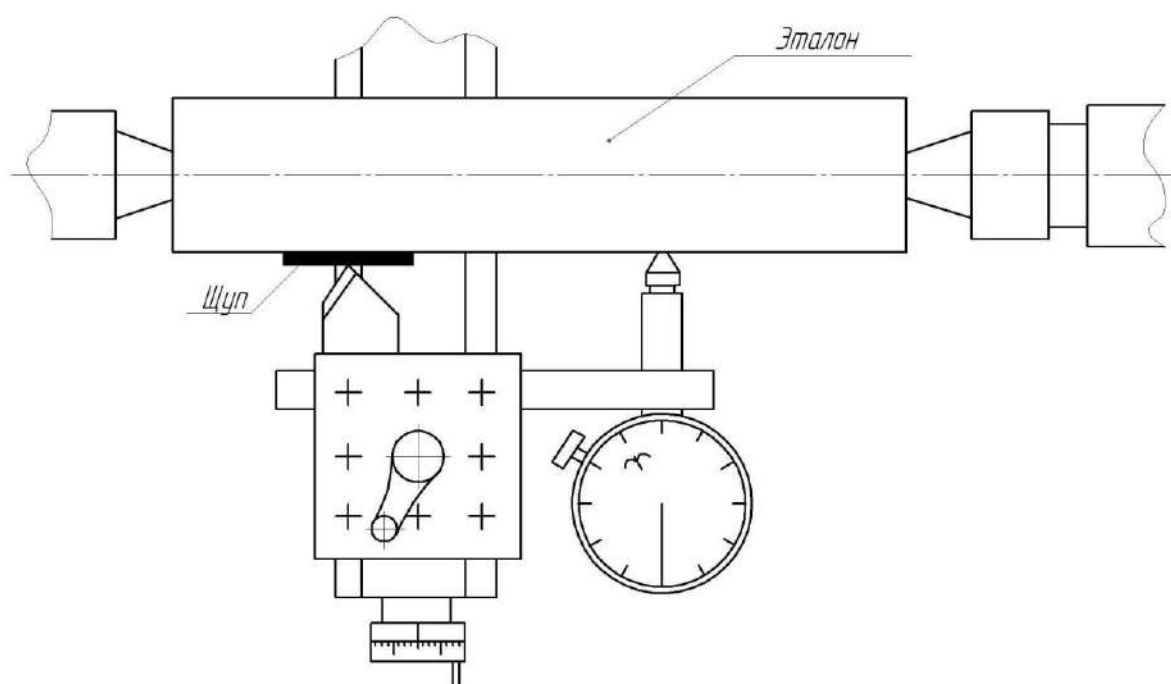


Рис. 2. Схема определения погрешности установки резца на размер по эталону

1. Установить и закрепить стойку с индикатором в резцедержатель, подвести измерительный наконечник индикатора к пиноли задней бабки, создав натяг 0,1...0,2 мм.

Закрепить упор с помощью фиксатора.

2. Установить стрелку индикатора на «0».

3. Повторить п. 3 и 4 предыдущего опыта, отведя и подведя суппорт до жесткого упора.

4.3. Определение погрешности установки резца на размер по эталону с применением щупов производится по схеме рис. 2.

1. Установить эталон на станок.

2. Установить и закрепить стойку с индикатором и резец в резцедержатель.

3. Подвести резец к эталону и протянуть металлический щуп между

вершиной резца и эталоном. Щуп должен проходить с небольшим натягом. Создать предварительный натяг индикатора и установить стрелку на «0».

4. Выполнить п. 3 и 4 первого опыта 4.1, подводя резец к эталону и контролируя положение резца щупом.

5. Повторить весь опыт, используя вместо щупа полоску бумаги (фольги).

4.4. Сравнить полученные данные о погрешности установки каждого метода со справочными, значения которых приведены в прил.1.

5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе оформляется на листах формата А4. При оформлении отчета руководствоваться правилами, указанными в ГОСТ 2.105–95 «Общие требования к текстовым документам».

Результаты измерений и расчета заносятся в соответствующие графы таблицы отчета, делаются выводы по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое погрешность установки (регулирования) резца на размер?

2. Какие факторы вызывает погрешность установки?

3. Какие способы установки резца на размер вы знаете? В чем заключается каждый из них?

4. Каким образом можно повысить точность установки резца на размер?

7. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учебник / А. Н. Ковшов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-0833-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212438>

2. Сысоев, С. К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов : учебное пособие для вузов / С. К. Сысоев, А. С. Сысоев, В. А. Левко. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-9942-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/201644>

Значение погрешности регулирования (установки) резца
на размер в поперечном направлении

Метод регулирования положения резца	$\Delta_{\text{рег}}$, мкм
По лимбу e ценой деления в мм: 0,01 0,02 0,03 0,05 0,1–0,5	5...10 10...15 10...30 15...30 30...70
По индикаторному упору с ценой деления прибора в мм: 0,01 0,002 0,001	10...15 3...5 1...2
По жесткому упору	10...50 (может быть в пределах 10...130)
По эталону: – резец закрепляют винтами резцедержателя после касания его с эталоном; – резец, закрепленный в резцедержателе, подводят к эталону винтом поперечной подачи; – то же, но с контролем положения резца с помощью бумажного щупа; – то же, но с контролем положения резца с помощью металлического щупа	100...130 20...30 10...20 7...10

Примечание: 1. Погрешность установки эталона не должна превышать 10...20 мкм.

2. Для диаметральных размеров учитывают удвоенную погрешность ($2\Delta_{\text{рег}}$).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ

1ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – изучение методики и получение практических навыков исследования точности параметров операций механической обработки деталей машин с помощью нормального закона распределения.

2ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Изделия, изготовленные при одном и том же технологическом процессе, отличаются одно от другого по всем характеристикам качества. Это явление получило название рассеяние характеристик качества.

Первой характеристикой явления рассеяния служит величина меры рассеяния M_p :

$$M_p = X_{\max} - X_{\min}, \quad (1)$$

где $X_{\max}$ – наибольшее значение характеристики в партии изделий;

$X_{\min}$ – наименьшее значение характеристики в партии изделий.

Второй характеристикой является практическая кривая рассеяния и определяющие ее параметры. Для построения кривой рассеяния на практике измеренные значения партии заготовок разбивают на интервалы (или разряды) f и определяют количество заготовок с размерами (или частотами) m_i в пределах каждого интервала. По оси абсцисс откладывают интервал размеров, а по оси ординат – соответствующие им частоты.

Наиболее часто кривая рассеяния подчиняется закону нормального распределения (закону Гаусса). Результирующая погрешность обработки в этом случае представляет собой сумму большого числа погрешностей технологической системы, которые не связаны между собой и среди которых отсутствует доминирующая погрешность.

Закон нормального распределения в большинстве случаев оказывается справедлив при механической обработке заготовок с точностью 8, 9, 10 квалитетов и грубее. При более точной обработке распределение размеров обычно подчиняется другим законам: закону Симпсона, Релея, закону равной вероятности.

Если при обработке заготовок на их точность воздействуют как случайные погрешности, так и систематические, то закон распределения представляет собой композицию нескольких законов.

Уравнение кривой нормального распределения имеет вид

$$y(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\bar{x})^2 / 2\sigma^2}, \quad (2)$$

где x – текущий действительный размер партии деталей;

$\bar{x}$ – среднее арифметическое значение действительных размеров деталей данной партии, определенное по формуле

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^f x_i m_i; \quad (3)$$

σ – среднее квадратическое отклонение, определяемое по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^f (x_i - \bar{x})^2 m_i}, \quad (4)$$

где f – количество интервалов, выбираемое в зависимости от объема партии измеренных деталей n ;

x_i – середина интервалов измеренных размеров;

m_i – частота (количество деталей данного интервала).

Графически уравнению нормального распределения соответствует симметричная колоколообразная кривая, представленная на рис. 1.

Кривая нормального распределения симметрична относительно оси ординат. При $x = \bar{x}$ кривая имеет максимум. На расстоянии $\pm 3\sigma$ от вершины ее ветви пересекаются с осью абсцисс. При этом поле рассеяния ω принимают равным 6σ , т. е.

$$\omega = 6\sigma. \quad (5)$$

При увеличении σ значение $U_{\max}$ уменьшается, а поле рассеяния ω возрастает. В результате этого кривая становится более полой и низкой, что свидетельствует о большем рассеянии размеров и, следовательно, о меньшей точности. Значит σ является мерой рассеяния или мерой точности. Влияние σ на форму кривой нормального распределения показано на рис. 2.

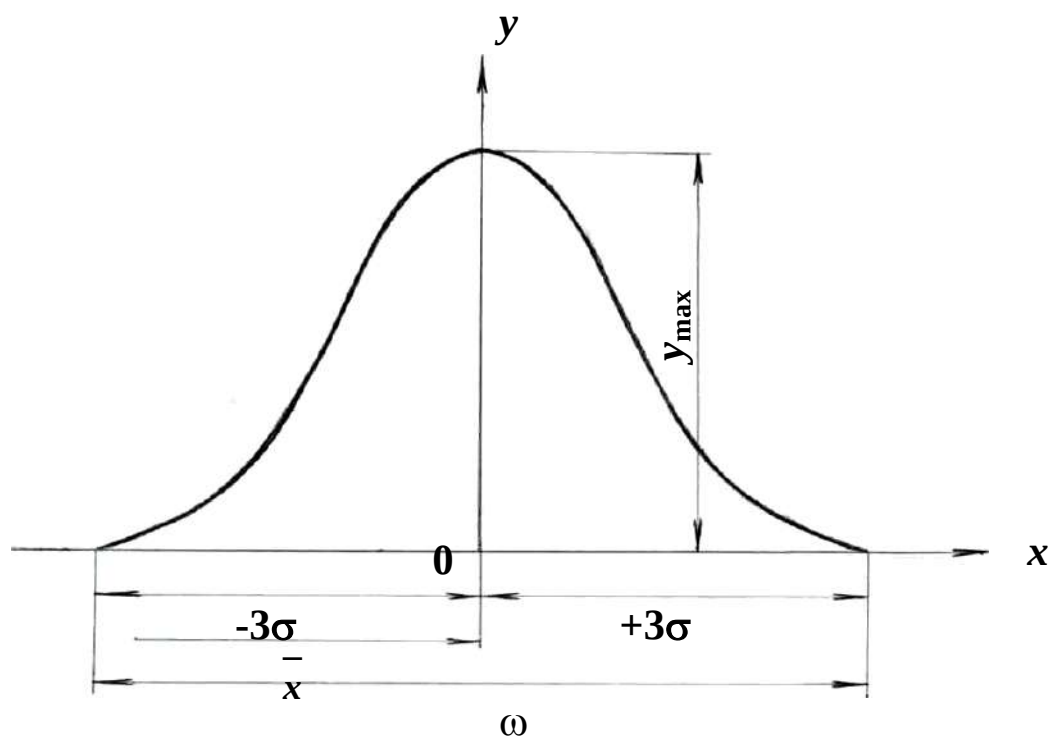


Рис. 1. Кривая нормального распределения

Для приближения оценки соответствия распределения размеров партии деталей нормальному закону производят сравнение близости практической (опытной) кривой распределения размеров с наложенной на нее теоретической кривой.

Однако необходимо иметь уверенность, что данное распределение подчиняется закону нормального распределения. Для проверки этой гипотезы пользуются рядом критериев, которые называются критериями согласия. Наибольшее применение имеют критерии А. Н. Колмогорова λ и критерий Пирсона χ^2 .

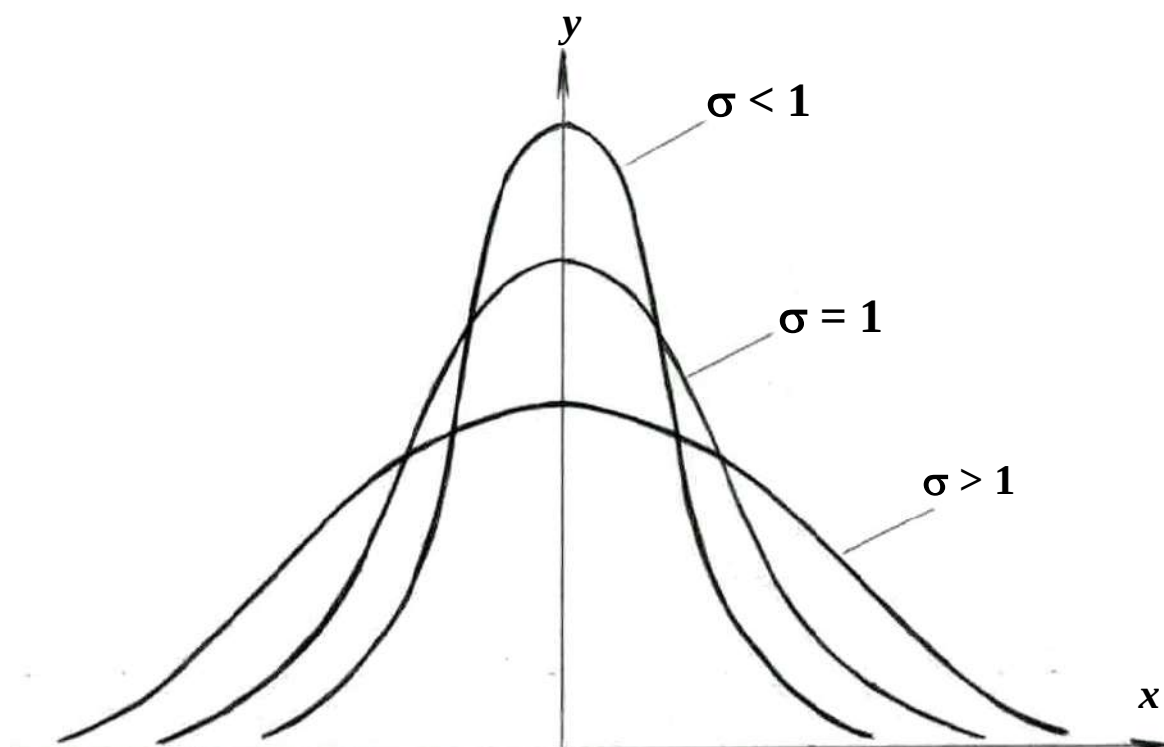


Рис. 2. Кривые нормального распределения при различных значениях σ

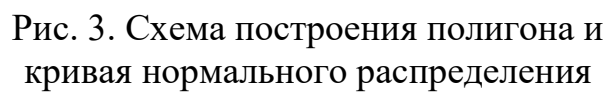
Статистический анализ точности операций механической обработки деталей в технологии машиностроения производят с помощью ряда показателей:

1. Коэффициента запаса точности на данной операции K_{ψ} .
2. Коэффициента точности настройки станка K_H .
3. Количества вероятного брака деталей q .
4. Технологического допуска $T_{\text{техн}}$.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Исходные данные выборки партии деталей содержатся в табл. 1 прил. 2.

Построить практическую кривую распределения (полигон распределения) действительных размеров партии деталей, руководствуясь схемой, приведенной на рис. 3.



Построение полигона распределения производят следующим образом. Середины интервалов x_i откладывают по оси абсцисс, а соответствую-

ющие им частоты m_i — по оси ординат. Полученные таким образом точки соединяют ломаной линией.

Рассчитать статистические характеристики эмпирической кривой распределения:

1. Меру рассеяния M_p , формула (1).
2. Среднеарифметическое значение действительных размеров деталей $\bar{x}$, формула (3). Определяют как сумму данных 5 и 3-й граф вспомогательной табл. 1 прил. 1.
3. Среднеквадратическое отклонение измеренных размеров σ , формула (4). Определяют использованием сумм данных 8 и 3-й граф вспомогательной табл. 1 прил. 1.

Произвести оценку близости эмпирической и теоретической кривых распределения. Для этого необходимо построить теоретическую кривую по четырем характерным точкам, пользуясь табл. 1 и схемой рис. 3.

Таблица 1

Координаты характерных точек кривой нормального распределения

Характерные точки	Абсцисса	Ордината
Вершина кривой (Д)	$x = \bar{x}$	$y = 0,4 \frac{nc}{\sigma}$
Точка перегиба (С)	$x = \pm\sigma$	$y = 0,24 \frac{nc}{\sigma}$
Точка перегиба (В)	$x = \pm 2\sigma$	$y = 0,054 \frac{nc}{\sigma}$
Точка перегиба (А)	$x = \pm 3\sigma$	$y = 0$

Примечание: C — цена интервала эмпирической совокупности

Произвести оценку соответствия опытного распределения нормальному закону с помощью критерия согласия Пирсона χ^2 . Для этого определяют теоретическую частоту каждого интервала выборки m' :

$$m' = \frac{nc}{\sigma} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\bar{x})^2 / 2\sigma^2}. \quad (6)$$

Обозначим

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\bar{x})^2 / 2\sigma^2} = Z_t. \quad (7)$$

Тогда формула (6) будет иметь вид

$$m' = \frac{nc}{\sigma} Z_t. \quad (8)$$

Величина Z_t приведена в табл. 2 прил. 2. Расчетное значение критерия χ^2 вычисляют по формуле

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^f \frac{(m_i - m_i')^2}{m_i}. \quad (9)$$

Расчет удобнее вести во вспомогательной табл. 2 прил. 1.

Далее необходимо вычислить число степеней свободы k :

$$k = f - 3. \quad (10)$$

Для того чтобы принять или забраковать гипотезу при помощи критерия χ^2 , установлен уровень значимости его (или уровень вероятности) $P = 0,05$. Вероятности $P(\chi^2)$ для различных значениях χ^2 и k приведены в табл. 3 прил. 7.2. Если $P(\chi^2) > 0,05$, то гипотеза принимается.

Можно так же определить величину A :

$$A = \frac{|\chi^2 - k|}{\sqrt{2k}}. \quad (11)$$

Если $A < 3$, то гипотеза о нормальности распределения измеренных размеров принимается и данный теоретический закон для анализа точности данной операции механической обработки можно использовать.

Произвести оценку точности механической обработки по следующим характеристикам теоретического закона распределения:

Коэффициент запаса точности K_ϕ характеризует влияние случайных факторов на точность обработки размеров:

$$K_\phi = \frac{T}{\omega}, \quad (12)$$

где T – допуск на обработку размера детали.

Если $K_{\varphi} > 1$, то обработка деталей возможна без брака (при условии правильной настройки станка).

При $K_{\varphi} \geq 1,2$ технологический процесс обеспечивает определенный резерв точности, процесс обработки считается надежным.

При $K_{\varphi} \leq 1$ брак является весьма вероятным, т.к. технологический процесс не обеспечивает требуемой точности.

Коэффициент точности настройки станка K_H оценивает положение середины поля рассеяния размеров заготовок относительно середины поля допуска. Он характеризует влияние систематических погрешностей обработки деталей и определяется следующим образом:

$$K_H = \frac{E}{T}, \quad (13)$$

где $E = \bar{x} - \bar{x}_{\text{доп}}$ – величина фактического смещения вершины кривой рассеяния от середины поля допуска $\bar{x}_{\text{доп}}$ (см. рис. 3).

Если коэффициент точности настройки удовлетворяет условию

$$K_H < \frac{T - \omega}{2T}, \quad (14)$$

то считается, что настройка станка обеспечивает получение годных деталей (при $K_{\varphi} > 1$). В случае невыполнения данного условия настройка станка вышла за допустимые пределы, что влечет за собой появление бракованных деталей.

Количество вероятного брака заготовок q характеризует возможный выход за границы поля допуска определенного количества деталей: при $K_{\varphi} \leq 1$ или $K_H \geq (T - \omega / 2T)$. При этом количество деталей, которые могут выйти за пределы допуска, выражается графически заштрихованной площадью, показанной на рис. 3. Площадь, ограниченная кривой распределения и осью абсцисс, равна 1 и выражает собой 100 % деталей выборки (партии), а площадь заштрихованных участков представляет собой вероятное количество деталей, выходящих по своим размерам за пределы поля допуска T .

Площадь левого и правого заштрихованных участков q_1 и q_2 определяется путем вычисления интегралов по формулам

$$q_1 = 0,5 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{-x_1} e^{-(x-\bar{x})^2/2\sigma^2} dx; \quad (15)$$

$$q_2 = 0,5 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{x_2} e^{-(x-\bar{x})^2/2\sigma^2} dx. \quad (16)$$

Эти интервалы обычно представляют в нормированном виде в форме известной функции Лапласа $\Phi(t)$. Поэтому на практике вероятности получения брака вычисляют следующим образом:

$$\begin{aligned} q_1 &= 0,5 - \Phi(t_1); \\ q_2 &= 0,5 - \Phi(t_2). \end{aligned} \quad (17)$$

Значения функции $\Phi(t)$ приводят в табл. 4 прил. 2. Величина t представляет собой коэффициент риска, определяемый по формулам

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{x_1}{\sigma}; \\ t_2 &= \frac{x_2}{\sigma}, \end{aligned} \quad (18)$$

где x_1 и x_2 – расстояние от среднеарифметического размера партии деталей $\bar{x}$ до соответственно нижней и верхней границ поля допуска (см. рис. 3).

Технологический допуск $T_{\text{техн}}$ характеризует тот допуск, который фактически обеспечивается при существующем технологическом процессе. Он определяется следующим образом:

$$T_{\text{техн}} = \omega + E. \quad (19)$$

По результатам анализа сделать выводы о точности механической обработки деталей на исследуемой операции.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимается под точностью механической обработки?
2. Для решения каких задач в технологии машиностроения используют методы математической статистики?
3. Какие теоретические законы распределения используют в технологии машиностроения при анализе точности технологических процессов?

4. Какие существуют виды погрешностей при обработке?
5. Почему распределение размеров деталей, обработанных на настроенных станках, наиболее часто подчиняется нормальному закону распределения?
6. Особенности теоретического закона нормального распределения.
7. Как влияют различные погрешности обработки размеров на характер кривой нормального распределения?
8. С помощью каких показателей осуществляют анализ точности операций механической обработки и что они характеризуют?
9. Как определить вероятное количество брака?
10. При каких условиях возможна обработка заготовок без брака?

5. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учебник / А. Н. Ковшов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-0833-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212438>
2. Сысоев, С. К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов : учебное пособие для вузов / С. К. Сысоев, А. С. Сысоев, В. А. Левко. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-9942-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/201644>

Вспомогательная таблица для вычисления $\bar{x}$ и σ

№ размерной группы	Интервалы размеров D_i , мм	Кол-во деталей в группе m_i , шт.	Средний р-р в интервале x_i	Произведение $m_i x_i$	Отклонение от среднеарифм. $x_i - \bar{x}$	Квадрат отклонения от среднеарифм. $(x_i - \bar{x})^2$	Произведение $(x_i - \bar{x})^2 m_i$
1	2	3	4	5	6	7	8

Таблица 2

Вспомогательная таблица для вычисления χ^2

№ размерной группы	Средний р-р в интервале x_i	Частота деталей в группе m_i	Значение $t = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$	Функция Z_t	Теоретическая частота $m_i' = \frac{nc}{\sigma} Z_t$	С округлением m_i'	Значение $\frac{(m_i - m_i')^2}{m_i'}$
1	2	3	4	5	6	7	8

Номера вариантов и размеры деталей

Интервалы размеров	Форма поверхности и ее размеры, мм									
	Вал $\varnothing 16_{-0,12}$					Отверстие $\varnothing 16^{+0,12}$				
	Количество деталей в размерных группах, шт.									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
15,84–15,86	4	2	3	—	1	—	—	—	—	—
15,86–15,88	4	3	3	2	3	—	—	—	—	—
15,88–15,90	8	11	5	4	9	—	—	—	—	—
15,90–15,92	21	27	13	8	25	—	—	—	—	—
15,92–15,94	24	33	22	26	24	—	—	—	—	—
15,94–15,96	18	161	26	20	15	—	—	—	—	—
15,96–15,98	14	8	18	18	13	—	—	3	—	—
15,98–16,00	6	3	7	12	8	2	4	5	—	1
16,00–16,02	1	—	3	8	2	6	7	11	8	5
16,02–16,04	—	—	—	2	—	13	11	17	15	8
16,04–16,06	—	—	—	—	—	19	17	23	27	16
16,06–16,08	—	—	—	—	—	24	23	21	31	25
16,08–16,10	—	—	—	—	—	26	22	12	14	23
16,10–16,12	—	—	—	—	—	7	10	6	5	12
16,12–16,14	—	—	—	—	—	3	4	2	2	5
16,14–16,16	—	—	—	—	—	—	2	—	—	3

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,3989	3989	3989	3988	3986	3984	3982	3980	3977	3973
0,1	3980	3965	3961	3956	3951	3945	3939	3932	3925	3918
0,2	3910	3902	3894	3885	3867	3857	3856	3847	3836	3825
0,3	3814	3802	3790	3778	3765	3752	3739	3726	3712	3696
0,4	3683	3668	3653	3637	3621	3605	3589	3589	3555	3538
0,5	3521	3503	3485	3467	3448	3429	3410	3391	3372	3352
0,6	3332	3312	3292	3271	3251	3230	3209	3189	3166	3144
0,7	3123	3101	3079	3056	3034	3011	2989	2966	2943	2920
0,8	2897	2874	2850	2827	2803	2780	2755	2732	2709	2685
0,9	2661	2637	2613	2589	2565	2541	2516	2492	2468	2444
1,0	0,2420	2395	2372	2342	2323	2299	2275	2251	2227	2203
1,1	2179	2155	2131	2107	2083	2059	2036	2012	1989	1965
1,2	1942	1919	1895	1872	1849	1826	1804	1781	1758	1736
1,3	1714	1691	1669	1647	1624	1604	1582	1561	1539	1518
1,4	1497	1476	1456	1435	1415	1394	1374	1354	1334	1315
1,5	1295	1276	1257	1238	1219	1200	1182	1163	1145	1127
1,6	1109	1092	1074	1057	1040	1023	1006	0989	0973	0957
1,7	0940	0925	0909	0893	0878	0863	0848	0833	0818	0804
1,8	0790	0775	0761	0748	0734	0721	0707	0694	0681	0669
1,9	0656	0644	0632	0620	0608	0596	0584	0573	0562	0551
2,0	0,0540	0529	0569	0508	0498	0488	0478	0468	0459	0449
2,1	0440	0431	0422	0413	0404	0396	0387	0379	0371	0363
2,2	0355	0347	0339	0332	0325	0317	0310	0303	0297	0290
2,3	0289	0277	0270	0264	0268	0252	0246	0241	0235	0229
2,4	0224	0219	0213	0208	0203	0198	0194	0189	0184	0180
2,5	0175	0171	0167	0163	0158	0154	0151	0147	0143	0139
2,6	0136	0132	0129	0126	0122	0119	0116	0113	0110	0107
2,7	0104	0101	0099	0096	0093	0091	0088	0086	0084	0081
2,8	0070	0077	0075	0073	0071	0069	0067	0065	0063	0061
2,9	0060	0058	0056	0055	0053	0051	0050	0048	0047	0046
3,0	0,0044	0043	0042	0040	0039	0038	0037	0036	0035	0034
3,1	0033	0032	0031	0030	0029	0028	0027	0026	0025	0025
3,2	0024	0023	0022	0022	0021	0020	0020	0019	0018	0018
3,3	0017	0017	0016	0016	0015	0015	0014	0014	0013	0013
3,4	0012	0012	0012	0011	0011	0010	0010	0010	0009	0009
3,5	0009	0008.	0008	0008	0008	0007	0007	0007	0007	0006
3,6	0006	0006	0006	0005	0005	0005	0005	0005	0005	0004
3,7	0004	0004	0004	0004	0004	0004	0003	0003	0003	0003
3,8	0003	0003	0003	0003	0003	0002	0002	0002	0002	0002
3,9	0002	0002	0002</							

Таблица 4

$$\text{Значение } \Phi(t) = \frac{1}{2\pi} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$
0,00	0,0000	0,31	0,1217	0,72	0,2642	1,80	0,4641
0,01	0,0040	0,32	0,1255	0,74	0,2703	1,85	0,4678
0,02	0,0080	0,33	0,1293	0,76	0,2764	1,90	0,4713
0,03	0,0120	0,34	0,1331	0,78	0,2823	1,95	0,4744
0,04	0,0160	0,35	0,1368	0,80	0,2881	2,00	0,4772
0,05	0,0199						
		0,36	0,1406	0,82	0,2939	2,10	0,4821
0,06	0,0239	0,37	0,1443	0,84	0,2995	2,20	0,4861
0,07	0,0279	0,38	0,1480	0,86	0,3051	2,30	0,4893
0,08	0,0319	0,39	0,1517	0,88	0,3106	2,40	0,4918
0,09	0,0359	0,40	0,1554	0,90	0,3159	2,50	0,4938
0,10	0,0398						
		0,41	0,1591	0,92	0,3212	2,60	0,4953
0,11	0,0438	0,42	0,1628	0,94	0,3264	2,70	0,4965
0,12	0,0478	0,43	0,1654	0,96	0,3315	2,80	0,4974
0,13	0,0517	0,44	0,1700	0,98	0,3365	2,90	0,4981
0,14	0,0557	0,45	0,1736	1,00	0,3413	3,00	0,49865
0,15	0,0596					—	—
		0,46	0,1772	1,05	0,3531		
0,16	0,0636	0,47	0,1608	1,10	0,3643	3,20	0,49931
0,17	0,0675	0,48	0,1844	1,15	0,3749	3,40	0,49966
0,18	0,0714	0,49	0,1879	1,20	0,3849	3,60	0,499841
0,19	0,0753	0,50	0,1915	1,25	0,3944	3,80	0,499928
0,20	0,0793			—	—	4,00	0,499968
		0,52	0,1985				
0,21	0,0832	0,54	0,2054	1,30	0,4032	4,50	0,499997
0,22	0,0871	0,56	0,2123	1,35	0,4115	5,00	0,49999997
0,23	0,0910	0,58	0,2190	1,40	0,4192	—	—
0,24	0,0948	0,60	0,2257	1,45	0,4265	—	—
0,25	0,0987	—	—	1,50	0,4332	—	—
						—	—
0,28	0,1103	0,66	0,2454	1,65	0,4505	—	—
0,29	0,1141	0,68	0,2517	1,70	0,4554	—	—
0,30	0,1179	0,70	0,2580	1,75	0,4599	—	—

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ МЕТОДОМ ПЛАНИРУЕМОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – разработка математической модели, описывающей влияние режимов резания на шероховатость поверхности методом многофакторного планирования эксперимента.

В связи с этим в настоящей лабораторной работе ставятся следующие задачи:

- освоение методов измерения и контроля шероховатости;
- подробное изучение устройства и принципа действия портативного профилометра мод. «Talysurf-5M»;
- освоение основных принципов математического планирования эксперимента и применение их к определению связи шероховатости с режимами резания;
- обработка полученных результатов и их анализ.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Шероховатость поверхности, наряду с упрочнением, остаточными напряжениями и микроструктурой, является характеристикой качества поверхностного слоя деталей машин, под которым понимают совокупность геометрических и физико-механических свойств поверхностного слоя, отличающихся от свойств основного металла.

Характеристики шероховатости в значительной мере определяют эксплуатационные свойства деталей машин, такие, как износостойкость, усталостная прочность, контактная жесткость и ряд других. Отсюда вытекает важность получения навыков по измерению шероховатости и освоение методов, позволяющих быстро и надежно определить влияние на нее составляющих режима обработки.

Исследование можно проводить двумя путями. Первый путь заключается в том, что изменяется (варьируется) одна из составляющих режима обработки (например, скорость V), а остальные (подача S и глубина резания t) остаются неизменными. После проведения эксперимента строится график зависимости какого-либо параметра шероховатости от варьируемого элемента режима (фактора).

Такое однофакторное экспериментирование требует для детального анализа связи шероховатости с составляющими режима резания большого числа испытаний, которое резко возрастает с увеличением числа факторов. Поэтому в лабораторной работе целесообразно применить методику мно-

гофакторного планирования эксперимента, которая позволяет выбрать оптимальную стратегию, построить математические модели процесса, с их помощью провести анализ влияния на шероховатость режима резания.

Планирование эксперимента – это процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью. При этом существенно следующее [8.7.1, 8.7.2]:

- 1) стремление к минимизации числа опытов;
- 2) одновременное варьирование всеми переменными, определяющими процесс по специальным правилам – алгоритмам;
- 3) использование математического аппарата, формализующего многие действия экспериментатора;
- 4) выбор четкой стратегии, позволяющей принимать обоснованные решения после каждой серии экспериментов.

При решении задач необходимо ознакомиться с такими основными понятиями, как объект исследования, функция отклика, фактор, интервал варьирования, и основными требованиями, предъявляемыми к ним.

При планировании эксперимента используется понятие математической модели объекта исследования, под которой понимают уравнение, связывающее параметр оптимизации (функцию отклика) с факторами. Это уравнение в общем виде может быть записано так:

$$y = \varphi(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n), \quad (1)$$

где символ $\varphi(\dots)$ заменяет слова «функция от». Такая функция именуется функцией отклика. В качестве функции отклика при проведении работы выбран параметр шероховатости Ra – среднее арифметическое отклонение профиля по ГОСТ 2789–73.

Фактором называется изменяемая переменная величина, принимающая в некоторый момент времени определенное значение. Применительно к данной работе факторами являются скорость резания V , подача S и глубина резания t . Каждый фактор может принимать в опыте одно из нескольких значений, которые называются уровнями. Выбранные в работе факторы отвечают следующим требованиям:

- 1) управляемости, т.е. их можно поддерживать постоянными в течение всего опыта;
- 2) операционности, т.е. известна последовательность действий (операций), с помощью которых устанавливаются его конкретные значения;
- 3) точности, которая достаточно высока;
- 4) однозначности, т.е. они не являются функциями других факторов.

Проведению эксперимента предшествует выбор модели. В данном эксперименте выбран алгебраический полином первой степени – линейная модель. Предполагается, что данная модель достаточно проста и адекватна ре-

альному процессу, т.е. способна предсказывать результаты эксперимента в некоторой области с требуемой точностью.

При выборе области эксперимента должны учитываться границы областей определения факторов, которые в данном случае зависят от технологических возможностей станка, режущего инструмента и обрабатываемого материала. Далее для каждого фактора необходимо выбрать нулевой уровень, т.е. исходную точку для построения плана эксперимента. Для каждого фактора выбирается два уровня, на которых они будут варьироваться в эксперименте: верхний и нижний, соответствующие, как правило, большему и меньшему значениям фактора.

Интервалом варьирования факторов называется некоторое число (свое для каждого фактора), прибавление которого к основному уровню дает верхний, в вычитание – нижний уровень фактора. Для упрощения записи уровни фактора обозначают: верхний – $+I(+)$, нижний – $-I(-)$. Для факторов с непрерывной областью определения это всегда можно сделать с помощью преобразования:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}, \quad (2)$$

где x_i – кодированные значения фактора;
 X_i – натуральные значения фактора;
 X_{i0} – натуральные значения основного уровня;
 ΔX_i – интервал варьирования;
 i – номер фактора.

3. ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТЫ, МАТЕРИАЛЫ

В лабораторной работе используются:

- 1) токарно-винторезный станок мод. 1К62;
- 2) резец проходной с многогранной твердосплавной пластиной, Т15К6, ГОСТ 21151–75;
- 3) оправка для установки колец;
- 4) кольца, сталь 45, ГОСТ 1050–88, 8 шт.;
- 5) тахометр электронный ТЭ30-5Р;
- 6) профилограф-профилометр

Шероховатость поверхности измеряют контактным методом при помощи щуповых приборов (профилометров и профилографов) и бесконтактным – оптическими приборами (микроинтерферометрами, двойными микроскопами и др.).

В России промышленностью выпускаются профилографы-профилометры моделей 201; 202; 252; 280; 171311, а также профилометры моделей 253, 283, 296, 170622, которые позволяют измерять параметр шероховатости до $Ra \ 0,02...0,04$.

Наибольшее распространение для бесконтактных измерений шероховатости получили оптические приборы: светового сечения, теневой проекции и интерференции света.

В интерференционных средствах измерения шероховатости поверхности используется интерференция двух или большего числа когерентных пучков лучей (вышедших из одной точки источника света, имеющих одинаковое направление колебаний, одинаковые частоты и постоянную разность фаз). К ним относят микроинтерферометры двухлучевые (МИИ-4, МИИ-5, МИИ-15), однообъективный (МИИ-9), иммерсионно-репликовый (МИИ-10), предназначенные для измерения профильным методом неровностей поверхности высотой от 0,03 до 1,0 мкм деталей, обладающих достаточной отражательной способностью.

Профилограф-профилометр «Talysurf-5M» (Англия) представляет собой измерительную систему модульной конструкции, предназначенную для измерения параметров шероховатости поверхности. Большая часть данных измерения получается в результате выполнения одного перемещения датчика над поверхностью; значения параметров затем выбираются по желанию из запоминающих устройств. С помощью системы могут быть получены графики шероховатости, волнистости или несглаженного профиля.

Система включает: стойку с приводом 1, подающее устройство 2, датчик (стандартный) 3, процессор 4 и самописец 5, являющийся интегральной частью процессора (рис. 8.1).

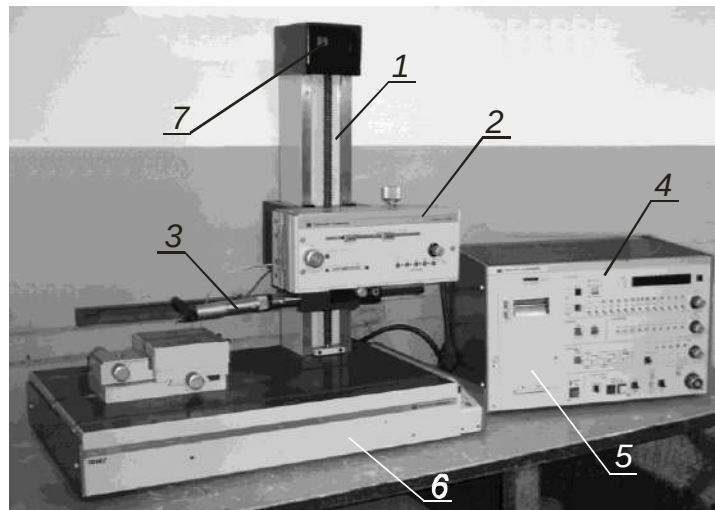


Рис. 1. Общий вид профилографа-профилометра «Talysurf-5M»

Технические характеристики процессора:

- базовые длины: 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8 мм;

- вертикальное увеличение V_v : $\times 100$, $\times 200$, $\times 500$, $\times 1000$, $\times 2000$, $\times 5000$, $\times 10000$, $\times 20000$, $\times 50000$, $\times 100000$;
- горизонтальное увеличение V_h для профилограмм, построенных по данным из ЗУ: $\times 2$, $\times 5$, $\times 10$, $\times 20$, $\times 50$, $\times 100$, $\times 200$;
- горизонтальное увеличение V_h для непосредственного построения профилограммы: в соответствии с выбором на подающем устройстве;
- номограмма: запись на электрочувствительной бумаге;
- ширина зоны записи: 50 мм;
- скорость: 300 мм/мин.

Порядок работы на приборе описан в методических указаниях [8.7.3].

4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Число факторов принято равным $n = 3$, а число уровней – 2. Поэтому общее число опытов равно $N = 2^3 = 8$). Условия эксперимента записывают в виде таблицы, называемой матрицей планирования, где строки соответствуют различным опытам, а столбцы – значениям факторов.

В лабораторной работе приняты условия проведения опытов, указанные в табл. 1.

В табл. 2 приведена матрица планирования эксперимента 2^3 . Основные принципы построения матрицы планирования достаточно хорошо изложены в литературе [8.7.1, 8.7.2], кроме того, изучаются в рамках курса «Методология научных исследований», поэтому здесь они опущены.

Как уже отмечалось, в качестве вектора выхода (функции отклика) принята величина Ra . Реализация матрицы планирования позволяет вычислить коэффициент уравнения регрессии ($b_0, b_1, b_2, \dots$):

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3. \quad (3)$$

Таблица 1

Условия проведения опытов

Факторы	Скорость V , м/мин	Подача S , мин/об.	Глубина резания t , мм
Код	X_1	X_2	X_3
Основной уровень	150	0,1	1
Интервалы варьирования	50	0,03	0,5

Верхний уровень	200	0,13	1,5
Нижний уровень	100	0,07	0,5

Таблица 2

Матрица планирования эксперимента 2^3

№ опыта	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	X_1 X_2 X_3	Вектор выхода y
1	+	—	—	—	+	+	+	—	Y_1
2	+	+	—	—	—	—	+	+	Y_2
3	+	—	+	—	—	+	—	+	Y_3
4	+	+	+	—	+	—	—	—	Y_4
5	+	—	—	+	+	—	—	+	Y_5
6	+	+	—	+	—	+	—	—	Y_6
7	+	—	+	+	—	—	+	—	Y_7
8	+	+	+	+	+	+	+	+	Y_8

Величина коэффициента уравнения говорит о силе, а знак — о характере влияния данного фактора или взаимодействия факторов на функцию отклика.

Работа выполняется в следующем порядке:

1. Кольца устанавливаются на оправку (рис. 2). Оправка закрепляется в патроне и поджимается задним центром; проводится установка резца.

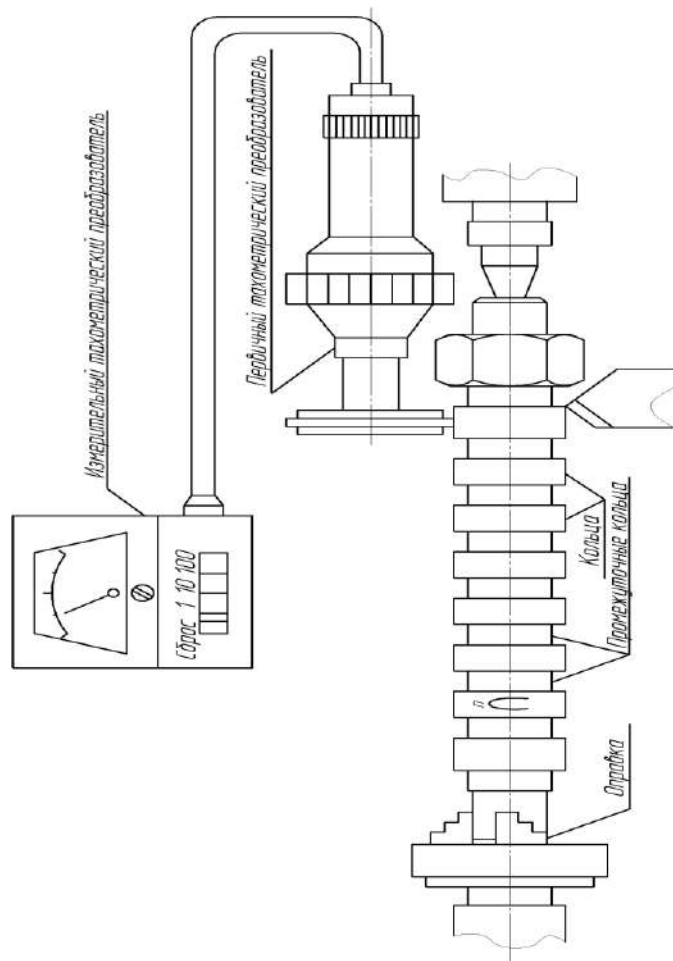


Рис. 2. Схема обработки и измерения числа оборотов

2. Выбирается порядок проведения опытов. С целью исключения влияния систематических ошибок, вызванных внешними условиями, все опыты проводятся в случайной последовательности (рандомизированно во времени). Для данного случая порядок проведения опытов, выбранный по таблице случайных чисел, следующий: 2, 3, 7, 8, 1, 4, 5, 6.

3. По табл. 2 устанавливается режим, соответствующий 2-му опыту матрицы планирования; т.е. фактор $x_1(V)$ находится на верхнем, а $x_2(S)$ и $x_3(t)$ – на нижнем уровне. Согласно табл. 8.1 натуральные значения факторов следующие: $V = 200$ м/мин, $S = 0,07$ мм/об и $t = 0,5$ мм. Число оборотов рассчитывается по известной зависимости

$$n = \frac{1000V}{\pi d} \quad (3)$$

и устанавливается на станке по ближайшему значению. Затем проводится регулирование чисел оборотов и измерение их тахометром (рис. 2) до получения нужного (расчетного) значения.

4. Обрабатывается кольцо по выбранному режиму. Далее устанавливается режим, соответствующий 3-му опыту матрицы планирования, обрабатывается 2-е кольцо и т.д. до 8-го кольца включительно.

5. Каждый опыт повторяется дважды, т.е. повторность опытов равна 2.

6. Кольца снимают с оправки, маркируют и устанавливаются последовательно на призму прибора «Talysurf-5M». Проводится измерение шероховатости, данные заносятся в протокол отчета (табл. 3).

Таблица 3

Результаты измерений шероховатости поверхности

№ опыта	Шероховатость, Ra , мкм		
	Опыт № 1	Опыт № 2	Среднее значение
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

7. Проводится вычисление средних арифметических значений по каждой строке:

$$\bar{y}_p = \frac{\sum_{K=1}^{\gamma} y_K}{\gamma}, \quad (4)$$

где K – номер параллели в опыте; p – номер опыта; γ – повторность опытов; y – значение выхода.

8. Проводится вычисление средних квадратов по каждой строке:

$$\bar{y}_p^2 = \frac{\sum_{K=1}^{\gamma} y_K^2}{\gamma}. \quad (5)$$

9. Проводится вычисление построчных дисперсий

$$\sigma_p^2 = \frac{\sum_{K=1}^{\gamma} (y_K - \bar{y}_p)^2}{\gamma}. \quad (6)$$

10. Проводится сравнение построечных дисперсий и выделение из них максимальной.

11. Проводится вычисление эмпирического значения критерия Кохрена

$$C_3 = \frac{\sigma_{p\max}^2}{\sum_{p=1}^n \sigma_p^2}. \quad (7)$$

12. Проводится сравнение эмпирического и табличного критериев (таблица прил. 1, N – число опытов) Кохрена. Если $C_3 < C_{\text{табл}}$, то опыты равнозначны. При невыполнении этого условия необходимо либо увеличить повторность опытов γ , либо увеличить точность измерений.

13. Проводится вычисление дисперсии воспроизводимости

$$\sigma_y^2 = \frac{\sum_{p=1}^n \sigma_p^2}{N}. \quad (8)$$

14. Проводится вычисление коэффициентов уравнения регрессии b_1, b_2, b_3, b_4 :

$$b_i = \frac{\sum_{p=1}^N y_p x_{pi}}{N}, \quad (9)$$

где i – номер фактора.

15. Проводится вычисление коэффициентов при парных взаимодействиях b_{ij} (b_{12}, b_{13}, b_{23}):

$$b_{ij} = \frac{\sum_{p=1}^N \bar{y}_p x_{pi} x_{pj}}{N}. \quad (10)$$

16. Проводится вычисление линейных коэффициентов:

$$\sigma_{bi}^2 = \frac{\sigma_y^2}{N}. \quad (11)$$

17. Проводится вычисление дисперсии коэффициентов при парных взаимодействиях:

$$\sigma_{bij}^2 = \frac{\sigma_y^2}{N}. \quad (12)$$

18. Проводится вычисление эмпирических критериев Стюдента:

$$t_{\Sigma i} = \frac{b_i}{\sqrt{\sigma_{bi}}}. \quad (13)$$

19. Проводится сравнение эмпирического и табличного значения критериев Стюдента. Если $t_{\Sigma} < t_{\text{табл}}$, то данный коэффициент незначим. Значения $t_{\text{табл}}$ для определенных уровней значимости и степеней свободы $f = N(\gamma - 1)$ приведены в таблице прил. 2.

20. Проводится вычисление квадрата среднего значения выхода:

$$B_0 = b_0^2. \quad (14)$$

21. Проводится вычисление числа степеней свободы дисперсий адекватности:

$$f_1 = N - K', \quad (15)$$

где K' – число значимых коэффициентов, включая b_0 .

22. Проводится вычисление дисперсий адекватности:

$$\sigma_{ад}^2 = \frac{1}{N - K'} \left[\sum y_p^2 - Nb_0 - \sum b_{ij}^2 - N(\sum b_i)^2 \right]. \quad (16)$$

23. Проводится вычисление эмпирического значения критерия Фишера:

$$F_{\Sigma} = \frac{\sigma_{ад}^2}{\sigma_y^2}. \quad (17)$$

24. Проводится сравнение эмпирического и табличного значения критериев Фишера. Если $F_{\Sigma} > F_{\text{табл}}$, то полученная модель адекватно отображает функцию выхода. В противном случае необходимо перейти к использованию полинома более высокого порядка или ввести дополнительные переменные.

Значения $F_{\text{табл}}$ для уровня значимости $\alpha = 0,2$ приведены в таблице прил. 8.3.

25. В протокол отчета записывается вид полученной математической модели, оформляется отчет по работе, записываются выводы по результатам эксперимента.

5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Исходные и полученные данные заносятся в соответствующие графы таблицы отчета. Производятся необходимые расчеты, анализ полученного уравнения регрессии, формулируются и записываются выводы по лабораторной работе.

При оформлении отчета необходимо придерживаться правил, указанных в ГОСТ 2.105–95 «Общие требования к текстовым документам». О проведении лабораторной работы свидетельствуют подписи студента, лаборанта и преподавателя, ведущего занятия, в соответствующих строках основной надписи.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что подразумевают под качеством поверхностного слоя и какова роль шероховатости при оценке эксплуатационных свойств деталей машин?
2. В чем отличие многофакторного планирования эксперимента от традиционного однофакторного экспериментирования?
3. В чем заключается принцип работы профилографа-профилометра мод. «Talysurf-5M»?
4. Каков смысл полученного уравнения регрессии?
5. С какой целью проводится проверка по критериям Стьюдента и Фишера?
6. Какой из исследуемых технологических факторов оказывает наибольшее влияние на шероховатость поверхности?
7. Какие параметры шероховатости нормированы ГОСТ 2789–73?

7. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учебник / А. Н. Ковшов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-0833-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212438>
- 2 ГОСТ 2789–73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
- 3 Измерение шероховатости на профилографе-профилометре «TALYSURF-5M». Методические указания лабораторной работе / В. Ю. Блюменштейн, М. С. Махалов, О. А. Останин. — Кемерово : ГУ КузГТУ, 2006. — 35 с.
- 4 ГОСТ 25142–82. Шероховатость поверхности. Термины и определения.
- 5 Миттаг, Х.-Й. Статистические методы обеспечения качества / Х.-Й. Миттаг [и др.] : пер. с нем. — М. : Машиностроение, 1995. — 616 с.
- 6 Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. — М. : Наука, 1971. — 283 с.

Приложение 1

Значение критериев Кохрена ($C_{\text{табл}}$)

$f_2 = N$	$f_1 = \gamma - 1$							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Уровень значимости $\alpha = 0,05$							
1	0,999	0,970	0,939	0,906	0,877	0,863	0,833	0,816
2	0,937	0,871	0,793	0,700	0,707	0,677	0,608	0,633
3	0,907	0,765	0,684	0,629	0,690	0,580	0,537	0,510
4	0,841	0,681	0,680	0,544	0,507	0,478	0,406	0,439
5	0,731	0,615	0,532	0,480	0,440	0,413	0,397	0,382
6	0,727	0,561	0,480	0,431	0,397	0,373	0,351	0,333
7	0,680	0,516	0,438	0,391	0,360	0,338	0,319	0,304
8	0,639	0,478	0,403	0,365	0,329	0,307	0,290	0,277
9	0,602	0,445	0,373	0,331	0,303	0,282	0,267	0,200

Приложение 2

Значение критериев Стьюдента ($t_{\text{табл}}$)

Число степеней свободы $f = N(\gamma - 1)$	Уровни значимости α				
	0,16	0,08	0,02	0,01	0,001
1	3,314	12,706	31,821	63,567	636,800
2	2,920	4,303	6,965	9,925	31,600
3	2,363	3,182	4,641	5,841	12,922
4	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
6	1,948	2,447	3,143	3,707	5,959
7	0,690	2,365	2,998	3,499	5,408
8	1,360	2,306	2,896	3,363	5,041
9	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	1,812	2,228	2,781	3,169	4,387

Значение критерия Фишера ($F_{\text{табл}}$)
для уровня значимости $\alpha = 0,03$

$f_2 = N(y - 1)$	$f_1 = N - K'$							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	181,45	199,50	216,71	224,53	230,18	233,99	236,77	238,88
2	18,513	19,22	19,161	19,217	19,296	19,330	19,353	19,371
3	10,128	9,652	9,277	9,117	9,013	8,941	8,387	8,845
4	7,709	8,914	6,591	6,338	6,266	6,163	6,094	6,011
5	6,608	5,786	5,411	5,192	5,050	4,950	4,876	4,818
6	5,937	5,143	4,757	4,534	4,387	4,254	4,237	4,147
7	5,591	4,737	4,347	4,120	3,972	3,866	3,787	3,726
8	5,318	4,459	4,066	3,838	3,636	3,581	3,601	3,433
9	5,117	4,257	3,863	3,633	3,432	3,374	3,293	3,230
10	5,960	4,1403	3,703	3,487	3,328	3,217	3,136	3,072
11	4,800	3,923	3,587	3,307	3,204	3,095	3,012	2,948
12	4,747	3,885	3,490	3,259	3,106	2,996	2,913	2,819
13	4,667	3,606	3,411	3,179	3,020	2,915	2,832	2,767
14	4,600	3,739	3,344	3,121	2,958	2,843	2,764	2,699
15	4,543	3,682	3,287	3,056	2,901	2,791	2,707	2,611
16	4,494	3,634	3,239	3,007	2,852	2,741	2,657	2,591

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению практических работ по дисциплине
«ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»
для студентов направления подготовки
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств
направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Практическое занятие 1. Определение типа производства по его характеристике – коэффициенту закрепления операций	5
Практическое занятие 2. Выбор формы организации технологического процесса	15
Практическое занятие 3. Выбор рациональных схем базирования при установке заготовки на призму	30
Практическое занятие 4. Анализ технологичности конструкции валов	33
Практическое занятие 5. Анализ технологичности конструкции втулок, цилиндров, дисков, зубчатых колес, корпусных деталей	39
Практическое занятие 6. Выбор заготовок и способов их изготовления	48
Практическое занятие 7. Выбор способов обработки поверхностей заготовки	105
Практическое занятие 8. Расчет припусков расчетно-аналитическим методом при проектировании технологических процессов механической обработки деталей машин	122
Практическое занятие 9. Разработка технологического процесса изготовления вала	170
Практическое занятие 10. Изучение типового технологического процесса изготовления втулок	204
Практическое занятие 11. Изучение типового технологического процесса изготовления шкивов, дисков, фланцев	212
Практическое занятие 12. Изучение типового технологического процесса изготовления зубчатых колес	225
Практическое занятие 13. Изучение типового технологического процесса изготовления червячных зубчатых колес и червяков	250

Практическое занятие 14. Изучение типового технологического процесса изготовления рычагов	258
Практическое занятие 15. Закономерности фактического распределения действительных размеров деталей при механической обработке	262
Практическое занятие 16. Изучение способов и устройств для восстановления и повышения качества пружин сжатия	274
Практическое занятие 17. Изучение установки для финишного плазменного упрочнения	284
Практическое занятие 18. Изучение технологии для финишного плазменного упрочнения	300
Практическое занятие 19. Правила заполнения технологической документации	312
Практическое занятие 20. Правила оформления технологической документации при проектировании маршрутно-операционного технологического процесса	334
Практическое занятие 21. Проектирование технологического процесса изготовления винта	342
Практическое занятие 22. Проектирование технологического процесса изготовления шатуна	347
Практическое занятие 23. Проектирование технологического процесса изготовления корпуса	354
Практическое занятие 24. Проектирование технологического процесса изготовления коленчатого вала	369
Практическое занятие 25. Проектирование технологического процесса изготовления шпинделя	376
Практическое занятие 26. Технология и оборудование для обработки деталей фрезерованием	381

Введение

Необходимость выпускать качественную и конкурентно способную на мировом рынке продукцию, требования к повышению эффективности производства и техническому прогрессу во многом зависят от опережающего развития разработки и внедрения нового оборудования, машин, станков, аппаратов и технологий.

В связи с этим в учебном процессе высших учебных заведений значительное место отводится практическим работам, выполняемым студентами старших курсов.

Выполнение практических работ, углубляет и обобщает знания, полученные студентами во время лекционных занятий, учит студентов пользоваться справочной литературой, ГОСТами, таблицами, умело сочетая справочные данные с теоретическими знаниями, полученными в процессе изучения курса.

Выполнение практических работ необходимо для формирования проектно-ориентированных навыков студентов, необходимых для выполнения курсового проекта и в дальнейшем выпускной квалификационной работы.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА ПО ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКЕ – КОЭФФИЦИЕНТУ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ

Цель: приобретение практических навыков определения типа производства по коэффициенту закрепления операций $K_{з.о}$ и изучение влияния величины $K_{з.о}$ на элементы себестоимости выпускаемой продукции.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: коэффициент закрепления операций, коэффициент загрузки станка, методика определения коэффициентов.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определять тип производства по коэффициенту закрепления операций

Актуальность темы: Согласно ГОСТ 3.1119-83, ГОСТ 14.004-83 ЕСТД и РД 50-174-80 ЕСТПП одной из характеристик типа производства, т.е. классификационной категории производства, выделяемой по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности, объема выпуска изделий является коэффициент закрепления операций $K_{з.о}$.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Коэффициент закрепления операций $K_{з.о}$ показывает отношение числа всех различных технологических операций, выполняемых или подлежащих выполнению подразделением в течение месяца, к числу рабочих мест в одной смене. Таким образом $K_{з.о}$ характеризует число различных технологических операций, приходящихся в среднем на одно рабочее место участка за месяц. Он также характеризует среднюю частоту смены технологических операций на производственном участке. Например, если $K_{з.о} = 22$, а количество рабочих дней в месяц 22, то ежедневно происходит смена операций на каждом рабо-

чем месте участка. Таким образом, $K_{з.о}$ характеризует и время непрерывной работы по выполнению операций на всех деталях производственной партии.

Изменение времени непрерывного выполнения одной работы влияет на специализированные навыки рабочих, трудоемкость обработки и оплату труда рабочих подразделения, затраты на переналадки, периодичность в обслуживании со стороны мастера, планировщика, наладчика и оплату простоев рабочих мест в ожидании обслуживания, на затраты по планированию и учету движения продукции. Все эти величины в рублях показывают изменение элементов себестоимости выпускаемой продукции, непосредственно зависящих от размера величины $K_{з.о}$.

Так как величина $K_{з.о}$ отражает частоту смены различных технологических операций и связанную с этим периодичность в первую очередь обслуживания рабочего информационными и вещественными элементами производства, то $K_{з.о}$ оценивается применительно к явочному числу рабочих подразделения из расчета на одну смену

$$K_{з.о.} = \frac{\sum P_{o_i}}{\sum P_{я_i}} = \frac{K_B \Phi \sum P_{o_i}}{\sum N_i T_i},$$

где $\sum P_{o_i}$ - суммарное число различных операций;

$\sum P_{я_i}$ - явочное число рабочих подразделения, выполняющих различные операции;

K_B - коэффициент выполнения норм;

Φ - месячный фонд времени рабочего при работе в одну смену;

$\sum N_i T_i$ - суммарная трудоемкость программы выпуска;

N_i - программа выпуска каждой i -той позиции номенклатуры;

T_i - трудоемкость i -той позиции.

При учебном технологическом проектировании рекомендуется условное число однотипных операций P_{oi} , выполняемых на одном станке в течение месяца при работе в одну смену, определить по формуле

$$P_{oi} = \frac{\eta_H}{\eta_3},$$

где η_H – планируемый коэффициент загрузки станка (нормативный) всеми закрепленными за ним однотипными операциями. Его величину при расчетах принимают равной 0,8;

η_3 – коэффициент загрузки станка одной, заданной для проектирования операцией

$$\eta_3 = \frac{T_{шт-к} N_M}{60 F_M K_B},$$

где K_B – коэффициент выполнения норм, равный 1,3;

$T_{шт-к}$ – штучно- калькуляционное время, необходимое для выполнения операций, мин.;

N_M – месячная программа выпуска данной детали при работе в одну смену, шт.:

$$N_M = \frac{N_r}{2 \cdot 12} = \frac{N_r}{24},$$

где N_r – годовой объем выпуска заданной детали, шт/г;

F_M – месячный фонд времени работы оборудования в одну смену, ч

$$F_M = \frac{4055}{2 \cdot 12} = 169 \text{ ч.}$$

Суммарное число различных операций за месяц по участку из расчета на одного сменного мастера определяется

$$\sum P_{o_i} = P_{o_1} + P_{o_2} + P_{o_3} + \dots + P_{o_n},$$

где 1, 2, 3, ..., n – номера рабочих мест.

Число рабочих на один станок, загруженный до $\eta_n = 0,8$ при работе в одну смену, определяется по формуле

$$P_{я_i} = \frac{N_i T_i}{K_B \Phi 60} = \frac{P_{o_i} N_M T_{шт-к_i}}{K_B \Phi 60},$$

где $N_i = P_{o_i} N_M$ – приведенный объем выпуска деталей, шт./мес.;

$T_i = T_{шт-к_i}$ – штучно-калькуляционное время на выполнение заданной операции, мин;

Φ – месячный фонд времени рабочего при 22 рабочих днях в месяц, ч ($\Phi = 22 \cdot 8 = 176$ ч).

Явочное число рабочих участка при работе в одну смену определяется суммированием значений $P_{я_i}$

$$\sum P_{я_i} = P_{я_1} + P_{я_2} + P_{я_3} + \dots + P_{я_n}.$$

Исходные данные для расчетов приведены в табл. 1.

Оплата затрат подготовительно-заключительного времени может быть рассчитана по формуле в рублях

$$З_{п.з.г} = 12 T_{п.з.} C_{ц} K_{з.о.} \sum P_{я_i}$$

где $T_{п.з.}$ – среднее подготовительно-заключительное время операции, ч;

$\sum P_{я_i}$ – явочное число рабочих участка, приходящихся на одного мастера, чел.;

$C_{ц}$ – оплата одного нормо-часа с учетом дополнительной зарплаты и отчислений на соцстрахование, руб.

В данной работе $T_{п.з.}$ принимается равным 0,25 ч, а оплату одного нормочаса $C_{ц}$ - равной 598 руб. (часовая тарифная ставка станочника 3-го разряда).

Оборотные средства в незавершенном производстве рассчитываются по формуле, руб.

$$H_o = \frac{3E_H n \left[C_з + \frac{C}{N_r} 0,5 \right]}{K_{з.о.}},$$

где 3 – число партий деталей, приходящееся в среднем на одно рабочее место (одна партия в ожидании обработки, вторая – на станке в работе, третья – на транспортировке или на контроле);

n – размер партии деталей, обрабатываемых на одной наладке при 12 запусках партий в год, шт.

$$n = \frac{N_r}{12},$$

$C_з$ – стоимость заготовки, руб.;

C – себестоимость механической обработки годового выпуска деталей одного наименования, руб.;

0,5 – коэффициент нарастания затрат;

E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ($E_H = 0,15$).

Оплата затрат по планированию и учету движения продукции определяется по формуле, руб.

$$З_r = 12 \cdot \sum P_{я_i} \cdot K_{з.о.} \left[C_H + \frac{C_p}{O_d} \right],$$

где C_H – оплата планирования и учета одной операции, руб.;

C_p – оплата планирования и учета одной детали, руб.;

O_d – среднее число операций в одной детали по участку.

В данной работе принимается $C_H = 200$ руб., $C_p = 800$ руб.

ПРИМЕР (для варианта 1)

1. Определяем коэффициент загрузки станка η_3 , одной, заданной для проектирования операцией

$$\eta_3 = \frac{T_{\text{шт-к}} N_M}{60 F_M K_B}$$

$$N_M = \frac{N_r}{2 \cdot 12} = \frac{N_r}{24} = 125 \text{ шт.}; F_M = \frac{4055}{2 \cdot 12} = 169 \text{ ч}; K_B = 1,3;$$

$$\eta_{3_1} = 6 \frac{125}{60 \cdot 169 \cdot 1,3} = 6 \cdot 0,0095 = 0,057; \eta_{3_2} = 5 \cdot 0,0095 = 0,047; \eta_{3_3} = 8 \cdot 0,0095 = 0,076;$$

$$\eta_{3_4} = 7 \cdot 0,0095 = 0,0066; \eta_{3_5} = 9 \cdot 0,0095 = 0,085.$$

2. Определяем число операций $\sum \Pi_{oi}$, выполняемых на каждом рабочем месте, при нормативном коэффициенте загрузки станка $\eta_H = 0,8$:

$$\Pi_{oi} = \frac{\eta_H}{\eta_3}; \Pi_{o1} = \frac{0,8}{0,057} = 14,0; \Pi_{o2} = \frac{0,8}{0,047} = 17,0; \Pi_{o3} = \frac{0,8}{0,076} = 10,5;$$

$$\Pi_{o4} = \frac{0,8}{0,066} = 12,0; \Pi_{o5} = \frac{0,8}{0,085} = 9,4; \sum \Pi_{oi} = 62,9.$$

3. Определяем явочное число рабочих на участке по операциям на смену:

$$P_{я_i} = \frac{N_i T_i}{K_B \Phi 60} = \frac{\Pi_{oi} N_M T_{\text{шт-к}}}{K_B \Phi 60}; \Phi = 176 \text{ ч.}$$

$$P_{я_1} = 14 \cdot 6 \frac{125}{1,3 \cdot 176 \cdot 60} = 14 \cdot 6 \cdot 0,009 = 0,76; P_{я_2} = 17 \cdot 5 \cdot 0,009 = 0,76;$$

$$P_{я_3} = 10,5 \cdot 8 \cdot 0,009 = 0,76; P_{я_4} = 12 \cdot 7 \cdot 0,009 = 0,76; P_{я_5} = 9,4 \cdot 9 \cdot 0,009 = 0,76; \sum P_{я_i} = 3,8$$

4. Рассчитываем величину $K_{3.0}$ и определяем тип производства.

$$K_{з.о.} = \frac{\sum P_{oi}}{\sum P_{яi}} = \frac{62,9}{3,8} = 16,5.$$

Тип производства определяется по таблице:

№ п/п	Величина $K_{з.о.}$	Тип производства
1	До 1,0 (включительно)	Массовое
2	Св. 1,0 до 10,0 (включительно)	Крупносерийное
3	Св. 10,0 до 20,0 (включительно)	Среднесерийное
4	Св. 20,0 до 40,0 (включительно)	Мелкосерийное
5	Св. 40,0	Единичное

В нашем примере тип производства – среднесерийное.

5. Определяем годовую оплату затрат подготовительно-заключительного времени $З_{п.з.г.}$

$$З_{п.з.г.} = 12 T_{п.з.} C_{ц} K_{з.о.} \sum P_{яi} = 12 \cdot 0,25 \cdot 598 \cdot 16,5 \cdot 3,8 = 112,484 \text{ тыс. руб}$$

6. Определяем годовую стоимость запасов незавершенного производства H_o :

$$H_o = \frac{3 E_{пn} \left[C_z + \frac{C}{N_r} 0,5 \right]}{K_{з.о.}} = \frac{3 \cdot 0,15 \cdot 250 \left[1,1 + \frac{7875}{3000} 0,5 \right]}{16,5} = 16,42 \text{ тыс. руб.}$$

$$n = \frac{N_r}{12} = \frac{3000}{12} = 250.$$

7. Определяем годовую оплату затрат по планированию и учету движения продукции $З_r$:

$$З_г = 12 \cdot \sum P_{и_1} \cdot K_{з.о} \left[C_{и} + \frac{C_{р}}{O_{д}} \right] = 12 \cdot 3,8 \cdot 16,5 \left[200 + \frac{800}{5} \right] = 270,864 \text{ тыс. руб.}$$

Выводы. Между величиной $K_{з.о}$ и затратами подготовительно-заключительного времени, а также затратами по планированию и учету движения продукции существует прямо пропорциональная зависимость.

Стоимость запасов незавершенного производства и величина $K_{з.о}$ связаны обратно пропорциональной зависимостью.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Определите число операций $\sum \Pi_{о_1}$, выполняемых на участке в течение месяца при односменной работе.
 2. Определите явочное число рабочих на участке на одну смену $\sum P_{я_1}$.
 3. Рассчитаете величину $K_{з.о}$ и по его значению определите тип производства.
 4. Определите оплату затрат подготовительно-заключительного времени $З_{п.з.г}$.
 5. Определите стоимость запасов незавершенного производства $H_{о}$.
 6. Определите оплату затрат по планированию и учету движения продукции $З_г$.
- Примечание.** В указанной выше последовательности выполнить расчеты для двух наименований деталей, указанных в варианте задания.
7. Проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы о влиянии величины $K_{з.о}$ на изучаемые в работе элементы себестоимости выпускаемой продукции.
 8. Составьте отчет.

Таблица 1 - Исходные данные для определения типа производства, оплаты затрат подготовительно-заключительного времени, затрат по планированию и учету движения продукции и стоимости запасов незавершенного производства

№ варианта	№ детали	К-во операций	$T_{\text{опер}} - \text{к}$ на операцию						N_{Γ}	C_3 , тыс. руб.	С, млн. руб.
			1	2	3	4	5	6			
1	1	5	6	5	8	7	9	-	3000	1,1	7,875
	2	5	4	7	10	11	5	-	10000	1,15	25
2	3	4	3	7	8	5	-	-	2000	1,1	5,5
	4	4	5	8	9	6	-	-	8000	1,15	23
3	5	5	7	15	12	10	8	-	1000	1,2	3
	6	5	6	7	8	5	6	-	9000	1,25	28,125
4	7	6	3	4	3	5	2	4	12000	1,25	37,5
	8	6	6	7	7	5	6	4	2000	1,2	6
5	9	5	5	6	7	6	7	-	5000	0,55	6,875
	10	5	6	8	9	6	7	-	15000	0,5	18,75
6	11	4	3	4	6	5	-	-	7000	0,45	7
	12	4	5	6	7	8	-	-	1500	0,4	1,5
7	13	5	3	4	5	4	6	-	3500	0,62	5,425
	14	5	7	6	8	5	7	-	8000	0,61	12,2
8	15	6	6	7	5	8	5	4	1500	0,7	2,625
	16	6	8	9	10	7	6	9	5000	0,71	8,875
9	17	5	8	6	5	7	7	-	15000	0,81	30,375
	18	5	9	8	6	5	7	-	6000	0,8	12
10	19	4	4	5	5	6	-	-	2000	0,95	4,75

	20	4	8	10	9	7	-	-	5000	0,94	11,75
11	21	5	3	4	3	5	6	-	2500	0,91	5,687
	22	5	6	7	5	6	4	-	7500	0,92	17,25
12	23	6	8	7	6	7	8	9	8000	1,3	26
	24	6	4	5	4	6	5	7	3000	1,31	9,825
13	25	5	6	8	7	5	4	-	11000	1,15	31,625
	26	5	9	8	7	8	10	-	1000	1,2	3
14	27	5	5	4	6	7	3	-	9000	0,75	16,875
	28	5	3	4	3	5	4	-	400	0,76	7,6

9. Ответьте на вопросы.

1. Какой период времени принимается в расчет при определении $K_{з.о}$?
2. Для каких условий работы (в одну или две смены) рассчитывается $K_{з.о}$?
3. Как рассчитывается коэффициент загрузки станка ?
4. Что Вы понимаете под термином «нормативный коэффициент загрузки станка» и какова его величина в данной работе?
5. Каким образом в работе определяется количество операций $\sum P_{oi}$, выполняемых в течение месяца на участке?
6. Как влияет величина $K_{з.о}$ на затраты подготовительно-заключительного времени?
7. Каким образом величина $K_{з.о}$ влияет на стоимость запасов незавершенного производства?
8. Как влияет величина $K_{з.о}$ на затраты по планированию и учету движения продукции?

9. При каких значениях $K_{з.о}$ производство считается крупносерийным, среднесерийным и мелкосерийным?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Медведев А.И. Сборник практических работ по технологии машиностроения: Учеб. пособие / А.И. Медведев, В.А. Шкред, В.В. Бабук и др.; Под ред. И.П. Филонова. – Мн.: БНТУ, 2003. – 486 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2

ВЫБОР ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Цель: научиться выбирать формы организации технологического процесса.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: групповая и поточная формы организации технологического процесса, основные параметры принятой формы организации технологического процесса

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: выполнять расчет основных параметров принятой формы организации технологического процесса.

Актуальность темы: Технологические процессы по своему составу и глубине проработки отдельных элементов процесса существенно зависят от типа машиностроительного производства. Имеются в виду *массовое, серийное и единичное* производства. ГОСТ 14.312-74 «Единая система технологической подготовки производства. Основные формы организации технологических процессов» устанавливает две формы организации технологических процессов: групповую и поточную. При поточной форме за каждым рабочим местом закреплена в течение года одна операция, время выполнения операций согласовано с учетом постоянства такта выпуска, рабочие места распола-

гаются в последовательности, строго соответствующей технологическому процессу. При групповой форме за каждым рабочим местом закреплено в течение года несколько операций обработки деталей одного или разных типов-размеров, время выполнения операций не согласовано между собой, запуск изделия производится партиями. Расположение оборудования при этом может быть либо в порядке обработки типовой детали, либо по видам оборудования. Актуальной является задача выбора формы организации технологического процесса для экономически эффективной организации производства.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Каждый тип машиностроительного производства имеет свои характерные особенности, определённым образом влияющие на проектируемый технологический процесс. Так, в *массовом производстве* за каждым станком постоянно закреплена только одна технологическая операция. Поэтому все составные части проектируемого технологического процесса прорабатывают очень подробно, и от рабочих, выполняющих каждую операцию, не требуется высокая квалификация. В свою очередь, оборудование в цехе располагают по ходу действий, указанных в технологическом процессе. Этим упрощается передача обрабатываемой детали от станка к станку. Складываются условия для организации *поточного* (непрерывного) производства.

В *серийном* производстве за каждым станком закреплено больше одной операции, а цех и каждый его участок заняты обработкой нескольких или многих деталей. Но программа выпуска каждой детали мала для того, чтобы организовывать поточное производство. Подбирая номенклатуру деталей для каждого участка, стараются подобрать детали примерно одинаковых габаритных размеров со схожей конфигурацией (валы, зубчатые колёса, корпусные детали и т.д.), одинакового материала (сталь, алюминиевые сплавы, магниевые сплавы). Однородность перечисленных характеристик предопределяет сходство технологических процессов. Это позволяет уменьшить разнооб-

разие станков на участке и способствует возможности максимально загрузить станки. Закрепление за станком нескольких технологических операций предопределяет неизбежность последующей переналадки, то есть замены технологической оснастки для того, чтобы перейти к обработке других деталей. Поэтому в серийном производстве детали обрабатывают партиями, то есть группами одноименных деталей. Выполнив одну операцию для партии деталей, станок переналаживают для выполнения очередной операции.

В серийном производстве чаще всего представляется целесообразным располагать станки в большем соответствии с последовательностью этапов технологического процесса (черновые операции, чистовые, окончательные). В серийном производстве заняты рабочие главным образом средней квалификации.

Единичное производство характерно тем, что оно ориентировано на изготовление чрезвычайно широкой номенклатуры самых разнообразных деталей, каждая из которых выпускается единицами экземпляров. По этой причине все используемые средства производства отличаются повышенной универсальностью с применением рабочей силы высокой квалификации. За каждым станком закрепляется максимально возможное количество технологических операций. Технологический процесс в ряде случаев достаточно представлять в виде сокращённого маршрутного описания всех действий, составляющих технологический процесс.

Выбор формы организации технологического процесса производится на основании сравнения заданного суточного выпуска изделий N_c и расчетной суточной производительности поточной линии при двухсменном режиме работы и ее загрузке не ниже 60% - Q_c . Если $N_c < Q_c$, то применение поточной формы организации технологического процесса нецелесообразно.

Рассмотрим методы расчета N_c и Q_c

$$N_c = \frac{N}{253},$$

где N – заданный годовой выпуск данной детали;

253 – количество рабочих дней в году.

$$Q_c = \frac{F_c}{T_{cp}} \times \eta_3 = \frac{0,6 \times F_c}{T_{cp}},$$

где F_c – суточный фонд времени работы оборудования, мин, при двухсменном режиме работы $F_c = 952$ мин;

η_3 – коэффициент загрузки оборудования, принято $\eta_3 = 0,6$;

T_{cp} – средняя трудоемкость основных операций, мин.

$$T_{cp} = \frac{\sum_i^n T_{штi}}{n},$$

где $T_{штi}$ – штучное время i -ой основной операции, мин;

n – количество основных операций.

После выбора формы организации технологического процесса следует с учетом ранее установленного типа производства (с помощью коэффициента закрепления операций $K_{з.о}$) выполнить расчет основных параметров принятой формы организации технологического процесса.

Расчет основных параметров принятой формы организации технологического процесса

Для поточной формы организации технологического процесса определяют:

1. Такт производства (в минутах)

$$T_B = \frac{60 \times F_d}{N},$$

где F_d – эффективный (действительный) годовой фонд времени работы оборудования; $F_d = 4015$ ч для поточной линии при двухсменной работе.

2. Расчётное количество станков для данной операции

$$m_{pi} = \frac{T_{штi}}{T_B},$$

где $T_{штi}$ – штучное время на i -ой операции.

3. Принятое количество станков на данной операции m_{np} . Принимается обычно ближайшее к m_{pi} большее целое число. Например, если $m_{pi} = 1,2$, то $m_{np} = 2$.

4. Коэффициент загрузки станка на данной операции

$$\eta_{zi} = \frac{m_{pi}}{m_{прi}}.$$

5. Средний коэффициент загрузки станков в поточной линии

$$\eta_{зср} = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_{zi}}{n}$$

где n – общее число операций в данном технологическом процессе.

Для правильно разработанного технологического процесса $\eta_{зср}$ должен быть близок к нормативному значению $\eta_{зн}$ для данного типа производства. Для массового и крупносерийного производства $\eta_{зн} = 0,65 \dots 0,75$, для мелкосерийного $\eta_{зн} = 0,8 \dots 0,9$.

6. Цикл изготовления детали

$$T_{ц} = \sum_{i=1}^n T_{штi} \times K_{пр},$$

где $K_{пр}$ – коэффициент, учитывающий время пролеживания деталей между операциями. Значение $K_{пр}$ зависит от организации производства, степени его механизации и автоматизации. Для поточной линии $K_{пр} = 2 \dots 3$, для автоматической линии $K_{пр} \leq 1,5$.

7. Задел, т.е. количество деталей, находящихся в обработке и в местах для складирования на поточной линии. Задел необходим для обеспече-

ния непрерывной работы в течение смены всего оборудования механических и сборочных цехов и участков.

$$S = \sum_{i=1}^m p + \frac{K}{T_B} (T_{\text{см}} + T_3 + T_c),$$

где p – количество одновременно обрабатываемых деталей на данном рабочем месте;

m – количество рабочих мест на поточной линии;

K – коэффициент, учитывающий неточность расчета ($K = 1,0 \dots 1,5$).

$T_{\text{см}}$ – время на смену и регулирование изношенного инструмента на данном рабочем месте, принимается по справочникам для нормирования техпроцессов механической обработки.

№ п/п	Инструмент	Стойкость инструмента в деталях $T_d(I,J,K)$, шт.	Время на смену и регулировку инструмента $t_{\text{то д}}(I,J,K)$, мин	Время техобслуживания на одну деталь $t_{\text{то д}}(I,J,K)$, с	$T_{\text{то}} = \sum \frac{t_{\text{то д}}(I,J,K)}{c}$
1	Резец проходной	150	6,9	2,75	6,027
2	Резец проходной	605	6,9	0,7	
3	Сверло	5000	5,8	0,07	
4	Сверло	1200	5,8	0,3	
5	Резец фасочный	50 000	6,0	0,007	
6	Резец проходной	980	6,9	0,45	
7	Плашка		17,2		
8	Резец фасонный	1100	11,8	0,65	
9	Резец отрезной	260	4,5	1,1	

T_3 и T_c – время, на которое поточная линия должна быть обеспечена заготовками, а сборочная линия – обработанными деталями, изготавливаемыми на данной поточной линии, мин. Для укрупненных расчетов можно принимать $T_3 = T_c = 480$ мин.

Для групповой формы организации технологического процесса определяют :

1. Количество деталей в партии для одновременного запуска в производство. При укрупнённом расчете n определяется по формуле

$$n = \frac{N \times \alpha}{253},$$

где α – периодичность запуска в днях. Рекомендуются следующие значения α : 1; 2.5; 5; 11; 22; 66.

2. Расчетное число смен на обработку всей партии деталей на основных рабочих местах

$$C = \frac{T_{\text{шт.-к.ср}} \times n}{476 \times 0,8},$$

где 476 – действительный фонд времени работы оборудования в смену, мин;
0,8 – нормативный коэффициент загрузки станков в серийном производстве.
Значение C округляется до принятого целого числа $C_{\text{пр}}$.

3. Количество деталей в партии, необходимых для загрузки оборудования на основных операциях в течение целого числа смен:

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \times 0,8 \times C_{\text{пр}}}{T_{\text{шт.-к.ср}}}$$

4. Расчетное количество станков данного типа

$$m_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^r N_i \times T_{\text{шт.-к}i}}{60F_d \times K_B} = \frac{\sum_{i=1}^r N_i \times T_{\text{шт}i} \times K_{\text{п.з}i}}{60F_d \times K_B},$$

где r – количество типоразмеров деталей, обрабатываемых на данном станке;

N_i – число деталей i -го типоразмера, обрабатываемых на данном станке в течение года;

$T_{\text{шт.-к}i}$ – штучно-калькуляционное время обработки на данном станке одной детали i -го типоразмера;

F_d – эффективный (действительный) годовой фонд времени работы единицы оборудования, ч;

K_B – коэффициент выполнения норм времени, для укрупненных расчетов $K_B = 1,3$;

$K_{п.зi}$ – коэффициент, учитывающий долю затрат подготовительно-заключительного времени, при укрупненных расчетах можно принять $K_{п.зi} = 1,05 \dots 1,1$.

5. Коэффициент загрузки станка данного типа

$$\eta_{зj} = \frac{\sum_{i=1}^r N_{i \times T_{шт.i}} \times K_{п.зi}}{60 F_{д \times K_{в \times m_{прj}}}},$$

где $m_{прj}$ – принятое количество станков данного типа.

6. Средний коэффициент загрузки станков участка для групповой обработки

$$\eta_{зср} = \frac{\sum_{j=1}^L \eta_{зi}}{L},$$

где L – общее число станков на участке.

7. Количество деталей разных типоразмеров, но близких по конструктивно-технологическим признакам к рассматриваемой, которые можно обрабатывать на станках участка для групповой обработки

$$r = \frac{\eta_{зн}}{\eta_{зсрi}}.$$

Этот параметр необходимо определить, если расчет m_p , η_z , $\eta_{ср}$ велся для детали одного типоразмера.

8. Производственный цикл изготовления детали

$$T_{ц} = T_{\Sigma} n_{пр} + T_{пр}K + T_{т} \times (2K + 1),$$

где T_{Σ} – суммарная трудоемкость изготовления детали, мин;

$T_{пр}$ – время одного пролеживания детали в кладовой, в среднем $T_{пр} = 900$ мин;

K – количество завозов деталей в промежуточные кладовые, $K = n-1$, где n – число операций обработки детали;

T_T – длительность одного транспортирования партии деталей от станков в кладовую и обратно, в среднем $T_T = 30$ мин;

$(2K + 1)$ – количество транспортирований деталей с учетом транспортирования на сборку.

Необходимый задел деталей

$$S = T_{\text{ц}} \times N_{\text{с}},$$

где $T_{\text{ц}}$ – производственный цикл изготовления деталей в днях;

$N_{\text{с}}$ – суточный выпуск деталей. При двухсменном режиме работы и 8-часовом рабочем дне $T_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{ц}}}{960}$ (дней).

ПРИМЕР выполнения задания.

Произвести выбор формы организации технологического процесса изготовления детали типа «рычаг» и расчет ее основных параметров.

Основными операциями изготовления рычага являются:

1. Фрезерная. Станок вертикально-фрезерный. Используется один инструмент. $T_{\text{шт}} = 2,1$ мин.

2. Фрезерная. Станок горизонтально-фрезерный. Используется два инструмента. $T_{\text{шт}} = 3,5$ мин.

3. Сверлильная. Станок вертикально-сверлильный. Используется три инструмента. $T_{\text{шт}} = 5,5$ мин.

Рассмотрим два варианта условий обработки. 1 – годовой выпуск 300 шт.; 2 – годовой выпуск 100000 шт. Результаты расчетов сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты расчетов

№ пп	Параметры техноло- гического процесса	Результаты расчетов	
		I вариант	II вариант
1	2	3	4
1	Средняя трудоем- кость основных операций	$T_{cp.} = \frac{2,1 + 3,5 + 5,5}{3} = 3,7 \text{ мин}$	$T_{cp.} = 3,7 \text{ мин}$
2	Заданный суточный выпуск деталей	$N_c = \frac{300}{253} = 1,2 \text{ шт.}$	$N_c = \frac{100000}{253} = 395,3 \text{ шт.}$
3	Расчетная суточная производительность	$Q_c = \frac{0,6 \cdot 952}{3,7} = 154,4 \text{ шт.}$	$Q_c = \frac{0,6 \cdot 952}{3,7} = 154,4 \text{ шт.}$
4	Такт производства	$T_n = \frac{60 \cdot 4015}{300} = 803 \text{ мин}$	$T_n = \frac{60 \cdot 4015}{100000} = 2,41 \text{ мин}$
5	Расчетное количест- во станков операция 1	$m_{p_1} = \frac{2,1 \cdot 1,05}{803 \cdot 1,3} = 0,002$	$m_{p_1} = \frac{2,1}{2,41} = 0,87$
	операция 2	$m_{p_2} = \frac{3,5 \cdot 1,05}{803 \cdot 1,3} = 0,0035$	$m_{p_2} = \frac{3,5}{2,41} = 1,45$
	операция 3	$m_{p_3} = \frac{5,5 \cdot 1,05}{803 \cdot 1,3} = 0,0055$	$m_{p_3} = \frac{5,5}{2,41} = 2,28$

1	2	3	4
6	Принятое количество станков операция 1 операция 2 операция 3	1 1 1	1 1 3
7	Коэффициент загрузки станка операция 1	$\eta_{z_1} = \frac{0,002}{1} = 0,002$	$\eta_{z_1} = \frac{0,87}{1} = 0,87$
	операция 2	$\eta_{z_2} = \frac{0,0035}{1} = 0,0035$	$\eta_{z_2} = \frac{1,45}{2} = 0,725$
	операция 3	$\eta_{z_3} = \frac{0,0055}{1} = 0,0055$	$\eta_{z_3} = \frac{2,28}{3} = 0,76$
8	Средний коэффициент загрузки станков	$\eta_{z_{cp}} = \frac{0,002 + 0,0035}{3} + \frac{0,0055}{3} = \frac{0,01}{3}$	$\eta_{z_{cp}} = \frac{0,87 + 0,725}{3} + \frac{0,76}{3} = \frac{2,355}{3} = 0,785$
9	Количество деталей разного типоразмера, которые можно обработать на данных станках	$r = \frac{0,8}{0,0037} = 216$	-
10	Количество деталей в партии	$n = \frac{300 \cdot 5}{253} = 5,93$	-
11	Расчетное число смен на обработку всей партии деталей	$C = \frac{3,7 \cdot 1,05 \cdot 5,93}{476 \cdot 0,8} = 0,06$	-
12	Принятое число смен на обработку всей партии деталей	$c_{np} = 1$	-
13	Принятое количество деталей в партии	$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 1}{3,7 \cdot 1,05} = 98$	-
14	Трудоемкость изготовления детали	$T_{\Sigma} = (2,1 + 3,5 + 5,5) \times 1,05 = 11,66 \text{ мин}$	$\sum T_{шт} = 11,1 \text{ мин}$
15	Цикл изготовления детали	$T_{ц} = 11,66 \cdot 98 + 900 \cdot 2 + 30(2 \cdot 2 + 1) = 1142,7 + 1800 + 150 = 3092,7 \text{ мин} = 3,22 \text{ дней}$	$T_{ц} = 11,1 \cdot 2 = 22,2 \text{ мин}$

1	2	3	4
16	Время на смену и регулирование изношенного инструмента операция 1 операция 2 операция 3		$T_{см1} = 2,2 \text{ мин}$ $T_{см2} = 4,6 \text{ мин}$ $T_{см3} = 0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ мин}$ $\Sigma T_{см} = 2,2 + 4,6 + 1,5 = 8,3 \text{ мин}$
17	Необходимый задел деталей	$S = 3,22 \cdot 1,2 = 3,86 \text{ 4 шт.}$	$S = 3 + 1,1/2,41 \times$ $\times (8,3 + 480 + 480) =$ $= 445 \text{ шт.}$

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Путем расчета и сопоставления значений N_C и Q_C произвести выбор формы организации технологического процесса для заданного преподавателем варианта условий его выполнения.

2. Для выбранной формы организации технологического процесса произвести расчёт основных параметров в последовательности и по методике, описанным в теоретической части работы.

Если на первом этапе работы установлено, что целесообразна групповая форма организации техпроцесса, преподаватель может дополнить исходные данные информацией о дозагрузке станков за счет обработки деталей разных типоразмеров.

Варианты заданий

Наименование операций и основные условия их выполнения								
№ пп	Наименование детали	Годовой выпуск, шт.	оп. 005	оп. 010	оп. 015	оп. 020	оп. 025	оп. 030
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Вал	5000	Токарная, ст-к токарно-винторезный, 2 инструмента, $T_{шт}=4,1$ мин	Токарная, ст-к токарно-винторезный с ЧПУ, 3 инструмента, $T_{шт}=6,7$ мин	Токарная, ст-к токарно-винторезный с ЧПУ, 4 инструмента, $T_{шт}=5,5$ мин	Фрезерная, ст-к верт.-фрезерный с ЧПУ, 3 инструмента, $T_{шт}=3,7$ мин	Сверлильная, ст-к верт.-сверл. с ЧПУ, 2 инструмента, $T_{шт}=4,5$ мин	Шлифовальная, ст-к кругло-шлифовальн. с ЧПУ, 1 инструмент, $T_{шт}=6,7$ мин
		150.000						
2	Вал	3000	Центровальная, ст-к центровальный, 2 инструмента, $T_{шт}=2,2$ мин	Токарная, ст-к ток.-винт. с ЧПУ, 4 инструмента, $T_{шт}=6,7$ мин	Токарная, ст-к ток.-винт. с ЧПУ, 3 инструмента, $T_{шт}=5,7$ мин	Сверлильная, ст-к верт.-сверлильный с ЧПУ, 5 инструмента, $T_{шт}=7,2$ мин	Шлифовальная, ст-к кругло-шлифовальн. с ЧПУ, 1 инструмент, $T_{шт}=3,5$ мин	-
		100.000						
3	Зубчатое колесо	150.000	Токарная, 6-шпинд. токарн. п/а, 8 инструмента, $T_{шт}=3,1$ мин	Токарная, 6-шпинд. токарн. п/а, 10 инструмента, $T_{шт}=2,5$ мин	Токарная, ток.-много-резц. п/а, 6 инструмента, $T_{шт}=3,1$ мин	Зубофрезерн., зубофрезерн. п/а, 1 инструмент, $T_{шт}=3718$ мин	Шевинго-вальная, шевингов. п/а, 1 инструмент, $T_{шт}=4,2$ мин	Хонинго-вальная, хонинг. п/а, 1 инструмент, $T_{шт}=3,1$ мин
		5000						

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	Кольцо	200.000 5000	Токарная, 6-шпинд. ток. автомат, 10 инстру- ментов, T _{шт} =2,2 мин	Токарная, 6-шпинд. ток.- многорезц. п/а, 4 инстру- мента, T _{шт} =1,9 мин	Шлифовальн., бесцентрово- шлифов. п/а, 1 инструмент, T _{шт} =1,7 мин	Шлифовальн., внутришли- фов. п/а, 1 инструмент, T _{шт} =2,1 мин	-	-
5	Кронштейн	100.000 5000	Протяжная, верт.- протяжной ст-к, 1 инст- румент, T _{шт} =1,7 мин	Фрезерная, горизонт.- фрезерный ст-к, 3 инстр., T _{шт} =2,3 мин	Сверлильная, верт.- сверлильный ст-к, 3 инстр., T _{шт} =3,4 мин	-	-	-
6	Вилка	100.000 1000	Фрезерная, горизонт.- фрезерный ст-к, 4 инстр., T _{шт} =2,3 мин	Сверлильная, верт.- сверлильный ст-к, 3 инстр., T _{шт} =4,7 мин	Фрезерная, верт.- фре- зерный ст-к, 1 инструмент, T _{шт} =1,9 мин	-	-	-

3. Ответьте на вопросы.

3.1. Какие существуют формы организации технологических процессов и каковы их основные признаки?

3.2. Что является основным критерием при выборе формы организации технологического процесса? Как производится расчет заданного суточного выпуска изделий и расчетной суточной производительности?

3.3. Что такое такт производства и как он рассчитывается?

3.4. Как определить расчетное и принятое количество станков на данной операции при поточной и групповой форме организации техпроцесса?

3.5. Как определить коэффициент загрузки станка? Каковы его нормативные значения для разных типов производства?

3.6. Как определить цикл изготовления детали при поточной и групповой форме организации техпроцесса?

3.7. Что такое заделы деталей? Для чего они необходимы и как их считать при поточной и групповой форме организации техпроцесса?

3.8. Как определить и откорректировать количество деталей в партии для одновременного запуска в производство при групповой форме организации техпроцесса?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Медведев А.И. Сборник практических работ по технологии машиностроения: Учеб. пособие / А.И. Медведев, В.А. Шкред, В.В. Бабук и др.; Под ред. И.П. Филонова. – Мн.: БНТУ, 2003. – 486 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ БАЗИРОВАНИЯ ПРИ УСТАНОВКЕ ЗАГОТОВКИ НА ПРИЗМУ

Цель работы: освоение методики определения погрешности базирования заготовки в приспособлении и выбора схемы базирования.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: базирование, закрепление заготовки; устройство и принцип работы современных образцов приспособлений.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определять погрешность базирования и выбирать рациональную схему базирования заготовки в приспособлении.

Актуальность темы: Обеспечение заданной точности обработки деталей машин при ремонте и восстановлении с использованием приспособлений в значительной мере зависит от выбора технологических баз и схемы установки заготовок. Для оценки ожидаемой точности обработки необходимо проводить исследования и расчеты. Важной составляющей, влияющей на точность обработки, является погрешность базирования, зависящая от схемы базирования заготовки в приспособлении. Поэтому актуальной является задача освоения методики определения погрешности базирования заготовки в приспособлении и выбора схемы базирования.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Базированием называется придание заготовке требуемого положения относительно системы координат станка.

Погрешностью базирования называют отклонение фактического положения заготовки от требуемого.

В работе сравним погрешности базирования двух схем кондукторов, схематически показанных на рисунке 1.

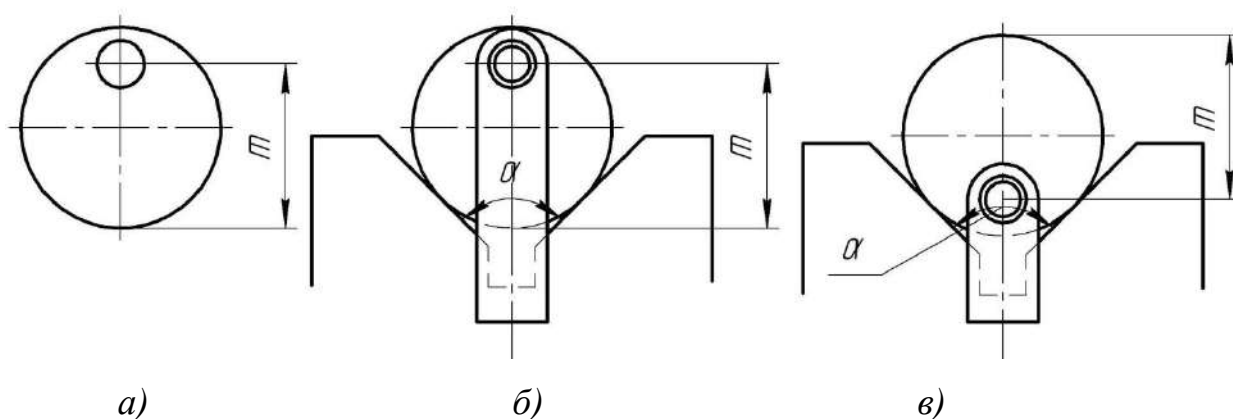


Рисунок 1 – Схемы установки шайбы

Допустим, что у шайбы, показанной на рисунке 1 а) нужно просверлить отверстие и выдержать размер m с соответствующим допуском T_D . Сравним погрешности базирования двух систем кондукторов (рис. 2.8).

Погрешность базирования при схеме кондуктора, показанной на рисунке 1 б)

$$\Delta'_{\sigma} = \frac{T_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right). \quad (1)$$

Погрешность базирования при схеме кондуктора, показанной на рисунке 1 в)

$$\Delta''_{\sigma} = \frac{T_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right). \quad (2)$$

Отношение

$$\Delta''_{\delta} / \Delta'_{\delta} = \frac{\frac{T_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right)}{\frac{T_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)} = \frac{1 + \sin(\alpha/2)}{1 - \sin(\alpha/2)}. \quad (3)$$

При $\alpha = 90^\circ$ $\Delta''_{\delta} / \Delta'_{\delta} = \frac{1+0,7}{1-0,7} = 5,7 \approx 6$.

Таким образом, несущественная на первый взгляд разница в схемах конструкций приспособлений ведет к увеличению значений погрешности базирования при второй схеме по сравнению с первой почти в 6 раз.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучить методику определения погрешности базирования при установке заготовки на призму по схемам, показанным на рисунке 1.
2. По своему варианту задания (табл. 1) определить погрешность базирования заготовки по двум схемам (рис. 1, формулы (1), (2), (3)) и сравнить полученные значения.
3. Оформить отчет о работе и сделать выводы.

Таблица 1 – Варианты заданий для выполнения работы

номер вари- анта	T_D , мм	α_1 , ° рис. 2.8б)	α_2 , ° рис. 2.8в)	номер вариан- та	T_D , мм	α_1 , ° рис. 2.8б)	α_2 , ° рис. 2.8в)
1	0,01	90	120	11	0,30	90	90
2	0,03	90	90	12	0,40	120	120
3	0,20	120	120	13	0,60	120	90
4	0,10	120	90	14	0,90	90	120
5	0,25	90	120	15	1,20	90	90
6	0,50	90	90	16	0,35	90	90
7	0,70	120	120	17	0,45	120	120
8	1,00	120	90	18	0,55	120	90

9	0,80	90	120	19	0,65	90	120
10	0,70	90	90	20	0,75	90	90

1. Что такое базирование, закрепление заготовки в приспособлении?
2. Как классифицирую базы по назначению?
3. Что нужно сделать для полной определенности положения твердого тела в пространстве?
4. Какие Вы знаете виды баз по лишаемым степеням свободы?
5. Что такое «схема базирования»?
6. Каковы основные принципы базирования?
7. Что такое «погрешность базирования»?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермолаев В.В. Технологическая оснастка. Лабораторно-практические работы и курсовое проектирование : учеб. пособие / В.В. Ермолаев. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 320 с.
2. Медведев, А.И. Сборник практических работ по технологии машиностроения : учеб. пособие / А.И. Медведев, В.А. Шкред, В.В. Бабук и др.; Под ред. И.П. Филонова. – МН.:БНТУ, 2003. – 486 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ВАЛОВ

Цель: научиться проводить анализ технологичности конструкции валов.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: требования к технологичности конструкции изделия и детали; технологичность валов.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: формулировать основные технологические задачи, которые необходимо решать при обработке детали, проводить анализ технологичности конструкции валов.

Актуальность темы: в настоящее время обеспечение технологичности принято относить к наиболее трудноформализуемым задачам технологической подготовки производства. Для их решения нет строгих формальных методик. Результат решения в значительной мере зависит от опыта, знаний и творческой интуиции формирующих его специалистов. Отработка изделия на технологичность - сложная задача, при решении которой конструктор должен не только обеспечить высокий технический уровень и эксплуатационные качества создаваемого изделия, но и в полной мере учесть требования производства, то есть обеспечить его производственную технологичность.

При технологическом контроле чертежей проверяют, содержит ли чертеж все сведения о детали: необходимые проекции, разрезы и сечения, размеры с допусками, требования к точности формы и взаимного расположения, требования к качеству поверхности. Отработку конструкции детали на технологичность проводят в соответствии с общими правилами, установленными ГОСТ 14.201–83.

Анализ технологичности конструкции изделия направлен на повышение производительности труда, снижения затрат и сокращение времени на технологическую подготовку производства (ТПП).

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Прежде всего, следует выяснить назначение детали в узле машины и определить степень ее важности для эксплуатации машины. Затем провести подробный анализ технических требований к детали. При необходимости для решения возникающих задач привлекают методы теории размерных цепей.

Результатами этого анализа должны быть формулировка основных технологических задач, которые необходимо решать при обработке детали, и корректировка чертежа детали.

Основные технологические задачи включают получение:

- точности размеров: диаметральных, линейных, угловых;
- точности формы: для цилиндрических деталей в продольном и поперечном направлениях (отклонения профиля продольного сечения; отклонения от круглости и цилиндричности), для плоскостных деталей (отклонения от плоскостности и прямолинейности);
- точности взаимного расположения поверхности (отклонения от параллельности, перпендикулярности, соосности, симметричности, пересечения осей);
- качества поверхностного слоя обработанных поверхностей:
 - высота микронеровностей профиля (R_z , R_a , tp)
 - твердость (HRC_Σ , HB);
 - численное значение, знак и глубина распространения внутренних остаточных напряжений.

Кроме того, на чертежах могут быть указаны и специальные технические требования: покрытия, термическая обработка, окраска, подгонка массы и т. п.

По всем группам технологических задач необходимо подробно изучить технические требования на изготовление с перечислением наиболее ответственных.

В результате формулируются основные технологические задачи, определяющие структуру технологического процесса, применяемое оборудование, средства технологического оснащения, квалификацию исполнителя, контрольные операции и др.

Конструкция изделия может быть признана технологичной, если она обеспечивает простое и экономичное изготовление детали и удовлетворяет следующим требованиям:

- конфигурация деталей и их материал позволяют применять наиболее прогрессивные заготовки, сокращающие объем механической обработки;
- при конструировании изделий используются простые геометрические формы, позволяющие применять высокопроизводительные методы производства. Предусмотрена удобная и надежная технологическая база в процессе обработки;
- обоснованы заданные требования к точности размеров и формы детали;
- использована стандартизация и унификация деталей и их элементов;
- для уменьшения объема механической обработки предусмотрены допуски только по размерам посадочных поверхностей;
- обеспечена достаточная жесткость детали;
- предусмотрена возможность удобного подвода жесткого и высокопроизводительного инструмента к зоне обработки детали;
- обеспечен свободный вход и выход инструмента из зоны обработки;
- учтена возможность одновременной установки нескольких деталей.

Конструкция изделия в значительной степени определяет содержание технологического процесса, его построение (маршрут), структуру операций, применяемые методы обработки, оборудования, оснастку и инструменты.

Общие требования к технологичности формы детали

1. Конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом.
2. Детали должны изготавливаться из стандартных или унифицированных заготовок. Формы заготовки должны приближаться к форме и размерам готовой детали.

3. Заготовки должны быть получены рациональным способом и возможность использования в конструкции детали необрабатываемых поверхностей и минимальных припусков на обработку.

4. Размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные и обоснованные точность и шероховатость поверхностей. Оптимальными считаются точность и шероховатость поверхности экономически и конструктивно обоснованные.

5. Базовые поверхности детали должны иметь точность и шероховатость, обеспечивающие надежность и точность установки, обработки и контроля.

6. Возможность одновременной обработки нескольких деталей.

7. Конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых, стандартных и групповых технологических процессов.

8. Свойства материала детали: физико-химические, механические, жесткость детали, ее форма и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления (включая процессы упрочения, коррозионной защиты и пр.), хранения и транспортирования.

9. Не использовать материалы, плохо обрабатываемые резанием.

10. Доступность по всем обрабатываемым поверхностям для обработки и измерения.

11. Протяженность обрабатываемых поверхностей должна быть наименьшей.

12. Поверхности отверстий также должны соответствовать по форме стандартному инструменту, например, глухие отверстия следует проектировать с коническим дном, образуемым режущей кромкой сверла (угол заточки сверла $2\varphi = 118...120^\circ$). Отверстия должны соответствовать по размерам стандартным сверлам (ГОСТ 886–77), не следует предусматривать сквозные отверстия с отношением длины к диаметру более 10 ($l:d > 10$), т. к. требуются специальные сверла.

13. Глубина глухих отверстий не должна превышать шести диаметров; для глухих отверстий, подвергаемых чистовой обработке следует указать ее длину, т. к. по всей длине трудно достичь шероховатости.

14. Глубина резьбы в глухих отверстиях должна быть согласована с размерами рабочей части метчика, не рекомендуется назначать резьбы длиной более 3-х диаметров, т. к. при этом затрудняется свинчиваемость деталей.

15. Конструкции деталей должны обеспечивать минимальную деформацию при термообработке.

16. Детали, обрабатываемые на станках токарной группы должны иметь максимальное число поверхностей вращения и минимальное число изменений диаметра сечения.

17. Детали, обрабатываемые на протяжных станках, должны иметь равномерную жесткость по длине и достаточную прочность.

18. При обработке на станках с ЧПУ к конструкции обрабатываемых деталей предъявляют менее жесткие требования (например, сложные, фасонные, контурные и объемные поверхности можно получить без особых трудностей).

Технологичность валов

В механизмах сельскохозяйственных, транспортных и технологических машин, колесных и гусеничных машинах применяют валы различной конструктивной формы: бесступенчатые (гладкие), ступенчатые с прямой геометрической осью, коленчатые, эксцентриковые (кулачковые), кривошипы, поворотные кулаки и др.

Наибольшее распространение в этих машинах (60 – 70 % общего количества) получили ступенчатые валы средних размеров (диаметром 25...125 мм, длиной до 250 мм) – шлицевые с глухим или сквозным центральным от-

верстием. Шлицевые валы изготавливают в основном с закрытыми шлицами прямобочного или эвольвентного профиля.

Несмотря на разнообразие форм и размеров валов необходимо учитывать следующие требования, обуславливающие их технологичность.

1. Достаточная жесткость. Конструкция вала считается жесткой при отношении длины к диаметру (l/d) не более 10...12. В противном случае токарная обработка вала требует применения дополнительных опор – люнетов, что увеличивает трудоемкость. В зависимости от отношения длины к диаметру валы закрепляются при обработке в патроне ($l:d \leq 5$), в центрах ($l:d \leq 10$) или в центрах с люнетом ($l/d > 10...12$).

2. Наличие постоянных технологических баз (центровые отверстия). Это позволяет повысить точность и сократить трудоемкость обработки соосных ступенчатых поверхностей. Форма и размеры центровых отверстий должны соответствовать ГОСТ 14034–74 (табл. 1).

3. Предусматривать стандартные канавки для выхода шлифовального круга. Форма и размеры канавок должны соответствовать ГОСТ 8820–69 (табл. 2).

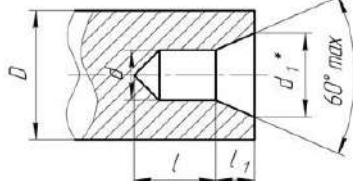
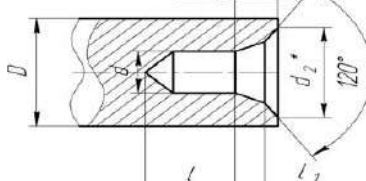
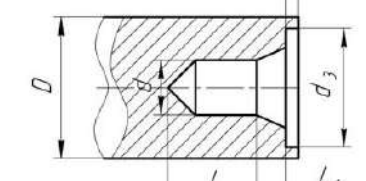
4. Для сокращения числа типоразмеров канавочных резцов канавки выполнять по возможности одинаковыми.

5. Ступени должны быть с минимальными перепадами диаметров, убывающие или возрастающие. Желательна симметричность.

6. Ступени по возможности должны иметь одинаковую или кратную длину для обеспечения возможности многоинструментальной обработки. Конические переходы между ступенями вала и фаски следует назначать под обработку с учетом стандартных токарных проходных резцов с главным уклоном в плане ϕ равным 30, 45, 60 и 90°. При больших перепадах применять высадку головок или составные конструкции для уменьшения объема обработки резанием и расхода металла.

7. У гладких длинных валов вместо ступени при необходимости упорных уступов, буртов устанавливать разжимные пружинные кольца. В этом случае бурт заменяется канавкой.

Таблица 1-Формы и размеры центровых отверстий (из ГОСТ 14034–74)

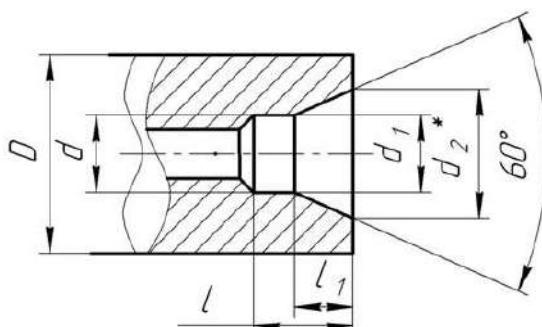
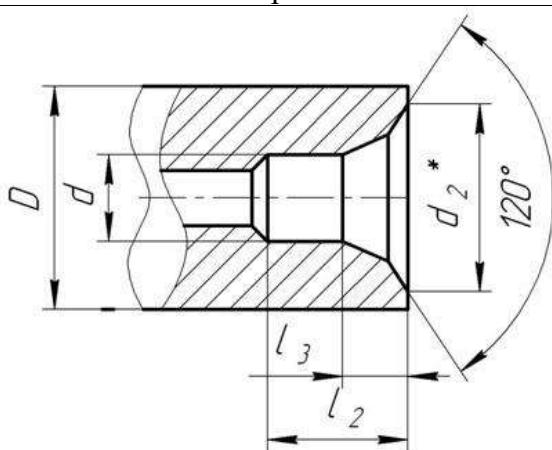
Форма А		Форма В		Форма Т		
						
1. В изделиях после обработки которых необходимость в центровых отверстиях отпадает. 2. В изделиях, которые подвергаются термообработке до твердости, гарантирующей сохранность центровых отверстий в процессе эксплуатации.		В изделиях, в которых центровые отверстия являются базой для повторного и многократного использования, а также в случаях, когда центровые отверстия сохраняться в готовых изделиях.		Для оправок и калибров		
Размеры центровых отверстий, мм						
D	d	d1	d2	l, не менее	l1	l2
до 6	1,6	3,35	5,0	2,0	1,52	1,99
6 - 10	2,0	4,25	6,3	2,5	1,95	2,54
10 - 14	2,5	5,30	8,0	3,1	2,42	3,20
14 - 20	3,15	6,70	10,0	3,9	3,07	4,03
20 - 30	4,0	8,50	12,5	5,0	3,90	5,06
30 - 40	5,0	10,60	16,0	6,3	4,85	6,41
40 - 60	6,3	13,20	18,0	8,0	5,98	7,36
60 - 80	8,0	17,00	22,4	10,1	7,79	9,35
80 - 100	10,0	21,20	28,0	12,8	9,70	11,66
100 - 120	12,0	25,40	33,0	14,6	11,60	13,80
120 - 160	16,0	33,90	42,5	19,2	15,50	18,00
Условное обозначение отверстия для вала Ø 30 мм (диаметр центровочного отверстия Ø 4 мм)						
Отв. 4 А ГОСТ 14034–74		Отв. 4 В ГОСТ 14034–74		Отв. 4 Т ГОСТ 14034–74		

1. У длинных нежестких валов предусматривать резьбовое отверстие для обеспечения транспортировки, термообработки и хра-

нения в подвешенном состоянии.

2. Крупные валы необходимо выполнять полыми.
3. Целесообразная простановка продольных размеров облегчает наладку станка и сокращает трудоемкость обработки.
4. Наличие радиусов закруглений между ступенями повышает стойкость инструмента.
5. Форма и размеры выхода внутренних и наружных резьб должны соответствовать ГОСТ 10549–80 (недорез резьбы $\approx 3P$; сбег резьбы $\approx 2,5P$; проточка канавки под выход инструмента $\approx 5P$, где P – шаг резьбы).
6. Непрерывность шлифуемых поверхностей (постоянная длина образующей). Это обеспечивает более высокую точность формы, так как площадь контакта детали, а, следовательно, давления шлифовального круга – постоянны.
7. Наличие фасок в деталях (особенно из хрупких материалов). Это предотвращает выкрашивание кромок шлифовального круга при шлифовании.

Продолжение таблицы 1

Форма F					Форма H				
									
Метрическая резьба без предохранительного конуса					Метрическая резьба с предохранительным конусом				
В изделиях типа валов с креплением деталей по центру вниз для монтажных работ, транспортирования, хранения и термообработки деталей в вертикальном положении.									
D для форм		d	d ₁	d ₂	d ₃	l, не более	l ₁	l ₂ , не более	l ₃
F	H								
8	—	M3	3.2	5.0	—	2.8	1.56	—	—

10	16	M4	4,3	6,5	8,2	3,5	1,90	4,0	2,4
12,5	20	M5	5,3	8,0	11,4	4,5	2,30	5,5	3,3
16	25	M6	6,4	10,0	13,3	5,5	3,00	6,5	4,0
20	32	M8	8,4	12,5	16,0	7,0	3,50	8,0	4,5
25	40	M10	11,0	15,6	19,8	9,0	4,00	10,2	5,2
32	50	M12	13,0	18,0	22,0	10,0	4,30	11,2	5,5
40	63	M16	17,0	22,8	28,7	11,0	5,00	12,5	6,5
63	80	M20	21,0	28,0	33,0	12,5	6,00	14,0	7,5
100		M24	25,0	36,0	43,0	14,0	9,50	16,0	11,5
160		M30	31,0	44,8	51,8	18,0	12,00	20,0	14,0

Условное обозначение отверстия для вала Ø 32 мм (диаметр центровочного отверстия М 12)

Отв. М 12 F ГОСТ 14034–74

Отв. М 12 H ГОСТ 14034–74

Основные размеры временных «ложных» центровых отверстий, мм

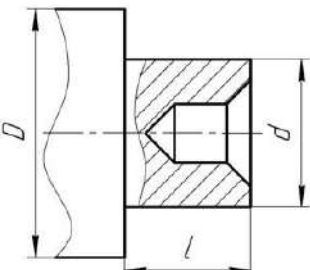
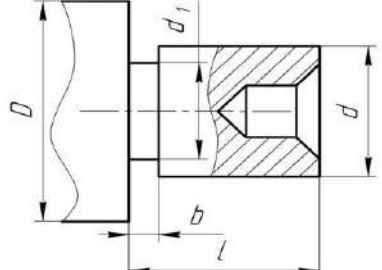
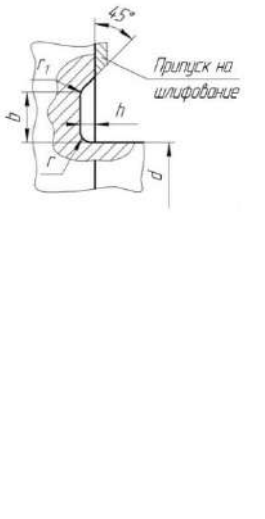
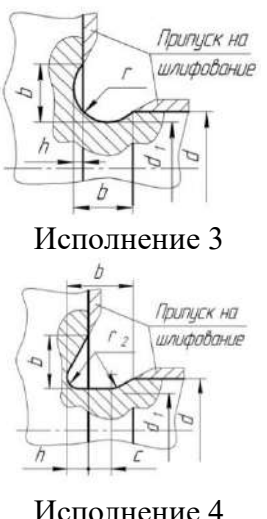
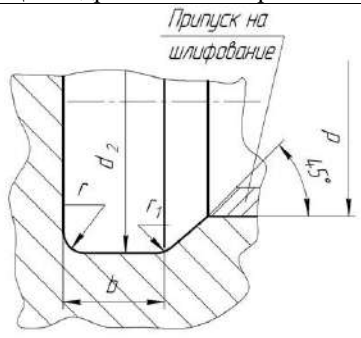
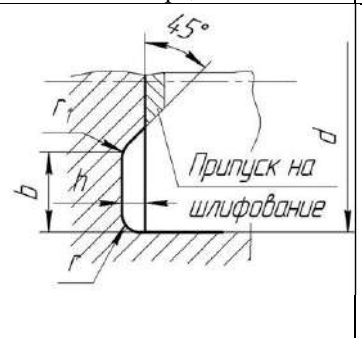
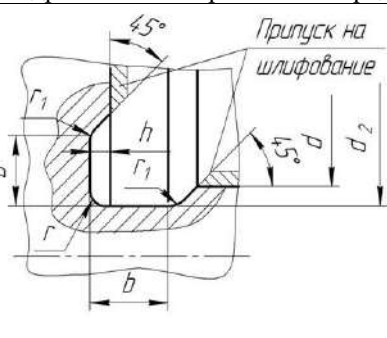
					
Диаметр заготовки D	Диаметр d уступа под центровое отверстие	l	l_1	b	d_1
от 2 – 3,5	2,0	2-2.5	3.5-4.0	1.5	–
3,5 – 5,0	3.5	3.0-4.0	5.0-5.5	1.5	2.5
5,0 – 6,5	4	4.0-5.5	6.0-5.5	2.0	2.5
6,5 – 10,0	6.5	5.0-5.5	7.0-7.5	2.0	2.5
10 – 18	8	6.0-7.5	8.0-9.0	2.0	5.0
18 – 30	10	8.0-9.0	11.0-12.0	3.0	5.0
30 – 50	12	10.0-11.0	14.0-15.0	4.0	7.0
50 – 80	15	12.0-13.0	16.0-17.0	4.0	10.0
80 – 120	20	15.0-16.0	19.0-20.0	4.0	12.0
120 – 180	25	18.0-19.0	22.0-23.0	4.0	15.0

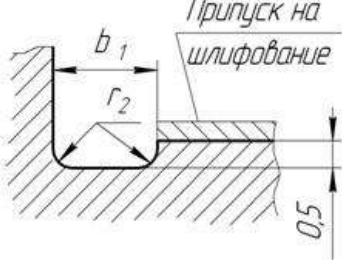
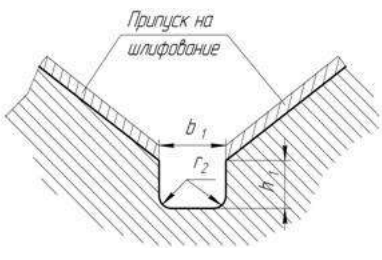
Таблица 2 - Форма и размеры канавок для выхода шлифовального круга
(из ГОСТ 8820–69)

Наружное шлифование			
Цилиндрической поверхности	Торца		Цилиндрической поверхности и торца

								
Внутреннее шлифование								
Цилиндрической поверхности	Торца		Цилиндрической поверхности и торца					
								
Размеры канавок для выхода шлифовального круга, мм								
Диаметр			Ширина канавки (b) для исполнений			Глубина канавки (h)	Радиус закругления	
общий (ориентировочный) (d)	при наружном шлифовании (d1)	при внутреннем шлифовании (d2)	1	2	3		r	r1
до 10	d – 0,3	d + 0,3	1,0	1,0	-	0,2	0,3	0,2
			1,6	1,6	-		0,5	0,3
10 – 50	d – 0,5	d + 0,5	2,0	2,0	-	0,3	0,5	0,3
			3,0	3,0	1,5		1,0	0,5
50 – 100	d – 1,0	d + 1,0	5,0	5,0	2,2	0,5	1,6	0,5
					5			
более 100			8,0	8,0	2,8		2,0	1,0
			10,0	10,0	5,0		3,0	1,0
Исполнение 4	d1	b	h		b1	c	r1	
до 10	d – 0,2	1,1	0,1		0,5	0,8	0,2	
10 – 50	d – 0,4	2,2	0,2		1,0	1,5	0,4	
50 – 100	d – 0,6	4,3	0,3		1,5	3,3	0,6	
более 100	d – 0,8	6,4	0,4		2,3	5,0	1,0	

8. Заменять переходные поверхности фасками.
9. Не рекомендуются кольцевые канавки на торцах, особенно со стороны стержня, так как они трудоемки в работе.
10. При наличии нескольких шпоночных пазов на разных ступенях выполнять их на одной линии с одинаковой шириной.
11. Глубина и ширина шпоночных канавок должна соответствовать размерам стандартных шпоночных фрез. Предпочтительны шпоночные канавки, обрабатываемые дисковыми, а не концевыми фрезами.

Таблица 3 - Форма и размеры канавок для выхода шлифовального круга при плоском шлифовании (из ГОСТ 8820–69)

Исполнение 1	b_1	h_1	Исполнение 2	r_2
	2,0	1,6		0,5
	3,0	2,0		1,0
	5,0	3,0		1,6

ПРИМЕР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ

Деталь – Вал-шестерня (рис. 1), изготавливается из легированной стали 18ХГТ ГОСТ 4543–71 ($C=0,17...0,23\%$; $Si=0,17...0,37\%$; $Mn=0,80...1,10\%$; $Cr=1,00...1,30\%$; $Ti=0,03...0,09\%$; $S=0,035\%$; $P=0,035\%$; $Ni=0,30\%$; $HB\ 157-207$) и проходит термическую обработку. Термическая обработка сталей с процентным содержанием углерода менее $0,25\%$ требует химико-термической обработки. В связи с тем, что поверхностная твердость по длине детали различна, то наряду с цементацией и непрерывной закалкой необходимо осуществить поверхностную закалку с нагревом токами высокой частоты (ТВЧ).

Деталь правильной геометрической формы с габаритными размерами $\varnothing 105 \times 267$ и односторонним расположением ступеней $\varnothing 51$, $\varnothing 60$, $\varnothing 65$ k6, $\varnothing 80$ k6, $\varnothing 105$; имеет центральное отверстие $\varnothing 48 \times 70$, $\varnothing 58$ H7 $\times 25$.

В соответствии с технологическим классификатором рассматриваемая деталь Вал-шестерня относится к классу валов с фланцами.

Деталь обладает достаточной жесткостью, что позволяет назначить рекомендуемые в справочной литературе режимы резания.

Деталь вал-шестерня имеет зубчатый венец ($m=3,5$ мм; $Z=28$), на $\varnothing 60$ шлицы ($m=4,5$ мм; $Z=12$), на $\varnothing 80$ шлицы ($m=5$ мм; $Z=14$), которые соответствуют размерам, предусмотренные ГОСТ 6033–80.

Технические требования:

- радиальное биение $\varnothing 80$ k6, $\varnothing 58$ H7 относительно общей оси не более 0,05 мм; это обеспечивается обработкой с одной установочной базы, которой будут являться центровые отверстия;

- твердость поверхности детали $HRC_{\varnothing} 52-62$ обеспечивается цементацией с последующей непрерывной закалкой в печи и закалкой зубчатых венцов ТВЧ до твердости $HRC_{\varnothing} 56-62$;

- твердость поверхности торца A на диаметре 90 мм и трех отверстий $M 12$ (вид К) в состоянии поставки обеспечивается построением технологического процесса обработки отверстий после цементации перед закалкой, оставлением припуска на глубину цементации (1,8...2,4 мм) на диаметре 90 мм и последующего его снятия после цементации перед закалкой;

- шероховатость поверхностей: наименьшая $Ra = 1,25$ на $\varnothing 80$ k6 и $\varnothing 65$ k6 обеспечивается после закалки – только наружным круглым шлифованием ($HRC > 40$); шероховатость $Ra = 2,5$ на $\varnothing 51$ и $\varnothing 58$ H7 обеспечивается шлифованием; внутренний диаметр шлицевой поверхности (сечение Б-Б – $\varnothing 70$) с параметрами шероховатости $Ra=1,25$ обеспечивается шлифованием.

Деталь имеет две шлицевые поверхности ($m = 4,5$; $z = 12$ и $m = 5$; $z = 14$) и зубчатый венец ($m = 3,5$; $z = 28$) срезанными через один зуб и зубозакруглением $R7$ (вид В). Шлицевые поверхности могут быть обработаны дисковыми модульными или червячными фрезами диаметром не более 80 мм ($R_{40 \max}$).

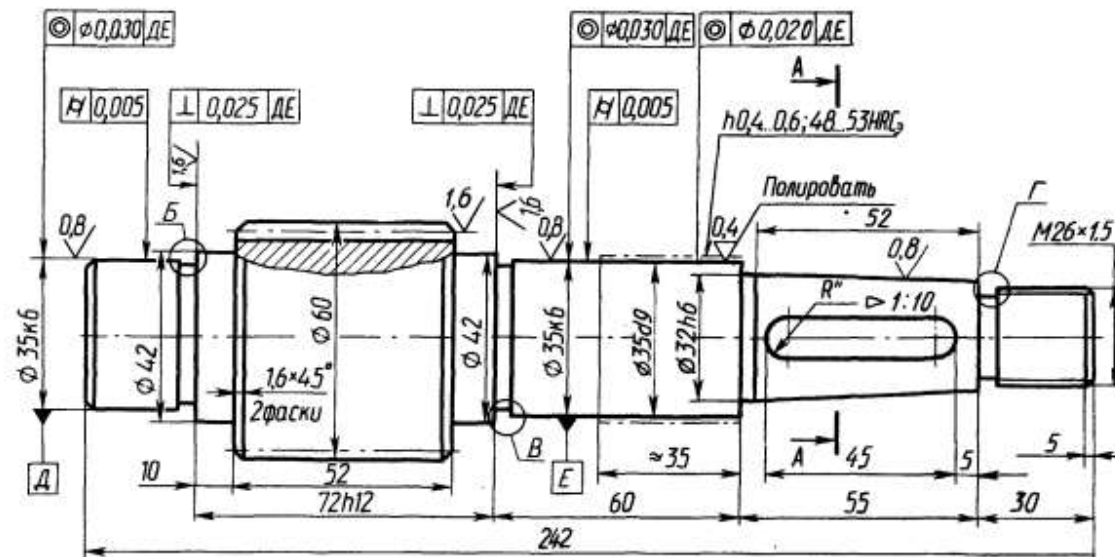
Центральное отверстие ступенчатое: отверстие $\varnothing 48 \times 70$ и $\varnothing 58H7 \times 25$ мм; для выхода инструмента (шлифовального круга) предусмотрена канавка $b=5$. Механическая обработка ее затруднительна, так как эта поверхность расположена внутри детали и, следовательно, нет свободного доступа и выхода инструмента. Остальные обрабатываемые поверхности с точки зрения точности и шероховатости не представляют значительных технологических трудностей, имеют хорошие базовые поверхности для первоначальных операций и довольно просты по конструкции. Поверхности вращения могут быть обработаны на многорезцовых или револьверных станках.

Типовой технологический процесс изготовления деталей класса валов с фланцами рекомендует следующий маршрут обработки: вначале обрабатывают поверхности принятые за установочные базы – обработка отверстия и фаски с углом 30° , зацентровка второго торца. Токарная (черновая и чистовая) обработка за два установа в центрах. Сверление отверстия и нарезание резьбы. Шлице- и зубообработка. Химико-термическая обработка. Шлифование и окончательная обработка шлицев и зубьев.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

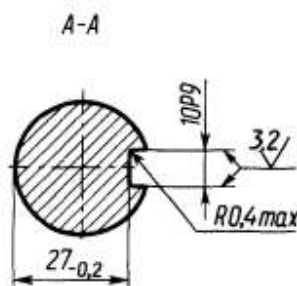
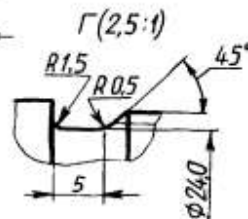
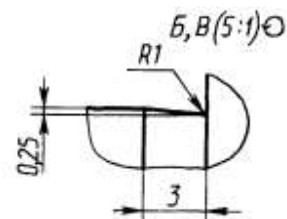
1. Выполните анализ технологичности конструкции валов, представленных на рисунках.

Деталь. **Шлицевой вал**. Материал – Сталь 40 ХМ



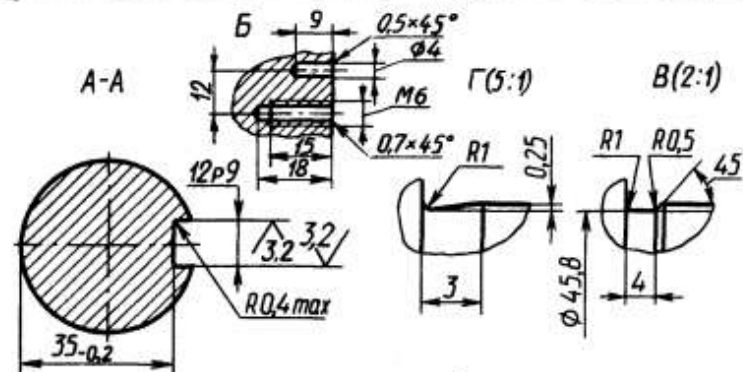
6.3 $\sqrt{(\vee)}$

Модуль	m	2
Число зубьев	z ₁	28
Угол наклона	β	10°26'13"
Направление линии зуба	—	левое
Нормальный исходный контур		ГОСТ 13755-81
Коэффициент смещения исходного контура	x	0
Степень точности по ГОСТ 1643-81	—	8-B
Делительный диаметр	d ₁	56
Обозначение чертежа сопряженного зубчатого колеса		АБВГ.7214.В2.079



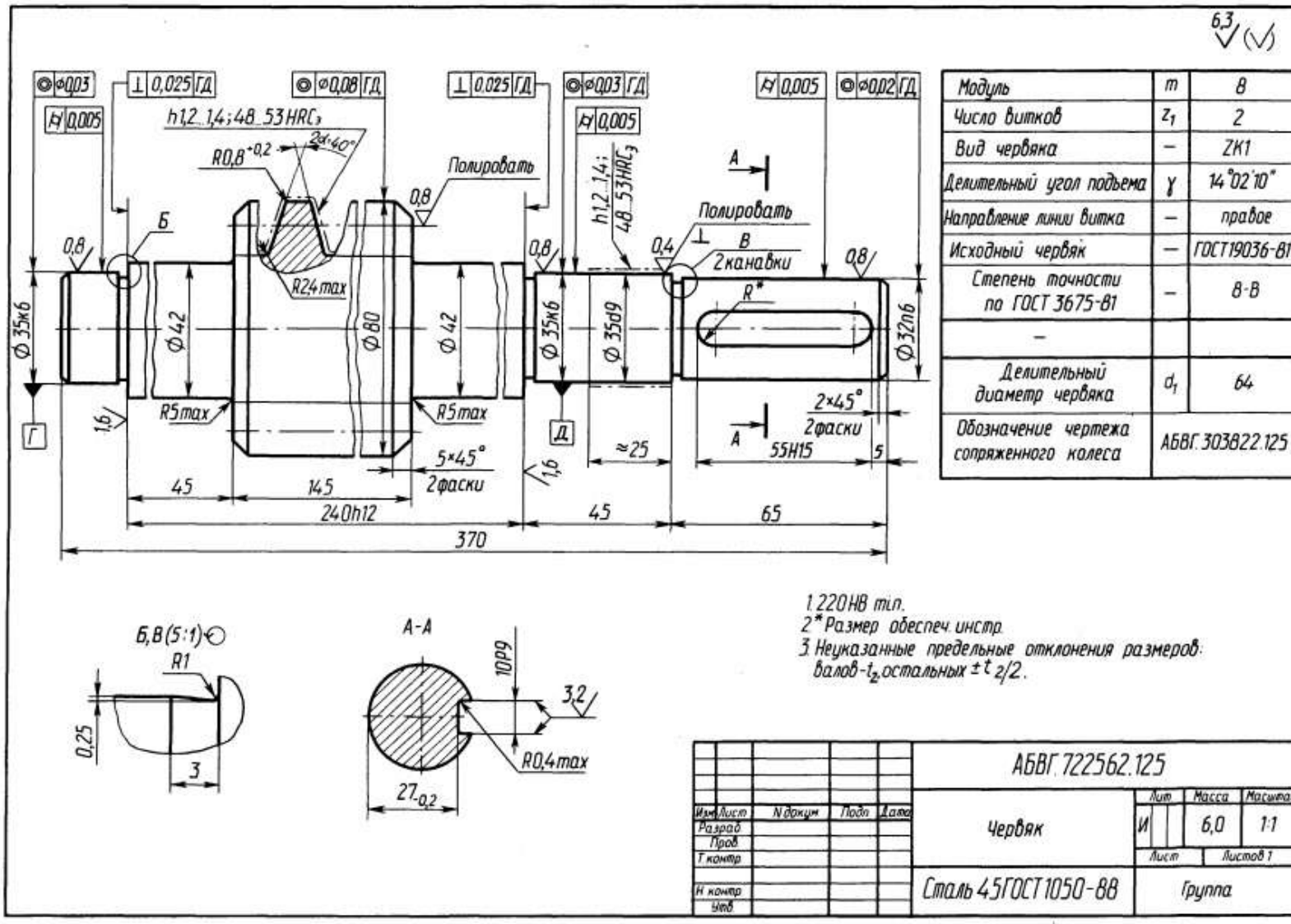
1. 220 HB min.
 2. *Размер обеспеч. инстр.
 3. Радиусы скруглений 2 мм max.
 4. Неуказанные предельные отклонения размеров:
 валов — t_2 , остальных $\pm t_2/2$.

					АБВГ.7214.22.079			
Изм. Лист Разраб. Пров. Т. контр.	И	Лист	Масса	Масштаб	Вал - шестерня			
					Лист		Листов 1	
					Н контр. Удт	Сталь 45 ГОСТ 1050-88		



1. 220НВ тп.
2* Размеры для справок.
3** Размер обеспеч. инстр.
4 Радиусы скруглений 2мм тах.
5 Неуказанные предельные отклонения размеров:
валов- t_2 , остальных $\pm t_2/2$.

						АБВГ 722412.140			
							Лист	Масса	Масштаб
Изм	Лист	Издан	Подп	Дата	Вал - шестерня	И		5,5	1:1
Разраб									
Проб									
1 контр							Лист		Листов 1
И контр					Сталь 45 ГОСТ 1050-88				Группа
Утв									



2. Выполните чертеж вала. Оформите отчет.
3. Какие Вы знаете общие требования к технологичности формы детали?
4. Какие Вы знаете требования, обуславливающие технологичность валов?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Некрасов, С.С. Практикум и курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения. – М.: Мир, 2004. – 240 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ВТУЛОК, ЦИЛИНДРОВ, ДИСКОВ, ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС, КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Цель: научиться проводить анализ технологичности конструкции деталей.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: требования к технологичности конструкции изделия и детали; технологичность втулок и цилиндров, дисков и барабанов; технологичность зубчатых колес, корпусных деталей; особенности технологичности конструкций деталей, подвергаемых термической и химико-термической обработке.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: формулировать основные технологические задачи, которые необходимо решать при обработке детали, проводить анализ технологичности конструкции деталей машин.

Актуальность темы: в настоящее время обеспечение технологичности принято относить к наиболее трудноформализуемым задачам технологической подготовки производства. Для их решения нет строгих формальных методик. Результат решения в значительной мере зависит от опыта, знаний и

творческой интуиции формирующих его специалистов. Отработка изделия на технологичность - сложная задача, при решении которой конструктор должен не только обеспечить высокий технический уровень и эксплуатационные качества создаваемого изделия, но и в полной мере учесть требования производства, то есть обеспечить его производственную технологичность.

При технологическом контроле чертежей проверяют, содержит ли чертеж все сведения о детали: необходимые проекции, разрезы и сечения, размеры с допусками, требования к точности формы и взаимного расположения, требования к качеству поверхности. Отработку конструкции детали на технологичность проводят в соответствии с общими правилами, установленными ГОСТ 14.201–83.

Анализ технологичности конструкции изделия направлен на повышение производительности труда, снижения затрат и сокращение времени на технологическую подготовку производства (ТПП).

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Технологичность втулок и цилиндров

С конструктивной точки зрения втулки и цилиндры характеризуются наличием нескольких концентрично расположенных внутренних и наружных поверхностей. Эти детали можно условно разделить на три группы.

К *первой группе* относятся втулки, имеющие ряд концентричных внутренних и наружных поверхностей (кондукторные, направляющие и упорные втулки; упорные втулки ступицы заднего колеса, втулки балансиров, цапф, гусеничных траков, конусы синхронизаторов и др.). Наиболее распространены втулки с отношением $L/D \leq 2$ (здесь L - длина; D - внешний наибольший диаметр).

Ко *второй группе* можно отнести гидроцилиндры, цилиндры гидроамортизаторов, телескопические цилиндры и плунжеры опрокидывающих меха-

низмов, и другие, как правило, тонкостенные, длина которых значительно превышает диаметр.

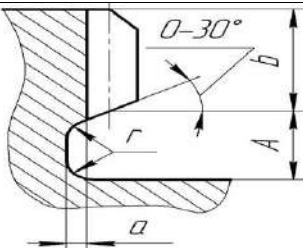
К *третьей группе* можно отнести втулки и цилиндры имеющие сложную наружную поверхность, например цилиндры тормозной системы автомобиля.

При конструктивном оформлении втулок и цилиндров необходимо учитывать следующие требования, обуславливающих их технологичность.

1. Простая конфигурация и достаточная жесткость.
2. С целью обеспечения соосности основных цилиндрических поверхностей конструкция втулок должна быть такой, чтобы обработка всех их внутренних поверхностей производилась с одной стороны при неизменном закреплении заготовки.
3. Нежелательны выточки на обрабатываемых с высокой точностью внутренних поверхностях втулки. Предпочтение следует отдавать втулкам, имеющим сквозные отверстия.
4. Если ступенчатые отверстия или наружные поверхности втулки должны выполняться с высокой точностью, то для выхода инструмента следует предусматривать канавки (ГОСТ 8820–69) (см. табл. 2, 3 в работе 2).
5. Конструкция отверстия с резьбой должна давать возможность работать резьбовым инструментом на проход. Поэтому они должны иметь канавки для выхода инструмента. Это обеспечивает улучшение условий работы инструмента и повышение качества резьбы.
6. Образование шлицев и пазов в глухих отверстиях затруднено, поэтому отверстия с пазами и шлифами желательно выполнять сквозными, что позволяет использовать высокопроизводительное протягивание.
7. При невозможности применения втулок со сквозными шлицами или пазами следует предусматривать канавки для выхода долбяка или резца в соответствии с ГОСТ 14775–81 (табл. 1).

8. С целью упрощения конструкции режущего инструмента и повышения его стойкости, упрощения процесса обработки следует избегать глубоких шлицевых отверстий и пазов.

Таблица 1 - Размеры канавок для выхода долбяка, мм, (из ГОСТ 14775–81)

					
Ширина зубчатого венца, <i>b</i>	<i>A</i> , не менее	<i>a</i> , не менее		<i>r</i> , не менее	
		зубчатые колеса	шлицевые венцы	зубчатые колеса	шлицевые венцы
До 10	1,0	0,5	0,25	0,40	0,20
10 – 15	1,5				
15 – 20	2,0				
20 – 25	2,5				
25 – 30					
30 – 35					
35 – 40	3,0	1,0	1,0	1,0	
40 – 45	3,5				
45 – 50	4,0				
50 – 55	4,5	2,0			
55 – 60	5,0				
60 – 65	5,5	2,0	1,0	1,0	1,0
65 – 70					
70 – 75					
75 – 80	6,0				
80 – 90	7,0				
90 – 100	8,0	3,0	1,6	1,6	1,6

Технологичность дисков и барабанов

Характерной особенностью деталей, относящихся к дискам, является малая высота по сравнению с диаметром: $h=0,5D$ (здесь D –диаметр наружной поверхности детали).

В технологических и транспортных машинах типичными представителями таких деталей являются: ведущие и направляющие колеса, опорные и поддерживающие катки, тормозные барабаны фрикционных механизмов, кольца включения фрикционных дисковых тормозов, диски фрикционов, уплотнительные кольца, кольца опорных и поворотных подшипников и др.

Детали, относящиеся к группе барабаны (ступицы), характеризуются большей высотой $h = (0,5 - 1,0)D$. К этим деталям относятся ступицы колес колесных машин, направляющие (поддерживающие) катки и ролики гусеничных машин и др.

Технологичность зубчатых колес

Зубчатые колеса сельскохозяйственных, транспортных и технологических машин работают в весьма тяжелых условиях переменных и ударных нагрузок. Силовые трансмиссии агрегатов передают значительные крутящие моменты, создавая нагрузки до 1000 Н на 1 мм длины зуба. Окружные скорости зубчатых колес достигают 25 м/с и более, что требует высокой точности их изготовления. Зубчатые колеса являются ответственными деталями машин, определяющими их надежность и долговечность, поэтому к их конструкции, материалу и процессу изготовления предъявляются жесткие требования.

Наиболее часто встречающиеся разновидности зубчатых колес можно разделить на ряд типов.

Цилиндрические одновенцовые зубчатые колеса диаметром до 300 мм: с отверстием без выточки и плоскими обработанными торцами; с выточками в отверстиях или в торцах; со ступицей.

Цилиндрические многовенцовые с выточками в отверстиях, многовенцовые блочные.

Конические зубчатые колеса бывают со ступицей и венцовые.

Червячные зубчатые колеса выполняют цельными (для малых диаметров червячных пар) и в виде венцов.

При конструктивном оформлении зубчатых колес необходимо учитывать следующие требования, обуславливающие их технологичность.

1. Простая конфигурация. Это обеспечивает многоместную обработку при зубонарезании (типа плоских дисков).

2. Многовенцовые колеса должны иметь достаточное расстояние между венцами для обеспечения выхода фрез и шлифовальных кругов. При невозможности обеспечения этого требования желательно многовенцовые зубчатые колеса делать составными с целью применения высокопроизводительных методов обработки с заданной точностью.

3. Конструкция одновенцовых колес должна предусматривать смещение венца к одному торцу, что обеспечивает минимальную металлоемкость и возможность одновременного нарезания зубьев у двух колес.

4. Конфигурация колеса должна предусматривать минимальную деформацию при термообработке.

5. Предусматривать канавки для выхода долбяков, гребенок и червячных фрез при нарезании шевронных колес (см. табл. 4).

6. Точность базирующих поверхностей (торцы, отверстия, шейки) должна соответствовать точности зубчатых венцов.

7. Длина шлицевых отверстий должна соответствовать геометрическим параметрам протяжек.

Технологичность корпусных деталей

Конструктивные особенности. Корпусные детали транспортных и технологических машин служат для размещения отдельных узлов, механизмов и др. Наиболее распространенной группой деталей в машинах являются корпуса средних размеров сложной коробчатой формы.

Для корпусных деталей характерно наличие систем точно расположенных основных отверстий, координированных между собой и относительно плоскостей, систем крепежных и других мелких отверстий. Для корпусных деталей коробчатого типа характерно наличие развитых плоских поверхностей и основных отверстий в нескольких осях. Эти детали часто выполняются разъемными в диаметральной плоскости основных отверстий (например, корпуса коробок передач гусеничных машин) или с отъемной крышкой, на

которой монтируют вторую опору вала (например, корпуса раздаточных коробок колесных машин). У деталей фланцевого типа плоские поверхности обычно являются торцевыми поверхностями основных отверстий и имеют выточки или выступы.

При конструировании корпусных деталей должны быть обеспечена их технологичность.

1. Жесткость и виброустойчивость конструкции при обработке.
2. Наличие надежных технологических баз и мест для закрепления.
3. Обрабатываемые плоскости располагать на одном уровне с одинаковой точностью и шероховатостью.
4. Ширину обрабатываемых поверхностей увязывать с нормальным рядом диаметров торцевых или длин цилиндрических фрез.
5. Четкое разграничение обрабатываемых и необрабатываемых поверхностей.
6. Предпочтительна обработка плоскостей на проход. Для этого обрабатываемые поверхности располагать выше примыкающих элементов.
7. Унификация радиусов сопряжения элементов детали для сокращения числа типоразмеров и смен инструмента.
8. Размещать поверхности, подвергаемые обработке, с одной стороны детали для сокращения трудоемкости обработки за счет уменьшения числа установов детали.
9. Простановка размеров от одной технологической базы для обеспечения возможности обработки поверхностей детали с одного установа и упрощения настройки станка.
10. Перпендикулярность отверстий к плоскости общего торца для снижения поверхностей.
11. Унификация радиусов сопряжения элементов детали для сокращения числа типоразмеров и смен инструмента.

12. Крепежные отверстия располагать на расстоянии, достаточном для использования кондукторов и многошпиндельных головок.
13. Перепад размеров у отверстий в стенках, лежащих на одной линии, и их расположение должны обеспечить возможность многоинструментальной обработки.
14. Предусматривать элементы при обработке отверстий, не допускающие входа и выхода инструмента под углом.
15. Избегать отверстий с плоским дном.
16. Избегать глухих отверстий (гладких и резьбовых). Конфигурация глухих отверстий должна быть увязана с конструкцией применяемого инструмента (зенкера, развертки), имеющего коническую заборную часть.
17. У глухих резьбовых отверстий предусматривать запас длины на сбег резьбы для размещения метчиков и стружки.
18. В резьбовых отверстиях предусматривать заходную фаску.
19. Избегать глубоких отверстий (отношение длины к диаметру более пяти).
20. Избегать применения резьб малого диаметра (до 6 мм) в крупных деталях из-за возможности поломки метчиков и их быстрого изнашивания.
21. В отверстиях, расположенных в стенках, вместо ступеней устанавливать пружинные разрезные кольца. При этом вместо ступени выполняется канавка, что уменьшает трудоемкость обработки.
22. Избегать глухих отверстий, пересекающихся с внутренними полостями. Заменять их сквозными отверстиями с заглушкой.
23. У дна точных глухих отверстий предусматривать канавку выхода инструмента.
24. У длинных точных отверстий для сокращения обработки вместо выточек, получаемых резанием, выполнять литые выемки.

Особенности технологичности конструкций деталей, подвергаемых термической и химико-термической обработке

1. Простые геометрические формы и симметричная конфигурация без острых граней, тонких перемычек и резких переходов в сечениях.
2. Перед термообработкой на деталях нежелательно иметь прорезы, отверстия и канавки, в зоне которых могут возникнуть напряжения и трещины.
3. Шероховатость поверхностей деталей, подвергаемых закалке, должна быть не ниже $Ra = 10$ мкм, так как при большей шероховатости возможно образование трещин и разрушение детали.
4. В деталях, закаливаемых с помощью ТВЧ, толщина закаленного слоя должна быть больше глубины имеющихся кольцевых выточек, иначе предел выносливости деталей снижается, и они могут разрушиться по выточке.
5. Избегать выхода закаленного слоя в нагруженную зону детали, так как при этом суммируются напряжения, возникающие при работе детали, с напряжениями в закаленном слое.
6. Для предупреждения оплавления кромок на торцах деталей и в отверстиях следует предусматривать фаски.
7. Резьбы на деталях, подвергаемых химико-термической обработке, не каливать, так как они получаются хрупкими с повышенной твердостью.
8. В опасных зонах (тонкие стенки и перегородки) следует назначать местную химико-термическую обработку для предупреждения трещин при закалке.
9. Детали, склонные к короблению, выполнять из легированных сталей, закаливающихся в масле или на воздухе.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. По заданию преподавателя выполните анализ технологичности конструкции детали.

2. Какие Вы знаете требования, обуславливающие технологичность втулок и цилиндров?

3. Какие Вы знаете требования, обуславливающие технологичность зубчатых колес?

4. Какие Вы знаете требования, обуславливающие технологичность корпусных деталей?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Некрасов, С.С. Практикум и курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения. – М.: Мир, 2004. – 240 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6

ВЫБОР ЗАГОТОВОК И СПОСОБОВ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Цель: изучить методы и способы получения заготовок.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: факторы, влияющие на выбор вида и способа получения заготовок, методы и способы получения заготовок, характеристики заготовок.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определять размеры и массу заготовок, определять и назначать припуски и допуски на заготовки

Актуальность темы: Современные производственные процессы характеризуются высокопроизводительной переработкой материалов, энергии и информации. В связи с этим большую значимость приобретает экономия материальных и энергетических ресурсов. В машиностроении экономное ис-

пользование материальных ресурсов в значительной степени определяется выбранным методом и способом получения заготовок деталей машин.

В машиностроении существует большое количество способов получения заготовок для деталей машин. Это многообразие, с одной стороны, дает возможность существенно повысить эксплуатационные характеристики машин и механизмов за счет использования, а в некоторых случаях и улучшения свойств исходного материала, с другой – создает большие трудности при выборе рационального и экономичного способа получения заготовки.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Способ получения заготовок деталей машин определяется назначением и конструкцией детали, её материалом, техническими требованиями, объемом выпуска продукции и типом производства, а также экономичностью изготовления.

При выборе заготовки необходимо решать следующие задачи:

- установить способ получения заготовки;
- рассчитать припуски на обработку каждой поверхности;
- рассчитать размеры и указать допуски на заготовку;
- разработать чертеж заготовки.

Выбор заготовки можно достаточно достоверно оценить по:

– коэффициенту использования материала, как отношению массы детали к массе заготовки ($K = G_d / G_z$). При этом учитываются следующие рекомендации: в массовом производстве $K \geq 0,85$; в серийном производстве $K \geq 0,5 - 0,6$;

– минимальной величине приведенных затрат на изготовление детали по следующей формуле

$$Z = G_z \cdot C_z - G_o \cdot C_o \quad (1)$$

где G_z – масса заготовки, кг;

C_3 – цена заготовки, руб./кг, определяется по прейскурантам [17, 18, 19, 20, 21] с учетом индекса цен [27].

В учебных целях можно принять на 01.01.05 индекс цен на прокат 68,5;

G_O – масса реализуемых отходов, образующихся при механической обработке (стружка), кг, определяется как разность между массами заготовки и детали

$$G_O = G_3 - G_d; \quad (2)$$

C_O – цена реализуемых отходов, руб./кг, определяется по прейскуранту с учетом индекса цен;

В учебных целях можно принять:

– если деталь изготавливается литьем, то стоимость одной тонны стальной отливки равна 25560 руб., а чугуновой 27530 руб.;

– если деталь изготавливается из штампованной заготовки, то стоимость одной тонны поковки принимается: для поковок, получаемых на штамповочном молоте или механическом прессе, 20280 руб.; для поковок, получаемых на горизонтально-ковочной машине, 16370 руб.;

– заготовительные цены на одну тонну стружки, руб. (табл. 1)

Таблица 1 Заготовительные цены на одну тонну стружки черных и цветных металлов, руб.

Тип отходов	Цена, руб.
Стружка стальная и чугуновая	410,0
Лом и отходы легированной стали	800,0
Лом и отходы алюминиевых сплавов (стружка)	2100,0
Стружка цветных металлов на основе меди	5600,0
Лом и отходы оловянистой бронзы	6400,0

Если сопоставляемые варианты по технологической себестоимости оказываются равноценными, то предпочтение следует отдать варианту, имеющему более высокие основные показатели (коэффициент использования металла; трудоемкость изготовления заготовки; коэффициент использования оборудования и производственных площадей) [14, 30].

Выбор способа получения заготовок

Факторы, влияющие на выбор вида и способа получения заготовок

Выбрать заготовку – значить установить способ ее получения, рассчитать размеры, назначить припуски на обработку каждой поверхности и указать допуски на неточность изготовления.

На выбор способа получения заготовок влияют следующие факторы:

- технологическая характеристика материала, его свойства, определяющие возможность применения литья, пластической деформации, порошковой металлургии, сварки;
- конструктивная форма поверхностей и размеры детали, ее масса;
- наличие технологического оборудования, технические возможности заготовительных цехов предприятия или возможность получения прогрессивных заготовок от специализированных предприятий;
- социальные условия, т.е. безопасность работы, экологические факторы;
- суммарная себестоимость изготовления заготовки, изготовления из нее детали, сборки, транспортировки и эксплуатации изделия.

Методы и способы получения заготовок

Основными видами черных заготовок в зависимости от назначения деталей являются: отливки из черных и цветных металлов; кованные и штампованные заготовки; заготовки, штампованные из листового проката; заготовки из сортового и профильного проката; заготовки получаемые комбинированными способами; заготовки получаемые специальными способами; заготовки из неметаллических материалов.

Получение заготовок литьем. Литье является одним из наиболее распространенных методов формообразования. По сравнению с другими способами получения заготовок литье обладает рядом преимуществ:

- высокие коэффициенты использования металла и весовой точности;
- практически неограниченные габариты и масса отливок;

– возможность использования сплавов, не поддающихся пластическому деформированию.

Приблизительное соотношение материалов, применяемых для литья составляет: чугун - 80%; сталь - 15%; цветные сплавы - 5 %.

Для изготовления *отливок из чугуна* предусмотрены следующие *марки чугунов*:

серый чугун (ГОСТ 1412–85): СЧ 12; СЧ 15; СЧ 18; СЧ 21; СЧ 24; СЧ 28; СЧ 32; СЧ35; СЧ 38;

ковкий чугун (ГОСТ 1215–79): КЧ 30–6; КЧ 33–8; КЧ 35–10; КЧ 37–12; КЧ 45–6; КЧ 50–4; КЧ 56–4; КЧ 60–3; КЧ 63–2;

высокопрочный чугун (ГОСТ 7293–85) ВЧ 45–0; ВЧ 50–1,5; ВЧ 60–2; ВЧ 45–5; ВЧ 40–10;

антифрикционный чугун (ГОСТ 1585–85) АСЧ–1; АСЧ–2; АСЧ–3; АВЧ–1; АВЧ–2; АКЧ–1; АКЧ–2.

Для изготовления *отливок из стали* предусмотрены следующие *марки сталей* (ГОСТ 977–88):

конструкционные нелегированные: 15Л; 20Л; 25Л; 30Л; 35Л; 40Л; 45Л; 50Л.

конструкционные легированные: 20ГЛ; 35ГЛ; 20ГСЛ; 30ГСЛ; 20ФЛ; 20Г1ФЛ; 30ХГСФЛ; 45ФЛ; 32Х06Л; 40ХЛ; 20ХМЛ; 20ХМФЛ; 35ХМЛ; 30ХНМЛ; 35ХГСЛ; 35НГМЛ; 20ДХЛ

легированные со специальными свойствами: 20Х13Л; 15Х13Л; 15Х25ТЛ; 20Х5МЛ; 20Х8ВЛ.

Для изготовления *отливок из цветных металлов* предусмотрены следующие *марки*:

алюминиевые литейные сплавы: АЛ1; АЛ2; АЛ3; АЛ3В; АЛ4; АЛ4В; АЛ5; АЛ6; Л7; АЛ7В; АЛ8; АЛ9; АЛ9В; АЛ10; АЛ10В; АЛ11; АЛ12; АЛ13; АЛ15В; АЛ16В; АЛ17В; АЛ18В

магниевые литейные: Мл1; Мл2; Мл3; Мл4; Мл5; Мл6

медно-цинковые сплавы (латуни) ЛА67-2,5; ЛАЖМц66-6-3-2; ЛАЖ60-1-1Л; ЛК80-3Л; ЛКС80-3-3; ЛМцС58-2-2; ЛМцОС58-2-22; ЛМцЖ55-3-1; ЛМцЖ52-4-1; ЛС59-1Л

бронзы: Бр.ОЦСН 3-7-5-1; Бр.ОЦС 3-12-5; Бр.ОЦС 5-5-5; Бр.ОЦС 6-6-3; Бр.ОЦС 4-4-17; Бр.ОЦС 3,5-6-5

Отливки из черных и цветных металлов можно получить в песчаных, оболочковых и металлических формах, центробежным литьем, по выплавляемым и выжигаемым моделям и литьем под давлением. Точность литых заготовок находится в пределах 12 – 19-го квалитетов точности по ГОСТ 25347–82 и зависит от способа литья, формы и размеров отливок.

Способ получения заготовок *литьем в песчано-глинистые формы* вследствие своей универсальности применяется во всех типах производства. Этим способом производится около 80...85 % литых заготовок. Могут быть получены самые сложные отливки, практически неограниченных размеров. Отливки имеют равномерную структуру и характеризуются хорошей обрабатываемостью резанием. Литейные уклоны составляют: 1...3° - для деревянных моделей, 1...2° - для металлических моделей при ручной формовке, при машинной – 0,5...1°. Минимальная толщина стенок отливки зависит от ее размеров и материала. Для чугунных отливок, имеющих габаритный размер до 250 мм, толщина стенок составляет 3 – 5 мм, а для стальных отливок – 5 – 8 мм.

Способом *литья в оболочковые формы* изготавливают сложные, повышенной точности заготовки из чугуна, стали и цветных металлов весом до 25...30 кг. Этот способ дает возможность получать стальные литые заготовки с толщиной стенок 3 – 5 мм и с литыми отверстиями диаметром до 8 мм и глубиной до 20 мм.

Мелкие и средние заготовки в единичном и мелкосерийном производстве отливают в формы, выполненные вручную в опоках по моделям и шаблонам.

Машинную формовку применяют в серийном и массовом производстве. При отливке небольшой партии заготовок (50 – 100 шт.) используют деревянные модели, а в значительной – металлические модели.

К недостаткам этого способа относятся: большой расход металла и формовочных материалов, большие припуски на механическую обработку, большие производственные площади, большие капитальные затраты для создания нормальных условий труда, значительное количество брака.

Литье в металлические формы (кокиль) применяется для получения заготовок из черных и цветных металлов массой: чугунных от 10 г до 10 т, стальных от 0,5 кг до 4 т, из цветных металлов и сплавов – от 5 г до 500 кг.

Этот вид литья отличается высокими механическими свойствами и равномерным мелкозернистым строением, а также большой точностью размеров и форм заготовки (12 – 15 квалитет); шероховатость поверхности их соответствует $Ra\ 20...25$ мкм. Часто получают отливки, не требующие дальнейшей очистки и обработки.

Центробежное литье. Принцип получения этих заготовок состоит в том, что жидкий металл заливают в быстровращающуюся форму. Под действием центробежных сил металл отбрасывается к поверхности формы и затвердевает, принимая ее очертания. Полученные отливки обладают мелкозернистой структурой и повышенными механическими свойствами. Этим способом чаще всего изготавливают заготовки, имеющие форму тел вращения. Путем центробежного литья можно изготавливать биметаллические заготовки как заливкой жидкого металла на твердую поверхность, так и последовательной заливкой жидких металлов.

Точность стальных и чугунных заготовок соответствует 11 – 14 квалитетам точности, шероховатость поверхности $Ra\ 40...25$ мкм. Формы изложницы, изготовленные из легированных сталей, позволяют получать до 2000 – 3000 отливок.

Способом *литья по выплавляемым моделям* (прецизионное, или точное) получают точные отливки сложной формы из труднообрабатываемых резанием материалов весом от 1 г до 500 кг, с толщиной стенок от 0,15 мм и длиной до 1 м и более. Минимально допустимый диаметр литого отверстия составляет 0,8 мм. Точность заготовок, полученных по выплавляемым моделям, соответствует 11 – 13 квалитетам, а шероховатость Ra 10...2,5 мкм. Этот способ целесообразно применять главным образом в условиях крупносерийного производства.

Способом *литья под давлением* получают точные заготовки из цинковых, алюминиевых, магниевых и латунных сплавов. Последующая механическая обработка таких заготовок либо совершенно исключается, либо сводится к выполнению отделочных операций. Литье под давлением используется и для получения деталей сложной конфигурации из жаропрочных и нержавеющей сталей. Точность заготовок соответствует 8 – 12 квалитетам точности, шероховатость поверхности Ra 5,0...0,63. Так как стойкость форм для литья под давлением весьма высокая, этот способ целесообразно применять только в массовом и крупносерийном производстве.

Характеристики рассмотренных способов получения заготовок отливкой приведены в табл. 2.

Получение заготовок давлением. К обработке металлов давлением относят: прокатку, прессование, волочение, свободную ковку, горячую и холодную объемную штамповку, листовую штамповку. Прокатку, прессование и волочение обычно осуществляют на металлургических заводах.

Свободной ковкой на ковочных молотах и гидравлических ковочных прессах получают поковки различных форм и размеров в условиях единичного и мелкосерийного производства. Поковки обычно имеют большие припуски и приблизительную форму заготовки. В мелкосерийном производстве при изготовлении заготовок применяют подкладные штампы и кольца, позволяющие уменьшить припуски и приблизить форму заготовки к форме де-

тали. Исходным материалом для фасонных поковок весом до 40 кг служит сортовой прокат, а весом до 300 кг – крупный прокат или обжатая болванка. Точность заготовок, полученных с помощью подкладных штампов, соответствует 3-ей группе точности по ГОСТ 7829–70, шероховатость поверхности $Ra\ 40\ldots12,5$ мкм.

Горячая объемная штамповка широко используется в серийном и крупносерийном производстве. Этим способом получают заготовки различных форм и размеров из сталей, цветных металлов и сплавов на молотах, прессах и других машинах. Горячую объемную штамповку выполняют в открытых и закрытых штампах.

В закрытых штампах обычно штампуют детали, представляющие собой тела вращения: диски, шестерни и т. д. Чтобы получить более точные по размерам поковки, сразу же после обрезки заусенцев производится калибровка их на штамповочных молотках или на кривошипных прессах.

Штамповкой на молотах и прессах в подкладных и молотовых штампах изготавливают заготовки простых форм и в небольших количествах. Точность 4 – 5 классы по ГОСТ 7505–89, шероховатость поверхности $Ra\ 12,5\ldots3,2$ мкм.

Штамповкой на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ) получают поковки высадкой из прутка, труб диаметром от 20 до 270 мм и длиной от 3,5 до 4 м, а также из черных исходных материалов. На ГКМ обычно штампуют заготовки для стержней со всевозможными головками и утолщениями, а также для простых и сложных колец.

Этот способ характеризуется высокой производительностью, экономией металла и повышенной точностью получаемых заготовок от Т4 – Т5 класса точности по ГОСТ 7505–89 до 8 – 9 квалитетов по ГОСТ 25347–82.

Таблица 2 - Характеристика литых заготовок

Метод получения	Масса заготовки, т	Наименьшая толщина стенок, мм	Точность выполнения, квалитет	Шероховатость R _a , мкм	Материал	Тип производства
Литье в разовые формы						
Литье в песчано-глинистые формы: - ручная формовка по деревянным моделям - машинная формовка - машинная формовка по металлическим моделям	До 100	чугун 3 – 5	IT 17	80 – 20	чугун, сталь, специальные сплавы	единичное и мелкосерийное
	До 10	сталь 5 – 8	IT 16 – 17	20 – 5		серийное
	3 - 5	цветные сплавы 3 – 8	IT 14 – 16	20 – 5		крупносерийное и массовое
Литье по выплавляемым (выжимаемым, растворяемым, замораживаемым) моделям	До 0,15	0,5	IT 11 – 12	10 – 2,5	сталь, трудно-обрабатываемые сплавы	серийное
Литье в оболочковые формы: Песчано-смоляные, химически твердеющие	До 0,15	сталь 3 – 5 алюминий 1 – 1,5	IT 13 – 14	10 – 2,5	чугун, сталь, цветные сплавы	серийное и массовое
Литье в многократные формы						
Центробежное литье	0,01 – 1	5 – 6	IT 12 – 14	40 – 10	чугун, сталь, цветные сплавы	крупносерийное и массовое
Литье под давлением	До 0,1	0,5	IT 9 – 12	5,0 – 0,63	цветные сплавы	
Литье в кокиль	7 (чугун) 4 (сталь) 0,5 цветные сплавы)	чугун 15, сталь 10	IT 12 – 15	20 – 2,5	чугун, сталь, цветные сплавы	серийное и массовое

Холодной объемной штамповкой (высадкой, осадкой, выдавливанием, калибровкой, чеканкой, выдавливанием полостей) изготавливают детали диаметром 80 – 100 мм и длиной 100 – 200 мм 3 – 4 классов точности по ГОСТ 7505–89 с шероховатостью поверхности Ra 12,5...3,2 мкм. Объемная штамповка осадкой позволяет выпускать мелкие детали: рычажки, защелки и т. д. Холодной высадкой на прессах-автоматах изготавливают крепежные детали, панели, толкатели, шарики и т. д. При получении заготовок холодной объемной штамповкой резко сокращается объем механической обработки и отходов металла в стружку.

Характеристики основных рассмотренных способов получения заготовок обработкой давлением приведены в табл. 3.

Определение размеров и массы заготовок

Определение размеров заготовок связано с установлением предельных, промежуточных и исходных их размеров, припусков и допусков на обработку.

Для расчета *массы заготовки (детали)* необходимо умножить ее объем на плотность материала, из которого изготовлена данная заготовка (деталь). Плотность основных материалов приведена в табл. 4. При расчете массы заготовки также учитывают припуски на механическую обработку. При определении массы заготовки (детали) сложной геометрической формы следует разделить ее на возможно более простые по форме элементы, удобные для расчета объема, а затем просуммировать найденные значения.

Объем заготовок простейших профилей рассчитывают также по следующим формулам:

круглое сечение $V = 0,78 d^2 l$;

квадратное сечение $V = a^2 l$;

квадратное сечение с закругленными углами $V = (a^2 - 0,86r^2) l$;

прямоугольное сечение $V = ba l$;

шестигранное сечение $V = 0,87 C^2 l$;

Таблица 3-Характеристика заготовок, полученных методами обработкой давлением

Метод получения заготовок	Размер или масса	Толщина стенок, мм	Точность	Шероховатость поверхности R_a , мкм	Материал	Тип производства
Ковка						
на молотах и прессах	до 250 т	3 – 5	на молотах по ГОСТ 7829–70, на прессах по ГОСТ 7062–90	до 12,5	углеродистые и легированные стали	единичное и мелкосерийное
на молотах в подкладных кольцах и штампах	до 10 кг		по ГОСТ 7829–70	до 125		мелкосерийное
на радиально-ковочных машинах	диаметр прутка (трубы) до 150 мм		0,1 – 0,6 (горячая), 0,04 – 0,4 (холодная)	до 0,4 (холодная)		серийное и массовое
Штамповка						
на горизонтально-ковочных машинах	до 30 кг	2,5	классы Т4 – Т5 по ГОСТ 7505–89	12,5 – 3,2	углеродистые и легированные стали	серийное
на молотах и прессах	до 0.4 т	2,5	классы Т4 – Т5 по ГОСТ 7505–89			
на горизонтально-ковочных машинах	до 30 кг	2,5	классы Т4 – Т5 по ГОСТ 7505–89			
выдавливанием	диаметр до 200 мм	–	классы Т3 – Т4 по ГОСТ 7505–89			
на чеканочных и кривошипно-коленных прессах	до 0,1 т	2,5	на 25 – 30 % выше, чем на молотах			

кольцевое сечение $V = 0,78 D^2 dl^3$,

где V – объем; d – диаметр круглого сечения; l – длина; a – сторона квадрата или прямоугольника; b – сторона прямоугольника; r – радиус закругления; C – диаметр вписанного в шестигранник круга; D, d – диаметры внешней и внутренней окружностей кольцевого сечения.

Таблица 4- Плотность некоторых материалов

Материал	Марка	Плотность, т/м ³ (г/см ³)
Алюминиевые сплавы	АД1, АМц, АМг, Д1, Д5, Д16, Д16П	2,71 – 2,75
	АЛ1, АЛ2, АЛ5, АЛ7, АЛ9, АЛ9В, АЛ11	2,66 – 2,75
Бронза	Бр.АМц9–2Л; Бр.АМц10–2; Бр.АЖ9–4; Бр.АЖ9–4Л	7,5
	Бр.Б2; Бр.Б2,5	8,2
	Бр.ОФ6,5–0,15; Бр.ОФ4–0,25; Бр.ОЦС4–3; Бр.ОЦС4–4–2,5	8,8
Магниеые сплавы	МА1, МА2, МА5, МА8, МА14	1,76 – 1,80
Медно-цинковые сплавы – латуни	ЛАЖ60–1–1; ЛАН 59–3–2; ЛО60–1	8,4
	Л62; ЛЖМц59–1–1; ЛС 63–3; ЛС59–1	8,5
	ЛС59–1Л; ЛАЖМц66–6–3–2; ЛАЖ1–1Л	
Сталь конструкционная		7,8
Сталь быстрорежущая	Вольфрама: 5 %; 10%	8,1; 8,35; 8,60
Твердые сплавы.	ВК2; ВК3; ВК 6; ВК8; ВК10; ВК 11; ВК 15	14,0 – 15,4
	Т5К10; Т15К6; Т30К4; Т60К5	13,0 – 7,0
Цинковые сплавы	ЦАМ 4–3; ЦАМ 4–2,7; ЦАМ 10–0,5; ЦАМ 10–2; ЦАМ 10 –5	6,3
Чугун	антифрикционный	7,4 – 7,6
	высокопрочный	7,2 – 7,4
	ковкий	7,2 – 7,4
	серый	6,8 – 7,4

Порядок определения и назначения припусков и допусков на заготовки

Сортовой прокат

Заготовки из проката применяют в тех случаях, когда конфигурация детали соответствует форме какого-либо сортового (круглого, шестигранного, квадратного, прямоугольного), горячекатаных бесшовных труб различных толщин и диаметров, а также профильный прокат (угловая сталь, швеллеры и др.) (табл. 5 – 12).

Круглая горячекатаная сталь бывает обычной (14 квалитет; выпускается диаметром от 5 до 250 мм) и повышенной точности (12 квалитет; выпускается диаметром от 5 до 150 мм). Выпускается также круглая сталь повышенной

точности с улучшенной отделкой поверхности (серебрянка) (9 качество; выпускается диаметром от 0,2 мм до 25 мм). В серийном производстве чаще всего детали типа «вал» изготавливают из круглого сортового стального проката. При этом для определения расчетного диаметра заготовки пользуются соотношением длины детали (L) к ее диаметру (D) (табл. 13). Диаметры заготовок для ступенчатых валов выбирают по наибольшему диаметру ступени.

Таблица 5 - Виды и области применения проката

Вид проката	ГОСТ	Область применения
Сортовой горячекатаный		
круг: - А – высокой точности; - Б – повышенной точности; - В – обычной точности - калиброванный	2590–88 2590–88 2590–88 1051–73	Гладкие и ступенчатые валы с небольшим перепадом диаметров ступеней; стаканы диаметром до 50 мм; втулки с наружным диаметром до 25 мм
шестигранник; квадрат: - нормальной точности; - калиброванный	2591–88 8560–78	Небольшие детали типа рычагов, тяг, планок, клиньев
лист: - толстолистовой; - тонколистовой	19903–74 19903–74	Фланцы, кольца, плоские детали различной формы; цилиндрические полые заготовки типа втулок и валов
труба: - стальные бесшовные	8732–78	Цилиндры, втулки, гильзы, шпиндели, стаканы, барабаны, ролики, валы
Сортовой холоднокатаный		
лист: - тонколистовой	19904–90	Фланцы, кольца, плоские детали различной формы; цилиндрические полые заготовки типа втулок и валов
труба: - стальные бесшовные	8734–75	Цилиндры, втулки, гильзы, шпиндели, стаканы, барабаны, ролики, валы

Таблица 6- Сталь горячекатаная круглая обычной точности (из ГОСТ 2590–88)

Диаметр, мм
5; 5,5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20
21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40
42; 44; 48; 50; 52; 54; 55; 56; 58; 60; 62; 65; 68; 70; 72; 75; 78; 80
85; 90; 95; 100; 110; 115; 120; 125; 130; 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200

Таблица 7 - Сталь горячекатаная квадратная (из ГОСТ 2591–88)

Сторона квадрата, мм
5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20
21; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 53; 56; 60; 63; 65; 70; 75; 80
85; 90; 95; 100; 105; 110; 120; 125; 130; 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200

Таблица 8- Сталь горячекатаная шестигранная (из ГОСТ 2879–88)

Диаметр вписанного круга, мм
8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 24; 25; 26; 27; 28
30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 53; 56; 60; 63; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 95; 100

Таблица 9- Трубы стальные бесшовные холодноотянутые и холоднокатанные (из ГОСТ 8734–75)

Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм
10,0; 11,0	0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5
12,0; 14,0	0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0
16,0; 18,0	0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0
19; 20	0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0
22; 25; 28	0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0
30; 32; 34; 36	0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0
38; 40	0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0
42; 45; 48	1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0
50; 53; 56; 60; 63; 65; 70; 75	1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 11; 12
80; 85; 90; 95; 100; 110	1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 11; 12
120	1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 11; 12
125	1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 11; 12
130	2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 11; 12
140; 150	3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 11; 12
160; 170; 180	3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 11; 12
190; 200	4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 11; 12

Таблица 10 - Трубы стальные бесшовные горячекатанные (из ГОСТ 8732–78)

Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм
25; 28; 32; 38	2,5; 2,8; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0
42; 45; 50	2,5; 2,8; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0
54; 57; 60; 63,5	3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11; 12
68; 70	3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11; 12; 14; 16
73; 76	3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11; 12; 14; 16; 18
83	3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11; 12; 14; 16; 18
89; 95; 102	3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22
108; 114; 121	4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28
127; 133	4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 30; 32
140; 146; 152; 159	4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 30; 32; 36
168; 180; 194	5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 30; 32; 36; 40; 45
203; 219	6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 30; 32; 36; 40; 45; 50

В соответствии с техническими условиями (ГОСТ 8731–74) трубы стальные бесшовные горячекатанные изготавливаются из углеродистой и легированной стали следующих марок:

Углеродистые:

по ГОСТ 380–94: М12; М16; М21а; М26а; М32а; М44а; М56а; Ст. 2; Ст. 3; Ст. 4; Ст. 5; Ст. 6; Ст. 7

по ГОСТ 1050–88: Сталь 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 15Г; 20Г; 30Г; 40Г; 50Г; 60Г; 70Г; 10Г2; 15Г2; 20Г2; 30Г2; 35Г2; 40Г2; 45Г2; 50Г2

легированные:

по ГОСТ 4543–71: 35СГ; 36Г2С; 15Х; 20Х; 30Х; 35Х; 38ХА; 40Х; 45Х; 50Х; 38ХЮ; 33ХС; 38ХС; 40ХС; 15ХФ; 20ХФ; 40ХФА; 50ХФА; 20ХГС; 25ХГС; 30ХГС; 35ХГСА; 18ХГТ; 30ХГТ; 35ХГТ; 40ХГТ; 20ХН; 40ХН; 45ХН; 50ХН; 13Н2ХА; 12ХН2; 12ХН3А; 20ХН3А; 30ХН3А; 18ХГН; 30ХГНА; 38ХГН; 40ХМА; 40ХНВА; 38ХМЮА; 12ХМ; 15ХМ; 30ХМ; 35ХМ; 35ХВ; 12ХМФ; 25Х2МФА; 38ХВФЮ; 16М; 15ХР; 35ХРА; 40ХР; 20ХГР; 40ХГР.

Таблица 11- Трубы стальные электросварные холоднодеформируемые для карданных валов (из ГОСТ 5005–82)

Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм
45	2,5	63	3,5
46	2,0; 2,5	66	2,0
55	1,8; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5	71	1,6; 1,8; 1,9; 2,0; 2,1; 2,2; 2,5; 3,0
		82	2,5; 3,0; 3,5; 4,0

В соответствии с техническими условиями (ГОСТ 8731–74) трубы стальные электросварные холоднодеформируемые для карданных валов изготавливаются из углеродистой и легированной стали следующих марок:

Сталь 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 15Г; 20Г; 30Г; 40Г; 50Г; 60Г; 70Г; 10Г2; 15Г2; 20Г2; 30Г2; 35Г2; 40Г2; 45Г2; 50Г2

Сталь 35СГ; 36Г2С; 15Х; 20Х; 30Х; 35Х; 38ХА; 40Х; 45Х; 50Х; 38ХЮ; 33ХС; 38ХС; 40ХС; 15ХФ; 20ХФ; 40ХФА; 50ХФА; 20ХГС; 25ХГС; 30ХГС; 35ХГСА; 18ХГТ; 30ХГТ; 35ХГТ; 40ХГТ; 20ХН; 40ХН; 45ХН; 50ХН; 13Н2ХА; 12ХН2; 12ХН3А; 20ХН3А; 30ХН3А; 18ХГН; 30ХГНА; 38ХГН; 40ХМА; 40ХНВА; 38ХМЮА; 12ХМ; 15ХМ; 30ХМ.

Таблица 12 - Сталь прокатная толстолистовая

Толщина листов, мм	Ширина листов, мм	Длина листов, мм
4,0; 4,5	600; 710; 1000; 1250; 1400; 1500; 1600	2000; 2500; 2800; 3500
5,0; 5,5	1250; 1400; 1500; 1600	2500; 2800; 3500
6,0; 7,0	1250; 1400; 1500; 1600; 1800	2800; 3500; 4500; 5000
8,0; 9,0; 10,0; 11,0	1250; 1400; 1500; 1600; 1800; 2000	4500; 5000; 5500; 6000
12,0; 13,0	1400; 1500; 1600; 1800; 2000	5000; 5500; 6000; 7000
16; 18; 20; 22; 25; 28; 30; 32	1400; 1500; 1600; 1800; 2000; 2200; 2400	5000; 5500; 6000; 7000; 8000
36; 40; 45; 50; 56; 60	1500; 1600; 1800; 2000; 2200; 2500	5000; 5500; 6000; 7000; 8000

Таблица 13- Выбор диаметра заготовки для деталей, изготавливаемых из круглого сортового проката по ГОСТ 2590–88 (размеры, мм)

Номиналь- ный диаметр вала	Отношение длины детали к ее диаметру, L/D				Номиналь- ный диаметр вала	Отношение длины детали к ее диаметру, L/D			
	4	8	12	20		4	<8	<12	<20
5	7	7	7	8	46	50	50	52	52
6	8	8	8	8	48	52	52	54	54
7	9	9	9	9	50	54	54	55	55
8	10	10	10	11	52	55	55	56	56
9	11	11	11	11	54	58	60	60	62
10	12	12	13	13	55	60	60	62	65
11	13	13	13	13	58	62	62	65	68
12	14	14	15	15	60	65	65	68	70
13	15	15	16	16	62	68	68	70	72
14	16	16	17	17	65	70	70	72	75
15	17	17	18	18	68	72	72	76	78
16	18	18	18	19	70	75	75	78	80
17	19	19	20	20	72	78	78	80	85
18	20	20	21	21	75	80	80	80	90
19	21	21	22	22	78	85	85	90	90
20	22	22	23	24	80	85	90	95	95
21	24	24	24	25	82	90	95	95	95
23	26	26	26	27	85	90	95	95	100
24	27	27	27	28	88	95	100	100	100
25	28	28	28	30	90	95	100	105	105
26	30	30	30	30	92	100	100	105	110
27	30	30	32	32	95	100	105	110	110
28	32	32	32	32	98	105	110	110	115
30	33	33	34	34	100	105	110	115	115
32	35	35	36	36	105	110	115	120	120
34	38	38	38	38	110	115	120	125	125
35	38	38	39	39	115	120	125	130	130
36	39	40	40	40	120	125	130	135	135
38	42	42	42	43	125	130	130	135	140
40	43	45	45	45	130	135	140	140	150
42	45	45	48	48	135	140	140	150	150
44	48	48	50	50	140	150	150	160	160

Предварительная обработка проката состоит в правке и разрезания на штучные заготовки (табл. 14 – 15).

Таблица 14- Резка проката (Лист тонко и толстолистовой, полоса, лента)

Способ резки или оборудование	Точность резки. Режущий инструмент, режимы резания	Область применения
<i>Газовая резка</i>		
Ацетилено-кислородная	$\pm 2 - 5$ мм (ручная) $\pm 0,5 - 1$ мм (машинная)	Резка углеродистых и низколегированных сталей с 0,4 % С толщиной до 200 мм и шириной до 2500 мм по разметке или копиру
Кислородная	$\pm 2 - 5$ мм (ручная) $\pm 0,5 - 1$ мм (машинная)	Резка углеродистых и низколегированных сталей с 0,4 % С; раскрой листов и разделительная резка листов толщиной до 100 мм
Кислородно-флюсовая	$\pm 2 - 5$ мм (ручная) $\pm 0,5 - 1$ мм (машинная)	Резка заготовок из хромоникелевых и нержавеющей сталей, чугуна, цветных металлов и их сплавов толщиной до 400 мм
Плазменно-дуговая	$\pm 2 - 5$ мм (ручная) $\pm 0,5 - 1$ мм (машинная)	Резка малоуглеродистых, легированных сталей и цветных металлов толщиной до 100 мм
<i>Ножницы</i>		
Пресс-ножницы с продольными или поперечными ножами	$\pm 0,5 - 3$ мм	Прямолинейная резка проката толщиной до 25 мм и шириной до 3000 мм
Гильотинные	$\pm 0,12 - 1,5$ мм	Прямолинейная резка проката толщиной до 40 мм и шириной до 2500 - 3000 мм
Дисковые с параллельными осями	14-й квалитет	Прямолинейная резка проката толщиной до 30 - 40 мм
Дисковые с наклонными осями	15 - 16-й квалитет	Вырезка из листового проката толщиной 6 - 8 мм заготовок с контурами, очерченными кривыми линиями и прямыми. Наименьший радиус кривизны 0,4 - 0,7 диаметра дискового ножа
Многодисковые с параллельными осями	14-й квалитет	Одновременная резка широкой ленты и листов на узкие полосы толщиной от 0,5 до 3 мм
Ручные, рычажные	± 1 мм	Вырезка из проката толщиной не более 2 мм заготовок с прямолинейными контурами по упору и разметке

Таблица 15- Резка проката (Круг, квадрат, шестигранник, труба)

Способ резки или оборудование	Точность резки. Режущий инструмент, режимы резания	Область применения
<i>Ножницы</i>		
Прессы	2 - 4 мм	Резка круглого проката диаметром 10 - 80 мм
Приводные ножовки	2 - 4,5 мм Ширина реза 1 - 3,5 мм	Резка круглого и профильного проката размером до 300 мм
<i>Пилы</i>		
Диковые, зубчатые, фрикционные и электрофрикционные	0,4 - 3,0 мм	Резка круглого проката больших сечений (от 150 до 500 мм)
Ленточные	1,5 - 5,0 мм Ленточная пила. Ширина реза 0,8 - 1,3 мм. $V = 0,23 - 14$ м/с	Резка проката из черных и цветных металлов сечений до 250 мм
<i>Станки</i>		

Токарные	0,3 – 0,8 мм Резец. V до 105 м/мин	Резка круглого проката и труб диаметром до 80 мм
Отрезные, работающие, дисковыми пилами (мод. 8Г862, 8Г681)	2,5 – 4,5 мм Пила дисковая Φ 160 – 800 мм V до 65 м/мин	Резка круглого проката и труб диаметром до 500 мм
Фрезерно-отрезные (мод. 8В66А)	Пила дисковая Φ 710 мм V до 65 м/мин	Резка круглого проката и труб диаметром до 800 мм
Отрезные ножовочные (мод. 8Б72К)		Резка круглого и профильного проката сечением до 250 мм
Отрезные, работающие абразивным кругом диаметром 200, 300, 400 мм (мод. 8220, 8230, 8240)	0,3 – 0,7 мм Абразивный круг Φ 30 – 500 мм; B = 0,5 – 4 мм. V = 35 м/с Алмазный круг Φ 50 – 320 мм; B = 0,15 – 2 мм. V = 50 – 80 м/с	Резка стальных прутков с высокой твердостью из инструментальных сталей и твердых сплавов
Ленточно-отрезные (мод. 8541, 8543, 8Б545)		Резка круглого и профильного проката сечением до 500 мм
Горизонтально-фрезерные (мод. 6Н804Г, 6Р81Ш, 6Р82Г, 6Р83Ш,)	0,4 – 0,7 мм Фреза отрезная	Резка круглого, листового и профильного проката сечением до 50- 60 мм на заготовках небольшой длины
Анодно-механические	9 – 11 квалитет Стальной диск (Φ 200 – 250 мм)	Резка проката с высокой твердостью.

Отливки из металлов и сплавов (из ГОСТ 26645–85)

Припуски и допускаемые отклонения на литые заготовки, припуски на механическую обработку отливок из чугуна, стали, цветных металлов и сплавов, а также допускаемые отклонения от номинальных размеров устанавливаются по ГОСТ 26645–85 (табл. 16 – 23).

Согласно ГОСТ 26645–85 точность отливки характеризуется четырьмя показателями:

- классом размерной точности (22 класса);
- степенью коробления (11 степеней);
- степенью точности поверхностей (22 степени);
- классом точности массы (22 класса).

и 18 рядами припусков отливок.

Обязательному применению подлежат классы размерной точности и точности массы отливок (табл. 16).

Таблица 16- Классы точности размеров и масс и ряды припусков на механическую обработку отливок для различных способов литья (из ГОСТ 26645–85)

Способ литья	Наибольшие габаритные размеры отливки, мм	Металлы и сплавы			
		Цветные с температурой плавления		Чугун	
		до 700 0С	более 700 0С	серый	ковкий, высокопрочный, легированный
В песчаные формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой. Центробежное в сырые и сухие песчано-глинястые формы	до 630	6 – 11 2 – 4	7т – 12 2 – 4	7 – 13т 2 – 5	
	630 – 4000	7 – 12 2 – 4	8 – 13т 3 – 5	9т – 13 3 – 6	
	свыше 4000	8 – 13т 3 – 5	9т – 13 3 – 6	9 – 14 4 – 6	
В кокиль и под давлением в металлические формы без и с песчаными стержнями. В песчаные формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой.	До 100	4 – 9 1 – 2	5т – 10 1 – 3	5т – 11 2 – 4	
	100 – 630	5т – 10 1 – 3	5т – 11 1 – 3	6 – 11 2 – 4	
	свыше 630	5т – 11 1 – 3	6 – 11 2 – 4	7т – 12 2 – 5	
Под давлением в металлические формы	до 100	3т – 5 1	3 – 6 1	4 – 7 1	
	свыше 100	3 – 6 1	4 – 7т 1	5 – 7т 1	
В керамические формы и по выплавляемым моделям	до 100	<u>3 – 6</u> 1	<u>4 – 7т</u> 1 – 2	<u>5т – 7</u> 1 – 2	
	свыше 100	4 – 7 1 – 2	5т – 7 1 – 2	5 – 8 1 – 2	

Примечание. 1. В числителе указаны классы точности размеров и масс, в знаменателе – ряды припусков. Меньшие их значения относятся к простым отливкам и условиям массового производства; большие значения – к сложным, мелкосерийного и индивидуального изготовленным отливкам; средние – к отливкам средней сложности и условиям серийного производства.

2. Классы точности масс следует принимать соответствующими классам точности отливок.

Таблица 17 Допуски линейных размеров отливок, мм, (из ГОСТ 26645–85)

Интервалы размеров, мм	Класс точности размеров отливок																			
	1	2	3т	3	4	5т	5	6	7т	7	8	9т	9	10	11т	11	12	13т	13	14
До 4	0,06	0,08	0,1	0,12	0,16	0,2	0,24	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	–	–	–	–
4 – 6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	–	–	–
6 – 10	0,08	0,1	0,12	0,16	0,2	0,24	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	–
10 – 16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0
16 – 25	0,1	0,12	0,16	0,2	0,24	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0
25 – 40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,30	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9
40 – 63	0,12	0,16	0,2	0,21	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10
63 – 100	0,14	0,18	0,22	0,23	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11
100 – 160	0,16	0,2	0,24	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12
160 – 250	–	–	0,28	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14
250 – 400	–	–	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16
400 – 630	–	–	–	–	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18

Примечания:

1. Классы точности размеров отливок – см. табл.16
2. Допуски размеров элементов отливки, образованных двумя полуформами, перпендикулярными к плоскости разъема, следует устанавливать соответствующему классу точности размеров отливки. Допуски размеров элементов отливки, образованных одной частью формы или одним стержнем, устанавливают на 1 – 2 класса точнее.
3. Допуски размеров элементов, образованных тремя частями формы и более, несколькими стержнями или подвижными элементами формы, а также толщины стенок, ребер и фланцев устанавливают на 1 – 2 класса грубее.
4. Допуски размеров от предварительно обработанной поверхности, используемой в качестве базы, до литой поверхности следует устанавливать на 2 класса точнее.
5. Допускается устанавливать симметричные и несимметричные предельные отклонения, при этом для охватывающих элементов (отверстие) поле допуска располагают «в плюс», а для охватываемых элементов (вал) – «в минус»; симметричные – для размеров всех остальных элементов отливок.

Таблица 18 - Припуски на механическую обработку отливок, мм (из ГОСТ 26645–85)

Допуски размеров отливок, мм	Основной припуск для рядов на сторону, не более					
	1	2	3	4	5	6
0,30 – 0,40	0,7; 0,9	1,0; 1,3	1,4; 1,8	1,9; 2,4	2,8; 3,2	—
0,40 – 0,50	0,8; 1,0	1,1; 1,4	1,5; 2,0	2,0; 2,6	3,0; 3,4	—
0,50 – 0,60	0,9; 1,2	1,2; 1,6	1,6; 2,2	2,2; 2,8	3,2; 3,6	—
0,60 – 0,80	1,0; 1,4	1,3; 1,8	1,8; 2,4	2,4; 3,0	3,4; 3,8	4,4; 5,0
0,80 – 1,0	1,1; 1,6	1,4; 2,0	2,0; 2,8	2,6; 3,2	3,6; 4,0	4,6; 5,5
1,0 – 1,2	1,2; 2,0	1,6; 2,4	2,2; 3,0	2,8; 3,4	3,8; 4,2	4,8; 6,0
1,2 – 1,6	1,6; 2,4	2,0; 2,8	2,4; 3,2	3,0; 3,8	4,0; 4,6	5,0; 6,5
1,6 – 2,0	2,0; 2,8	2,4; 3,2	2,8; 3,6	3,4; 4,2	4,2; 5,0	5,5; 7,0
2,0 – 2,4	2,4; 3,2	2,8; 3,6	3,2; 4,0	3,8; 4,6	4,6; 5,5	6,0; 7,5
2,4 – 3,0	2,8; 3,6	3,2; 4,0	3,6; 4,5	4,2; 5,0	5,0; 6,5	6,5; 8,0
3,0 – 4,0	3,4; 4,5	3,8; 5,0	4,2; 5,5	5,0; 6,5	5,5; 7,0	7,0; 9,0
4,0 – 5,0	4,0; 5,5	4,4; 6,0	5,0; 6,5	5,5; 7,5	6,0; 8,0	8,0; 10,0
5,0 – 6,0	5,0; 7,0	5,5; 7,5	6,0; 8,0	6,5; 8,5	7,0; 9,5	9,0; 11,0
6,0 – 8,0	—	6,5; 9,5	7,0; 10,0	7,5; 11,0	8,5; 12,0	10,0; 13,0
8,0 – 10,0	—	—	9,0; 12,0	10,0; 13,0	11,0; 14,0	12,0; 15,0
10,0 – 12,0	—	—	10,0; 13,0	11,0; 14,0	12,0; 15,0	13,0; 16,0
12,0 – 16,0	—	—	13,0; 15,0	14,0; 16,0	15,0; 17,0	16,0; 19,0

Примечания:

1. Для каждого интервала значений допусков размеров отливки в каждом ряду припусков предусмотрены два значения основного припуска.

2. Меньшие значения припуска устанавливают при более грубых качествах точности обработки деталей, большие значения припуска устанавливают при более точных качествах согласно следующим данным:

Класс точности размеров отливок	1 – 3т	3 – 5т	5 – 7	7 – 9т	9 – 16
Квалитет точности размеров деталей, получаемых механической обработкой отливок	IT 9 и грубее	IT 10 и грубее	IT 11 и грубее	IT 12 и грубее	IT 13 и грубее
	IT 8 и точнее	IT 8– IT 9	IT 9– IT 10	IT 9– IT 11	IT 10– IT 12

3. При более высоких требованиях к точности размеров обрабатываемых деталей допускается увеличение основного припуска до ближайшего большего значения из того же ряда.

ПРИМЕР. Определение основных параметров литой заготовки (рис. 1).

Необходимые исходные данные:

1. Технологический процесс литья.
2. Материал (тип сплава).
3. Наибольший габаритный размер отливки.

4. Тип производства.

5. Группа сложности отливки.

Технологический процесс – литье в песчано-глинистые сырые формы из смесей с влажностью от 2,8 до 3,5 % и прочностью от 120 до 160 кПа со средним уровнем уплотнения до твердости не ниже 80 единиц.

Материал – сталь 20Х13Л.

Наибольший габаритный размер отливки – 360 мм.

Тип производства – серийное.

Группа сложности отливки – средняя.

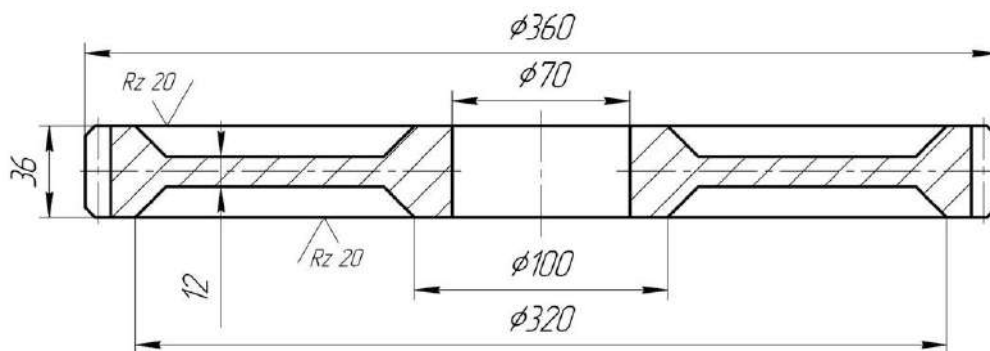


Рис. 1. Эскиз детали для определения основных параметров литой заготовки.

Алгоритм определения припусков и допусков на размеры отливки

1. В соответствии с исходными данными по табл. 16 определяем класс точности размеров и ряды припусков на механическую обработку отливки.

Класс точности 7 – 13 т; ряд припусков 2 – 5. В соответствии с примечаниями к табл. 16 принимаем 10 класс точности отливки.

2. По таблице 17 определяем допуски линейных размеров отливки – 10 класс точности:

$\phi 360$ – 4,0 мм; $\phi 320$ – 4,0 мм; $\phi 100$ – 3,2 мм; $\phi 70$ – 2,8 мм;

Высота детали 36 мм – допуск равен для 10 класса точности 2,2 мм.

3. По табл. 18 для размеров устанавливаем припуски исходя их ряда припусков 4 (2 – 5 ряд припусков по табл. 18, среднее значение 3,5; принимаем 4).

$\varnothing 360 - 6,5$ мм (допуск 4,0 мм) $\varnothing 320 - 6,5$ мм; $\varnothing 100 - 5,0$ мм; $\varnothing 70 - 5,0$ мм;

Высота детали 36 мм – 4,6 мм.

4. Допуск на отливку устанавливаем симметричными предельными отклонениями: $\pm 2,0$ мм; $\pm 1,6$ мм; $\pm 1,4$ мм; $\pm 1,1$ мм.

5. Рассчитываем номинальные размеры отливки:

$\varnothing 360 + 6,5 + 2 = 368,5$ мм; $\varnothing 320 + 6,5 + 2 = 328,5$ мм;

$\varnothing 100 + 5,0 + 1,6 = 106,5$ мм; $\varnothing 70 - 5,0 - 1,4 = 63,6$ мм;

$36 + 4,6 + 1,1 = 41,7$ мм.

6. Размеры, проставляемые на чертеже отливки:

$\varnothing 368,5 \pm 2,0$; $\varnothing 328,5 \pm 2,0$; $\varnothing 106,5 \pm 1,6$; $\varnothing 63,6 \pm 1,4$; $41,7 \pm 1,1$

7. По данным табл. 2 назначаем шероховатость поверхности $Ra = 80 \dots 20$ мкм. Используя известное соотношение между параметрами шероховатости Ra и Rz , что в пределах ($80 < Ra < 2,5$), $Rz = 4 Ra$, имеем $Rz = 80 \dots 320$ мкм. Принимаем среднее значение $Rz = 200$ мкм.

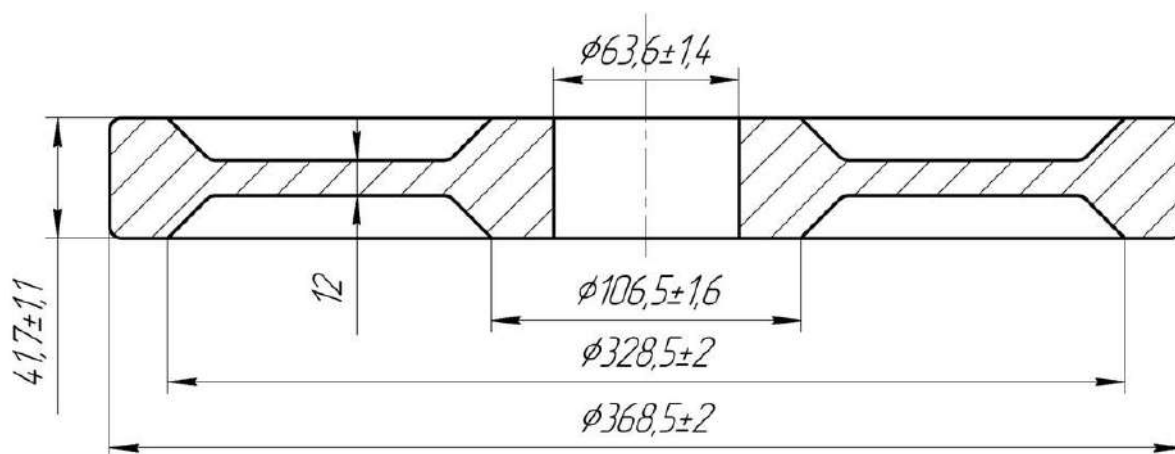


Рис. 4. Эскиз отливки (эскиз детали см. рис. 3).

Поковки стальные штампованные (из ГОСТ 7505–89)

Для определения и назначения припусков и допусков на поковку определяют *исходный индекс поковки*. Исходный индекс поковки – условный показатель, учитывающий в обобщенном виде сумму конструктивных характеристик (класс точности, группу стали), степень сложности (конфигурацию поверхности разъема) и массу поковки (табл. 19 – 28).

Таблица 19 - Конструктивные характеристики поковки

Конструктивная характеристика поковки	Обозначение конструктивных характеристик	Примечание
1. Класс точности	T1 – 1 класс T2 – 2 класс T3 – 3 класс T4 – 4 класс T5 – 5 класс	Определяют согласно выбранному оборудованию (табл. 20)
2. Группа стали	M – 1. Сталь с массовой долей углерода 0,35 % и суммарной массовой долей легирующих элементов до 2 % включительно. M – 2. Сталь с содержанием углерода до 0,65 % и легирующих элементов до 5 %. M – 3. Сталь с содержанием углерода более 0,65 % и легирующих элементов более 5 %.	При назначении группы стали определяющим является содержание углерода и легирующих элементов (Si, Mn, Cr, Ni, Mo, W, V)
3. Степень сложности	C1 – 1-я степень C2 – 2-я степень C3 – 3-я степень C4 – 4-я степень	Устанавливается согласно расчетам (табл. 28)
4. Конфигурация поверхности разъема штампа	П – плоская Ис – симметрично изогнутая Ир – несимметрично изогнутая	

Расчетная масса поковки определяется как масса подвергаемых деформации ее частей.

Расчетная масса поковки определяется исходя из номинальных размеров детали:

$$M_{P.П.} = M_D \cdot K_P,$$

где $M_{P.П.}$ – расчетная масса поковки, кг;

M_D – масса детали, кг;

K_P – расчетный коэффициент (табл. 21)

Таблица 20 - Выбор класса точности поковок

Основное технологическое оборудование, технологические процессы	Класс точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
Кривошипные горячештаповочные прессы: открытая штамповка закрытая штамповка		+	+	+	+
Горизонтально-ковочные машины				+	+
Штаповочные молоты				+	+
Калибровка	+	+			

Таблица 21- Коэффициент K_p для определения ориентировочной расчетной массы поковки

Группа	Характеристика детали	Типовые представители (виды, типы деталей)	K_p
1.	Удлиненной формы		
1.1	С прямой осью	Валы, оси, цапфы, шатуны	1,3 – 1,6
1.2	С изогнутой осью	Рычаги, сошки рулевого управления	1,1 – 1,4
2.	Круглые и многогранные в плане		
2.1.	Круглые	Шестерни, ступицы, фланцы	1,5 – 1,8
2.2	Квадратные, прямоугольные, многогранные		1,3 – 1,7
2.3	С отрезками	Крестовины, вилки	1,4 – 1,6
3.	Комбинированной конфигурации	Кулаки поворотные, коленчатые валы	1,3 – 1,8
4.	С большим объемом необработанных поверхностей	Балки передних осей, рычаги переключения коробок передач, буксирные крюки	1,1 – 1,3
5.	С отверстиями, углублениями, поднутрениями, не оформляемыми в поковке при штамповке	Полые валы, фланцы, блоки шестерен	1,8 – 2,2

Степень сложности является одной из конструктивных характеристик формы поковок, качественно оценивающей ее и используется при назначении припусков и допусков. Степень точности определяют путем вычисления отношения массы G_n (объема V_n) поковки к массе G_ϕ (объему V_ϕ) геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки. Геометрическая фигура может быть параллелепипедом, цилиндром с перпендикулярными к его оси торцам, шаром, прямой правильной призмой.

При вычислении отношения степени сложности поковки G_n/G_ϕ принимают ту из геометрических фигур, масса (объем) которой наименьший. При определении размеров описывающей поковку геометрической формы допускается исходить из увеличения в 1,05 габаритных линейных размеров детали, определяющих положение ее обрабатываемых поверхностей.

Степеням сложности поковок соответствуют следующие численные значения отношения G_n/G_{ϕ} (табл. 22).

Таблица 22- Степени сложности поковок

Степень сложности	Отношение G_n/G_{ϕ}
C1	до 0,63
C2	от 0,32 до 0,63 включительно
C3	от 0,16 до 0,32 включительно
C4	до 0,16

Например, для фигуры поковки это цилиндр (рис. 5).

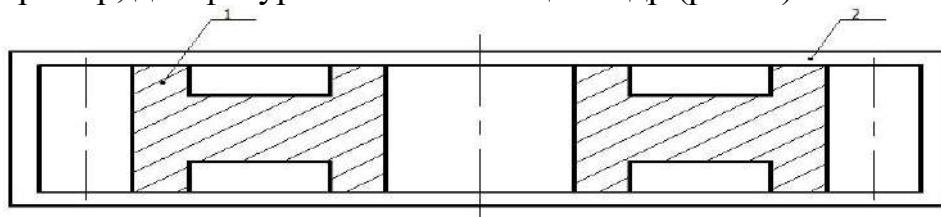


Рис. 5. Геометрическая форма поковки: 1 – форма поковки; 2 – форма описанной фигуры

Алгоритм определения припусков и допусков на размеры поковки

1. В зависимости от исходных данных по табл. 19 определяется группа стали.
2. В зависимости от технологического оборудования по табл. 25 выбирается класс точности поковки.
3. Определяется степень сложности поковки (табл. 22).
4. По табл. 23 определяется исходный индекс поковки. Для определения исходного индекса (табл. 23) в графе «Масса поковки» находят соответствующую данной массе строку и, смещаясь по горизонтали вправо или по утолщенным линиям вправо вниз до пересечения с вертикальными линиями, соответствующими значениями группы стали М, степени сложности С, классу точности Т, устанавливают исходный индекс поковки (от 1 до 23).

Например. 1). Поковка массой 2,2 кг, группа стали М1, степень сложности С1, класс точности Т2. Исходный индекс – 4.

2). Поковка массой 2,2 кг, группа стали М2, степень сложности С2, класс точности Т2. Исходный индекс – 9.

5. Припуск на механическую обработку поковок, в зависимости от исходного индекса определяется по табл. 24.

6. Допуски и предельные отклонения линейных размеров поковок назначают в зависимости от исходного индекса и размеров поковок по табл. 25.

**ПРИМЕР расчета допусков и припусков на поковки (заготовки)
и составление чертежа заготовки**

Исходные данные. Изделие – цилиндрическая шестерня с наружным зубчатым венцом (рис. 6). Материал Сталь 45ХН2МФА ГОСТ 4543-71 (0,42 – 0,50 % С; 0,17 – 0,37 % Si; 0,5 – 0,8 % Mn; 0,8 – 1,1 % Cr; 1,3 – 1,8 % Ni; 0,2 – 0,3 % Mo; 0,10 – 0,18 % V). Штамповочное оборудование – кривошипный пресс. Инструмент - открытый штамп из инструментальной стали марки 5ХНМ. Масса шестерни 1,83 кг.

1. Определение расчетной массы поковки.

$$M_{p.л.} = 1,83 \cdot 1,8 = 3,3 \text{ кг. } K_p = 1,8 \text{ (см. табл. 26)}$$

2. Класс точности – Т3 (см. табл. 25).

3. Группа стали – М2 (см. табл. 24). Средняя массовая доля углерода в стали 45ХН2МФА 0,46 % С; суммарная массовая доля легирующих элементов – 3,81 % (0,27 % Si; 0,6 % Mn; 0,95 % Cr; 1,55 % Ni; 0,23 % Mo; 0,14 % V).

5. Степень сложности – С1 (табл. 23).

Массу геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки, определяем исходя из размеров описанного цилиндра с диаметром $d = 128,7 \cdot 1,05 = 134,2$ и высотой $h = 39 \cdot 1,05 = 41$. Масса описывающей фигуры (расчетная) – 4,55 кг;

$$G_n/G_\phi = 3,3 / 4,55 = 0,72$$

5. Исходный индекс – 10 (см. табл. 23)

Для определения исходного индекса по табл. 25 в графе «Масса поковки»

Таблица 23

Номограмма определения исходного индекса поковки

Масса поковки, кг	Группа стали			Степень сложности поковки				Класс точности поковки										Исходный индекс
	M1	M2	M3	C1	C2	C3	C4	T1		T2		T3		T4		T5		
до 0,5																		1
0,5 – 1,0																		2
1,0 – 1,8																		3
1,8 – 3,2																		4
3,2 – 5,6																		5
5,6 – 10,0																		6
10,0 – 20,0																		7
20,0 – 50,0																		8
50,0 – 125,0																		9
125,0 – 250,0																		10
																		11
																		12
																		13
																		14
																		15
																		16
																		17
																		18
																		19
																		20
																		21

6. Припуски на механическую обработку.

Аналогично рассчитываются остальные размеры поковки шестерни:
- диаметр 36 и шероховатость поверхности 6,3;

$36 - (1,4 + 0,3) \times 2 = 32,6$; принимаем 32; размер на чертеже $32^{+0,5}_{-0,9}$;

- толщина 39 и шероховатость поверхности 1,6;

$39 + (1,5 + 0,3) \times 2 = 42,6$; принимаем 42,5; размер на чертеже $42,5^{+1,1}_{-0,5}$;

- толщина 28 и шероховатость поверхности 6,3;

$28 + (1,5 + 0,3) \times 2 = 31,6$; принимаем 31,5; размер на чертеже $31,5^{+1,1}_{-0,5}$;

Чертеж заготовки.

Чертеж заготовки (поковки) составляется по чертежу готовой детали. При этом следует учесть расположение волокон детали в зависимости от эксплуатационных требований, установить линию разъема штампа, назначить радиусы закруглений, наметки под прошивку.

Разработка (составление) чертежа поковки начинается с того, что тонкими линиями наносят контур готовой детали (см. рис. 2), затем расчетные поковочные припуски на номинальные размеры детали. Получившийся контур обводят жирными линиями, проставляют номинальные размеры с допусками, радиусы закруглений, штамповочные уклоны, плоскость разъема.

Для заготовки шестерни (поковки) (см. рис 6):

- штамповочный уклон:

на наружные поверхности рекомендуется не более 5^0 , принимается 5^0 ;

на внутренние поверхности рекомендуется не более 7^0 , принимается 7^0 ;

- радиус закругления наружных углов принимается 3,0 мм.

На чертеже заготовки последовательно излагают требования к качеству поковки (коробление, непараллельность плоскостей, дефекты и их ограничения) термической обработке, марке материала размерам, предельным отклонениям, массе поковки.

Чертеж заготовки шестерни (см. рис.6) приведен на рис. 7.

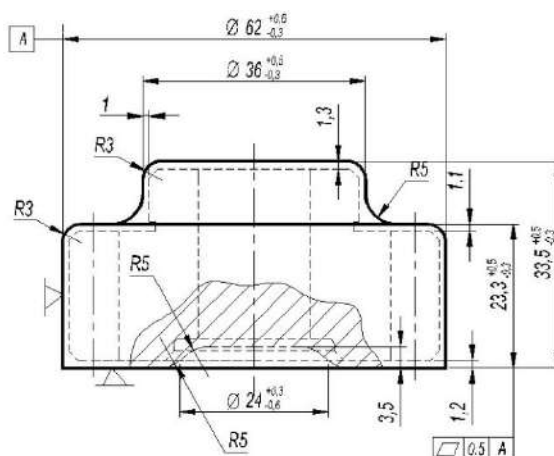


Рис. 7. Шестерня (Заготовка)

Таблица 24- Основные припуски на механическую обработку (на сторону), мм

Исход- ный ин- декс	Толщина детали														
	до 25			25 – 40			40 – 63			63 – 100			100 – 160		
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота детали														
	до 40			400 – 100			100 – 160			160 – 250			250 – 400		
	100 2,5 √	10 1,6 √	25 √	100 2,5 √	10 1,6 √	25 √	100 2,5 √	10 1,6 √	25 √	100 2,5 √	10 1,6 √	25 √	100 2,5 √	10 1,6 √	25 √
1	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,8	0,6	0,8	0,8
2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,8	0,7	0,9	0,9
3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	0,9	0,8	1,0	1,0
4	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,0	0,9	1,1	1,1
5	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,1	1,0	1,2	1,2
6	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,2	1,2	1,1	1,4	1,4
7	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,2	1,4	1,1	1,4	1,4	1,2	1,5	1,5
8	0,9	1,1	1,2	1,0	1,2	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,5	1,3	1,6	1,6
9	1,0	1,2	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,6	1,4	1,8	1,8
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,8	1,8	1,5	1,9	1,9
11	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,8	1,9	1,5	1,9	1,9	1,7	2,0	2,0
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,8	1,9	1,5	1,9	2,0	1,7	2,0	2,0	1,9	2,3	2,3
13	1,4	1,8	1,9	1,5	1,9	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,3	2,0	2,5	2,5
14	1,5	1,9	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,5	2,2	2,7	2,7
15	1,6	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	2,7	2,4	3,0	3,0
16	1,7	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,0	2,6	3,2	3,5
17	1,8	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
18	1,9	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
19	2,0	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
20	2,1	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7			

Таблица 25- Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковок, мм

Исходный индекс	Толщина детали									
	до 25		25 - 40		40 - 63		63 - 100		100 - 160	
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота детали									
	до 40		400 – 100		100 - 160		160 - 250		250 - 400	
1	0,3	+ 0,2 - 0,1	0,4	+ 0,3 - 0,1	0,5	+ 0,3 - 0,2	0,6	+ 0,4 - 0,2	0,7	+ 0,5 - 0,2

2	0,4	+ 0,3 - 0,1	0,5	+ 0,3 - 0,2	0,6	+ 0,4 - 0,2	0,7	+ 0,5 - 0,2	0,8	+ 0,5 - 0,3
3	0,5	+ 0,3 - 0,2	0,6	+ 0,4 - 0,2	0,7	+ 0,5 - 0,2	0,8	+ 0,5 - 0,3	0,9	+ 0,6 - 0,3
4	0,6	+ 0,4 - 0,2	0,7	+ 0,5 - 0,2	0,8	+ 0,5 - 0,3	0,9	+ 0,6 - 0,3	1,0	+ 0,7 - 0,3
5	0,7	+ 0,5 - 0,2	0,8	+ 0,5 - 0,3	0,9	+ 0,6 - 0,3	1,0	+ 0,7 - 0,3	1,1	+ 0,7 - 0,4
6	0,8	+ 0,5 - 0,3	0,9	+ 0,6 - 0,3	1,0	+ 0,7 - 0,3	1,1	+ 0,7 - 0,4	1,2	+ 0,8 - 0,4
7	0,9	+ 0,6 - 0,3	1,0	+ 0,7 - 0,3	1,1	+ 0,7 - 0,4	1,2	+ 0,8 - 0,4	1,3	+ 0,8 - 0,5
8	1,0	+ 0,7 - 0,3	1,1	+ 0,7 - 0,4	1,2	+ 0,8 - 0,4	1,3	+ 0,8 - 0,5	1,4	+ 0,9 - 0,5
9	1,1	+ 0,7 - 0,4	1,2	+ 0,8 - 0,4	1,3	+ 0,8 - 0,5	1,4	+ 0,9 - 0,5	1,5	+ 1,0 - 0,5
10	1,2	+ 0,8 - 0,4	1,3	+ 0,8 - 0,5	1,4	+ 0,9 - 0,5	1,5	+ 1,0 - 0,5	1,6	+ 1,0 - 0,6
11	1,3	+ 0,8 - 0,5	1,4	+ 0,9 - 0,5	1,5	+ 1,0 - 0,5	1,6	+ 1,0 - 0,6	1,7	+ 1,1 - 0,6
12	1,4	+ 0,9 - 0,5	1,5	+ 1,0 - 0,5	1,6	+ 1,0 - 0,6	1,7	+ 1,1 - 0,6	1,8	+ 1,1 - 0,7
13	1,5	+ 1,0 - 0,5	1,6	+ 1,0 - 0,6	1,7	+ 1,1 - 0,6	1,8	+ 1,1 - 0,7	1,9	+ 1,2 - 0,7
14	1,6	+ 1,0 - 0,6	1,7	+ 1,1 - 0,6	1,8	+ 1,1 - 0,7	1,9	+ 1,2 - 0,7	2,0	+ 1,2 - 0,8
15	1,7	+ 1,1 - 0,6	1,8	+ 1,1 - 0,7	1,9	+ 1,2 - 0,7	2,0	+ 1,2 - 0,8	2,1	+ 1,3 - 0,8
16	1,8	+ 1,1 - 0,7	1,9	+ 1,2 - 0,7	2,0	+ 1,2 - 0,8	2,1	+ 1,3 - 0,8	2,2	+ 1,3 - 0,9
17	1,9	+ 1,2 - 0,7	2,0	+ 1,2 - 0,8	2,1	+ 1,3 - 0,8	2,2	+ 1,3 - 0,9	2,3	+ 1,3 - 1,0
18	2,0	+ 1,2 - 0,8	2,1	+ 1,3 - 0,8	2,2	+ 1,3 - 0,9	2,3	+ 1,3 - 1,0	2,4	+ 1,4 - 1,0
19	2,1	+ 1,3 - 0,8	2,2	+ 1,3 - 0,9	2,3	+ 1,3 - 1,0	2,4	+ 1,4 - 1,0	2,5	+ 1,5 - 1,0
20	2,2	+ 1,3 - 0,9	2,3	+ 1,3 - 1,0	2,4	+ 1,4 - 1,0	2,5	+ 1,5 - 1,0	2,6	+ 1,5 - 1,1
21	2,3	+ 1,3 - 1,0	2,4	+ 1,4 - 1,0	2,5	+ 1,5 - 1,0	2,6	+ 1,5 - 1,1	2,7	+ 1,5 - 1,2
22	2,4	+ 1,4 - 1,0	2,5	+ 1,5 - 1,0	2,6	+ 1,5 - 1,1	2,7	+ 1,5 - 1,2	2,8	+ 1,6 - 1,2

Внимание!

В поковке выполняют сквозные отверстия при двухстороннем углублении, если диаметр отверстия не менее 30 мм, а толщина поковки в месте пробивки – не более диаметра пробиваемого отверстия.

Впадины и углубления в поковке при диаметре отверстия не менее 30 мм выполняют глубиной до 0,8 их диаметра при изготовлении на молотах и до 3 – х диаметров при изготовлении на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ).

Примеры эскизов деталей и их заготовок, полученных штамповкой, приведены на рис. 8 – 17 (ГОСТ 7505–89):

Рис. 8 и 9 деталь – шестерня привода (сталь 30ХМА, масса 0,39 кг);

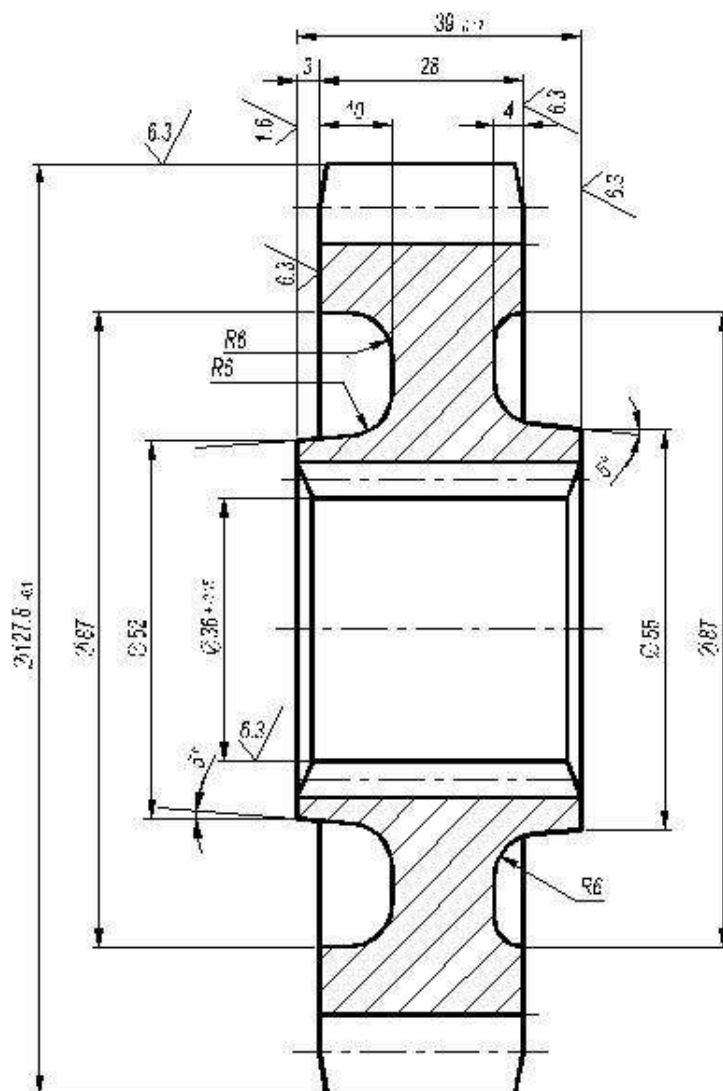


Рис. 8. Шестерня привода

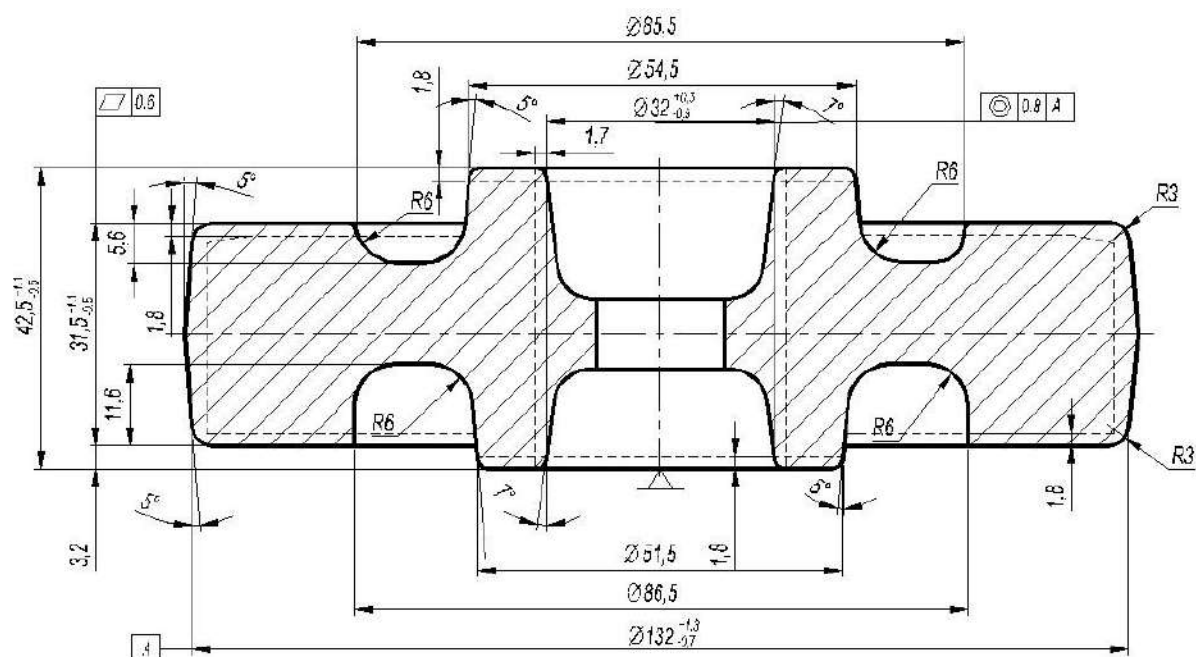


Рис. 9. Шестерня привода (Заготовка)

Рис. 10 и 11 деталь – втулка (сталь 65, масса 5,4 кг);

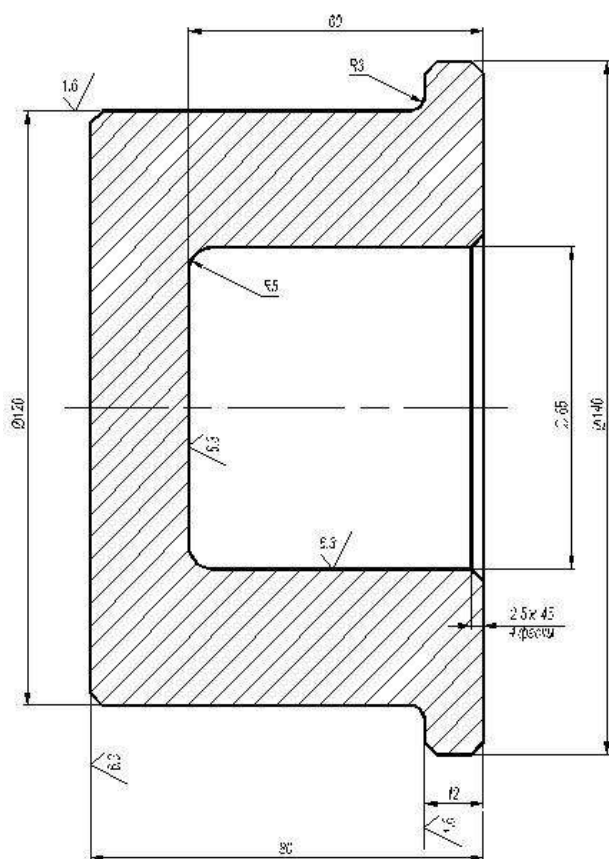


Рис. 10. Втулка

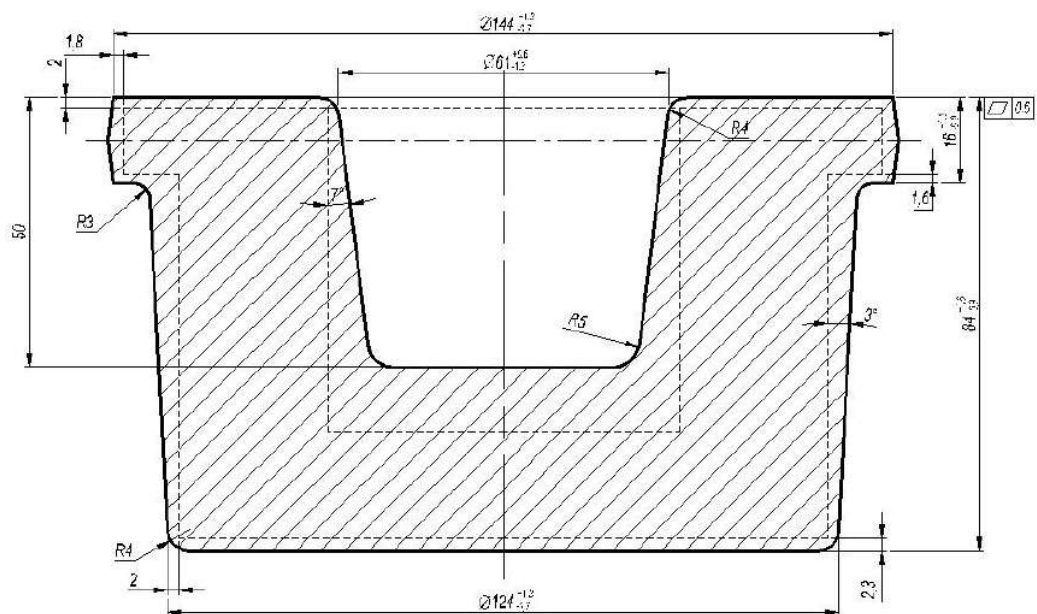


Рис. 11. Втулка (Заготовка)

Рис. 12 и 13 деталь – звездочка привода (сталь 35, масса 2,05 кг)

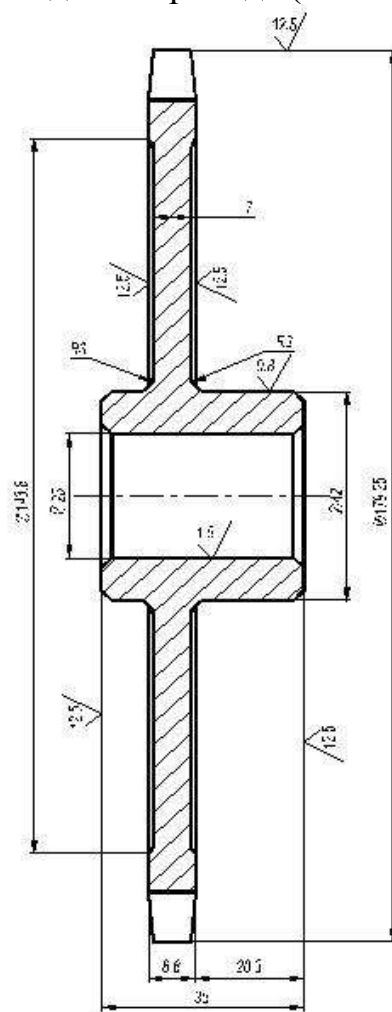


Рис. 12. Звездочка привода

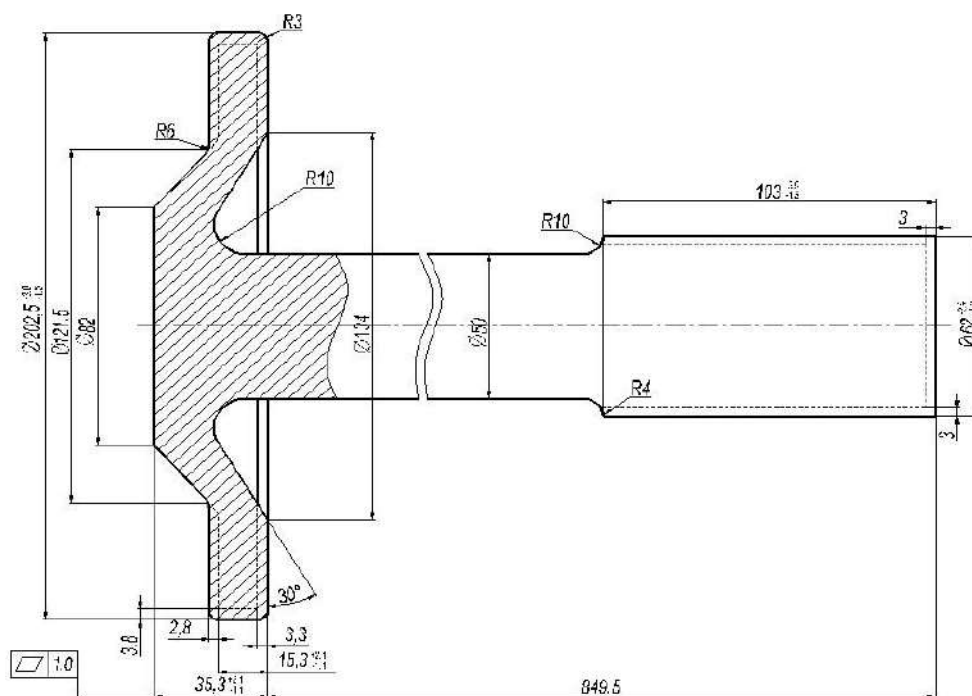


Рис. 15. Полуось (Заготовка)

Рис. 16 и 17 деталь – первичный вал (сталь 15ХГН2ТА, масса 6,6 кг)

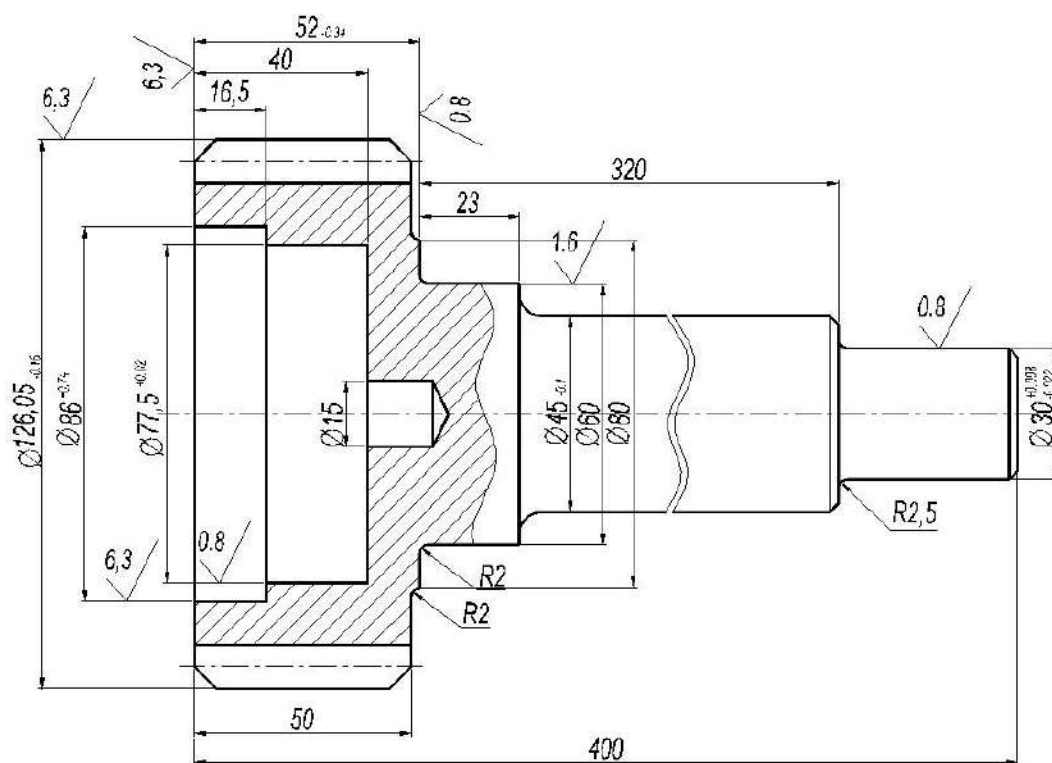


Рис. 16. Первичный вал

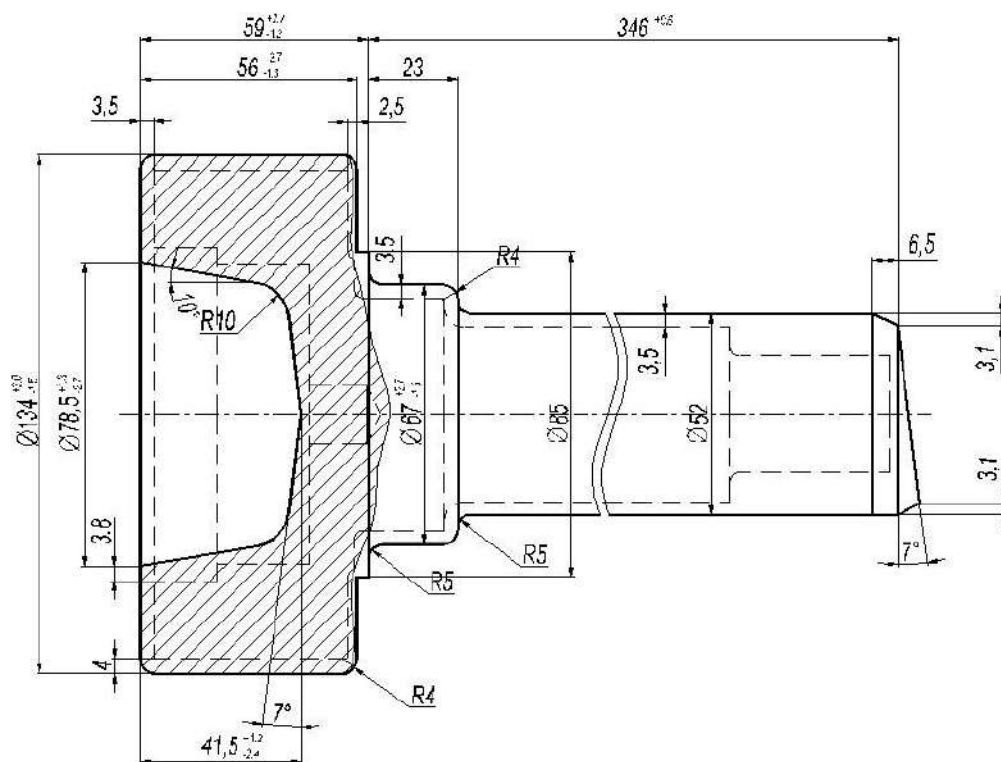


Рис. 17. Первичный вал (Заготовка)

Поковки, изготавливаемые свободной ковкой на прессах
(из ГОСТ 7062–90)

Стандарт устанавливает припуски на механическую обработку и допуски на номинальные размеры поковок гладких и с уступами, круглого и прямоугольного сечения, дисков, колец, плит сплошных с отверстиями, муфт, раскатных колец и цилиндров с отверстиями.

Так как припуски в соответствии с ГОСТ 7062–90 распространяются на детали с относительно большими номинальными размерами ($L > 1,2 D$; $D \geq 200$ мм), которые в учебных целях не рассматриваются в индивидуальных заданиях студентов, поэтому ограничимся только ссылкой на данный ГОСТ.

Поковки, изготавливаемые свободной ковкой на молотах (из ГОСТ 7829–70)

Стандарт устанавливает припуски на механическую обработку резанием, допуски на номинальные размеры поковок для условий единичного и мелкосерийного производства (табл. 25 – 28).

Таблица 25- Припуски и допуски на поковки сплошные, круглого и прямоугольного сечения, гладкие, мм

Интервалы диаметров или размеры сечения, мм	Длина детали, мм			
	До 250		250 - 500	
	Размеры детали на которые устанавливаются припуски и допуски			
	D, A, B	L	D, A, B	L
30 - 50	5±25	15±6	6±2	18±6
50 - 80	6±2	18±6	8±23	24±8
120 - 180	8±3	24±8	9±3	27±10
180 - 250		-	10±3	30±10

Таблица 26 - Припуски и предельные отклонения для гладких поковок круглого, квадратного и прямоугольного сечений, мм (из ГОСТ 7829–70)

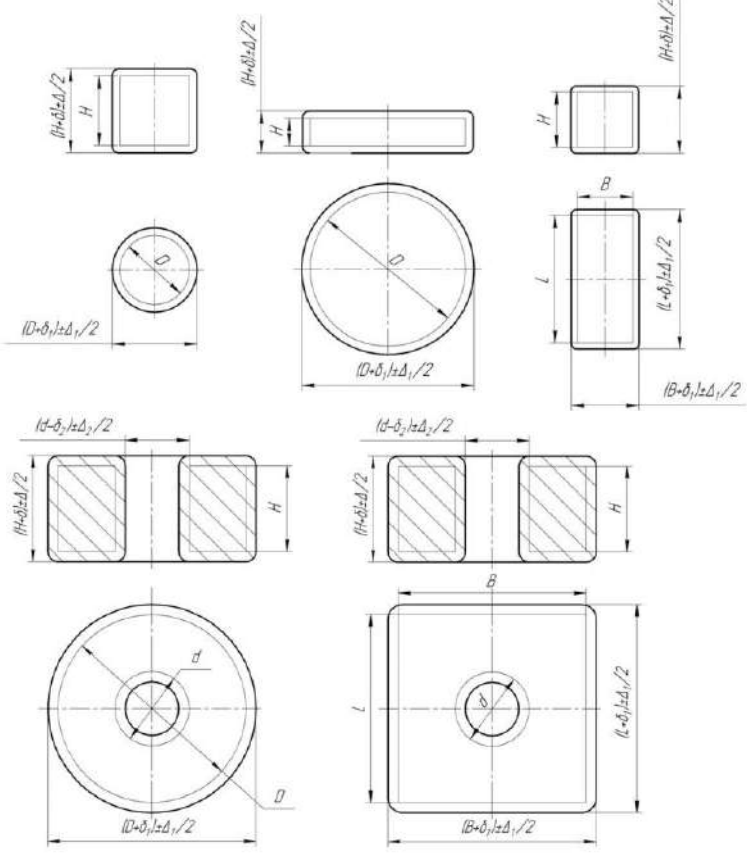
Длина детали	Диаметр детали D или размер сечения B, H								
	До 50	50 - 70	70 - 90	90 - 120	120-160	160-200	200-250	250-300	300-360
	Припуски ($\delta, \delta_1, \delta_2, \delta_3$) и предельны отклонения ($\pm\Delta/2; \pm\Delta_1/2; \pm\Delta_2/2; \pm\Delta_3/2$)								
До 250	5±2	6±2	7±2	8±3	9±3	—	—	—	—
250 - 500	6±2	7±2	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4
500 - 800	7±2	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4
800 - 1200	8±2	9±2	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4	16±4

Примечания:

1. Данные таблицы распространяются на детали с соотношением размеров $L > 1,5D$ для круглого сечения; $L > 1,5B$ и $H \leq B \leq 1,5H$ – для квадратного и прямоугольного сечений.

2. В случае обработки поверхности детали шероховатостью 6.3 мкм ниже допускается увеличение соответствующих табличных значений припусков, но не более чем 1 мм на сторону.

Таблица 27 - Припуски и предельные отклонения для поковок типа дисков, цилиндров, втулок, брусков, кубиков, пластин сплошных и пластин с отверстиями, в мм (из ГОСТ 7829 – 70)

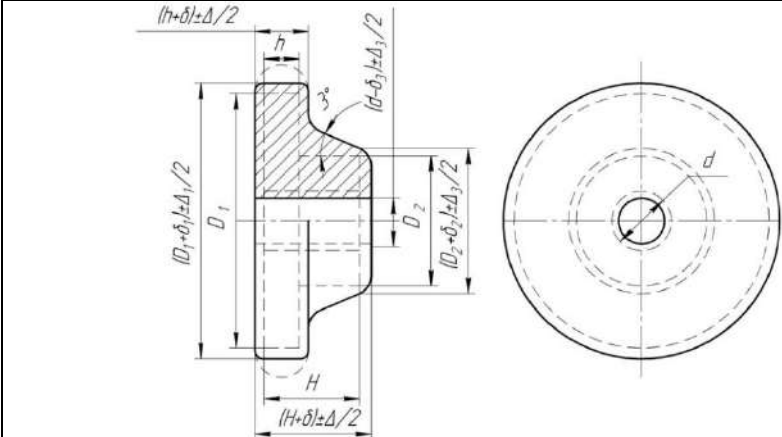
								
Диаметр детали или размер сечения L, B	Размеры детали, на которые назначаются припуски и предельные отклонения	Высота детали H						
		До 50	50 - 65	65 - 80	80 - 100	100 - 125	125 - 150	150 - 180
		Припуски (δ , δ_1 , δ_2) и предельные отклонения ($\pm A/2$; $\pm A_1/2$; $\pm A_2/2$)						
До 50	H	6 $\pm$ 2	6 $\pm$ 2	7 $\pm$ 2	—	—	—	—
	D; L; B	6 $\pm$ 2	6 $\pm$ 2	7 $\pm$ 2	—	—	—	—
	d	—	—	—	—	—	—	—
50 - 80	H	6 $\pm$ 2	7 $\pm$ 2	8 $\pm$ 2	9 $\pm$ 2	9 $\pm$ 2	—	—
	D; L; B	7 $\pm$ 2	7 $\pm$ 2	8 $\pm$ 2	9 $\pm$ 2	9 $\pm$ 2	—	—
	d	—	—	—	—	—	—	—
80 - 110	H	7 $\pm$ 2	8 $\pm$ 2	8 $\pm$ 2	9 $\pm$ 2	10 $\pm$ 3	11 $\pm$ 3	12 $\pm$ 3
	D; L; B	8 $\pm$ 2	8 $\pm$ 2	10 $\pm$ 2	10 $\pm$ 2	10 $\pm$ 2	11 $\pm$ 3	12 $\pm$ 3
	d	14 $\pm$ 2	15 $\pm$ 2	15 $\pm$ 2	16 $\pm$ 2	16 $\pm$ 2	17 $\pm$ 3	18 $\pm$ 3
110 - 150	H	7 $\pm$ 2	8 $\pm$ 2	8 $\pm$ 2	9 $\pm$ 2	10 $\pm$ 3	11 $\pm$ 3	12 $\pm$ 3
	D; L; B	9 $\pm$ 2	9 $\pm$ 2	10 $\pm$ 2	11 $\pm$ 3	11 $\pm$ 3	12 $\pm$ 4	13 $\pm$ 4
	d	15 $\pm$ 2	16 $\pm$ 2	16 $\pm$ 2	17 $\pm$ 3	17 $\pm$ 3	18 $\pm$ 4	19 $\pm$ 4

Примечание:

1. Данные таблицы распространяться на детали с соотношением размеров: $H \leq 0.5D$ – для дисков; $0.5D \leq H \leq 1.5D$ – для цилиндров; $H \leq B$ и $B \leq L \leq 1.5B$ – для брусков, кубиков, пластин; $H \leq 0.5D$, $d \leq 0.5D$ – для дисков с

отверстием; $0.5D \leq H \leq 1.5D$, $d \leq 0.5D$ – для втулок; $H \leq B$, $B \leq L \leq 1.5B$, $d \leq 0.5B$ – для брусков и пластин с отверстием.

Таблица 28- Припуски и предельные отклонения для поковок типа втулок с уступами, сплошных и отверстиями, изготавливаемых в подкладных кольцах, мм (из ГОСТ 7829 – 70)

								
Диаметр детали D	Размеры детали, на которые назначаются припуски и предельные отклонения	Высота детали H						
		До 50	50 - 65	65 - 80	80 - 100	100 - 125	125 - 150	150 - 180
		Припуски (δ , δ_1 , δ_2) и предельные отклонения ($\pm A/2$; $\pm A_1/2$; $\pm A_2/2$)						
До 50	H; h D ₁ D ₂ d	7±2 7±2 5 ⁺² ₋₁ —	7±2 7±2 6 ⁺² ₋₁ —	— — 6 ⁺² ₋₁ —	— — 7 ⁺³ ₋₁ —	— — 7 ⁺³ ₋₁ —	— — — —	— — — —
50 – 80	H; h D ₁ D ₂ d	7±2 7±2 5 ⁺² ₋₁ 13±2	7±2 8±2 7 ⁺³ ₋₁ 14±2	8±2 8±2 7 ⁺³ ₋₁ 14±2	9±2 9±2 7 ⁺³ ₋₁ 15±2	— — 8 ⁺⁴ ₋₁ —	— — — —	— — — —
80 – 110	H; h D ₁ D ₂ d	7±2 8±2 6±2 14±2	8±2 9±2 7±3 15±2	9±2 9±2 7±3 15±2	10±3 10±3 8±4 16±2	10±3 10±3 8±4 16±2	11±3 11±3 9±4 17±2	— — 9±4 —
110 – 150	H; h D ₁ D ₂ d	7±2 8±2 7 ⁺² ₋₁ 15±2	8±2 10±2 8 ⁺⁴ ₋₂ 16±2	9±2 10±3 8 ⁺⁴ ₋₂ 16±2	10±3 11±3 9 ⁺⁴ ₋₂ 17±3	10±3 11±3 9 ⁺⁴ ₋₂ 18±4	11±3 12±3 10 ⁺⁴ ₋₂ 18±4	12±3 13±4 10 ⁺⁴ ₋₂ 19±4
150 – 200	H; h D ₁ D ₂ d	8±2 10±3 8 ⁺⁴ ₋₂ 16±3	8±2 10±3 8 ⁺⁴ ₋₂ 17±3	9±3 10±3 9 ⁺⁴ ₋₂ 17±3	10±3 12±3 9 ⁺⁴ ₋₂ 18±4	11±3 12±3 10 ⁺⁴ ₋₂ 18±4	12±3 13±4 11 ⁺⁵ ₋₂ 19±4	12±3 13±4 11 ⁺⁵ ₋₂ 19±4

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучите теоретическую часть работы с примерами.
2. По заданию преподавателя выполните расчет допусков и припусков на заготовку.

3. Составьте чертеж заготовки.
4. Какие факторы, влияют на выбор вида и способа получения заготовок?
5. Какие Вы знаете основные виды черных заготовок в зависимости от назначения деталей?
6. Составьте отчет о работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Некрасов, С.С. Практикум и курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения. – М.: Мир, 2004. – 240 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7

ВЫБОР СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗАГОТОВКИ

Цель: Научиться обеспечивать наиболее рациональный процесс обработки заготовки.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: правила выбора технологических баз, схемы базирования и установки заготовок в приспособлениях и на станках, способы обработки поверхностей заготовок

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: Выбор способов обработки поверхностей заготовки.

Актуальность темы: Проектирование общего маршрута обработки детали начинается обычно с установления последовательности и способов обработки отдельных поверхностей. При выборе способа обработки поверхностей исходят из его технологических возможностей:

– возможности по обеспечению точности и качества поверхности;

- величине снимаемого припуска;
- времени обработки в соответствии с заданной производительностью.

Поэтому цель выбора способа обработки – обеспечить наиболее рациональный процесс обработки заготовки. В зависимости от требований, предъявляемых к точности размеров, формы, расположения и параметров шероховатости детали с учетом ее размеров, массы, технических требований, выбирают один или несколько возможных способов обработки и тип соответствующего оборудования.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Выбор технологических баз. В основе выбора технологических баз лежит ряд правил.

Правила выбора черновых баз.

Требования к черновым базам:

- должны быть ровными и чистыми, надежно закреплять заготовку;
 - иметь минимальный припуск на обработку, или вообще не подвергаться обработке;
 - стабильно располагаться относительно других поверхностей и позволять подготовить чистовую базу для обработки других поверхностей.
1. Необработанные (черновые) поверхности в качестве баз можно использовать только один раз и только на первой операции.
 2. В качестве технологических баз следует принимать наиболее точные поверхности достаточных размеров, с наименьшей шероховатостью, без прибылей, литников, окалины и других дефектов. Это обеспечивает большую точность базирования и закрепления.
 3. Если у заготовки обрабатываются не все поверхности, то за технологические базы рекомендуется принимать поверхности, которые вообще не обрабатываются.

4. Если у заготовки обрабатываются все поверхности, то в качестве технологической базы целесообразно принимать поверхности с наименьшими припусками, что позволяет избежать появления «чернот».

5. Черновая база выбирается с учетом обеспечения лучших условий обработки поверхностей, принимаемых в дальнейшем за чистовые базы.

Правила выбора чистовых баз.

Требования к чистовым базам:

- наибольшая точность размеров и геометрической формы,
- наименьшая шероховатость поверхности;
- наибольшая жесткость чтобы не деформироваться под действием сил зажима и резания и собственной массы заготовки;
- надежное и прочное закрепление заготовки и неизменность ее положения во время обработки.

1. *Принцип постоянства технологической базы.* Наибольшая точность обработки достигается при использовании на всех операциях механической обработки одних и тех же базовых поверхностей. При вынужденной смене баз необходимо переходить от менее точной базы к более точной. При смене технологической базы необходимо составить размерную цепь, определить погрешность базирования и убедиться, что это не приведет к погрешности обработки.

2. *Принцип совмещения технологических баз.* Согласно этому принципу в качестве технологических баз используются измерительные базы. При совмещении технологической и измерительной баз погрешность базирования равна нулю. При их несовпадении выбранная технологическая база может считаться приемлемой при условии, что погрешность базирования с суммой погрешностью технологической системы не превышает допуск на размер, выдерживаемый на выполняемом технологическом переходе.

3. *Принцип кратчайшей размерной цепи.* Согласно этому принципу в качестве технологической базы следует использовать те поверхности, которые связаны с обрабатываемой кратчайшей размерной связью.

4. *Принцип искусственных баз.* Согласно этому принципу при отсутствии у заготовки надежных технологических баз, можно создавать искусственные базы, изменив при необходимости конструкцию заготовки (технологические и центровые отверстия, бобышки, приливы и др.).

5. *Принцип относительного расположения поверхностей.* Для операций, на которых обеспечиваются требования по точности относительного взаимного расположения поверхностей, в качестве технологических баз выбираются поверхности, связанные с обрабатываемой требованиями по относительному расположению.

6. *Принцип простоты.* Выбранные технологические базы должны обеспечивать простую и надежную конструкцию приспособления, удобство и быстроту установки и снятия обрабатываемой детали.

Точность, форма и размеры технологической базы должны обеспечивать необходимую точность обрабатываемой поверхности.

Поверхности, которые будут использованы в качестве технологической базы в дальнейшем, должны быть обработаны на первой операции, желательно за один установ детали.

Базы, используемые на операциях окончательной обработки, должны иметь наибольшую точность.

В зависимости от сложности детали может быть несколько схем базирования, анализ которых необходимо производить на основе решения технологических размерных цепей.

Для установки заготовок на металлорежущих станках применяют станочные приспособления, которые состоят из корпуса, опор, установочных элементов, зажимов и других деталей и элементов.

Установочные элементы приспособлений выбирают в зависимости от формы обрабатываемой детали, обрабатываемой поверхности, а также принятого способа базирования. К установочным элементам относят точечные опоры различных типов, опорные пластины, призмы, втулки, цанги, пальцы, кулачки и т.д.

Графическое обозначение опор, зажимов и установочных устройств при базировании регламентированы ГОСТ 3.1107–81, а также приведены в справочной литературе.

Для базирования заготовки по плоскости чаще всего используют точечные опоры, которые являются стандартными деталями приспособления. Точечные опоры могут быть неподвижными, подвижными, плавающими и регулируемыми.

При базировании по цилиндрическим поверхностям заготовки устанавливают в призмы, цанги (ГОСТ 2876–80, ГОСТ 2877–80) самоцентрирующие кулачковые патроны (ГОСТ 24351–80, ГОСТ 2675–80), а также мембранные патроны.

При базировании по внутренним цилиндрическим поверхностям заготовки устанавливают в оправки различных типов: гладкие, цилиндрические, конические, кулачковые, разжимные, шлицевые, резьбовые и т.д.(ГОСТ 18437–73 - 18440–73), установочные пальцы, сухари и кулачки разжимных устройств.

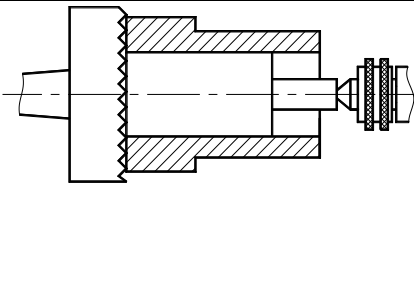
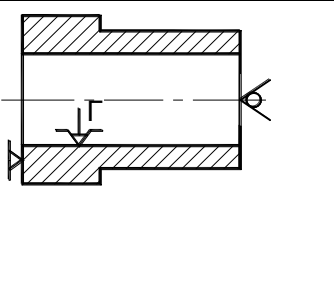
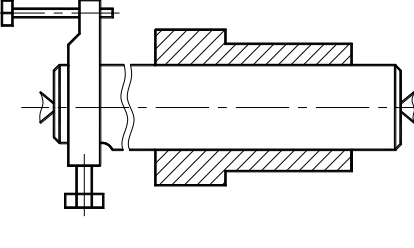
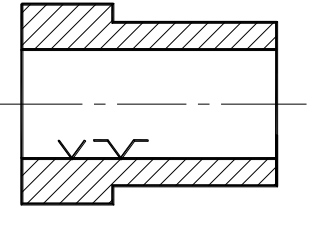
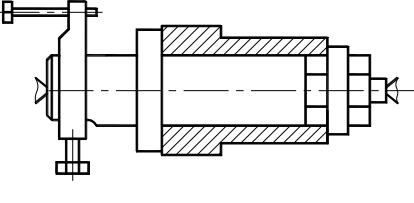
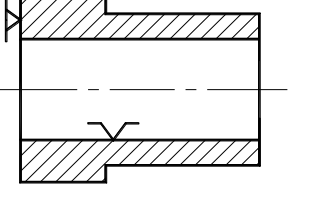
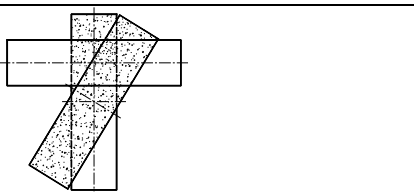
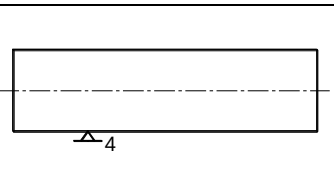
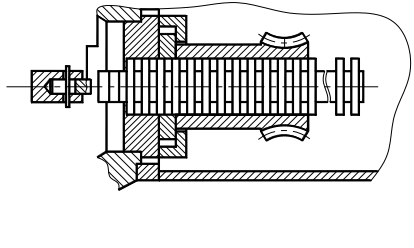
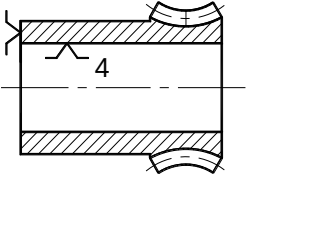
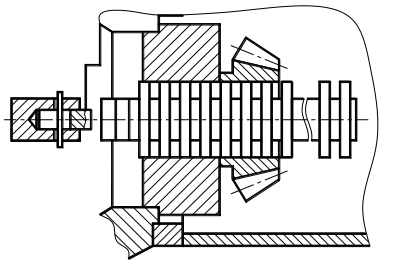
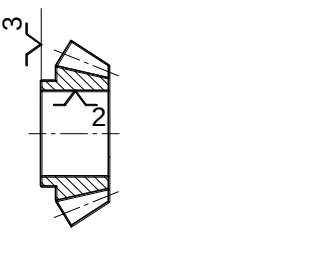
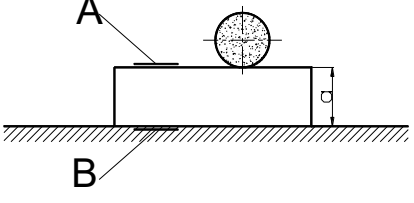
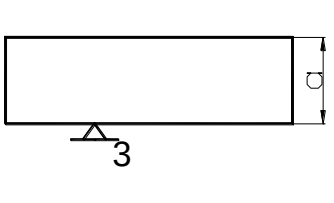
Для базирования цилиндрических заготовок по центровым гнездам и фаскам центровых отверстий используют центры: упорные (ГОСТ 13214–79, ГОСТ 2575–79, ГОСТ 2576–79, вращающиеся (ГОСТ 8742–75) и поводковые.

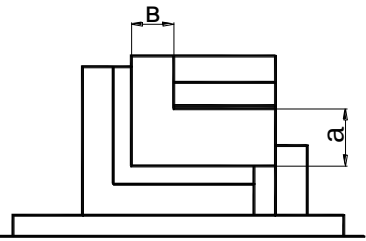
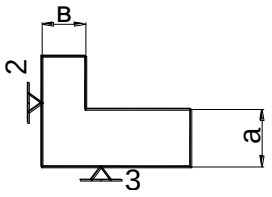
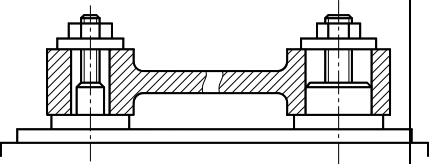
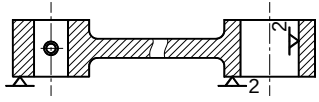
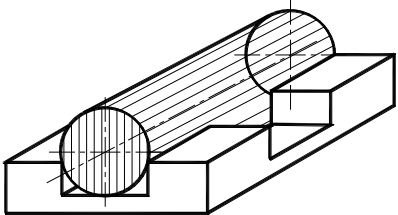
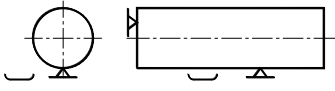
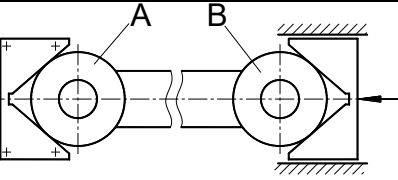
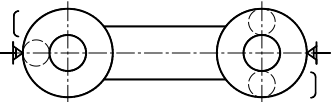
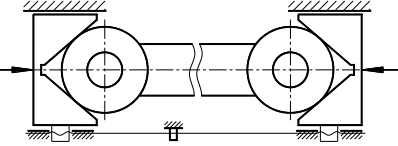
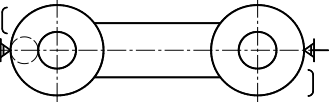
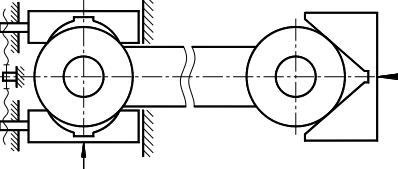
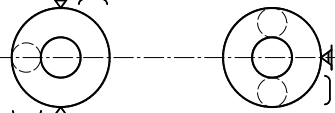
Так как базирование заготовок осуществляется по нескольким поверхностям (комплекту технологических баз), часто в приспособлении используют несколько установочных элементов.

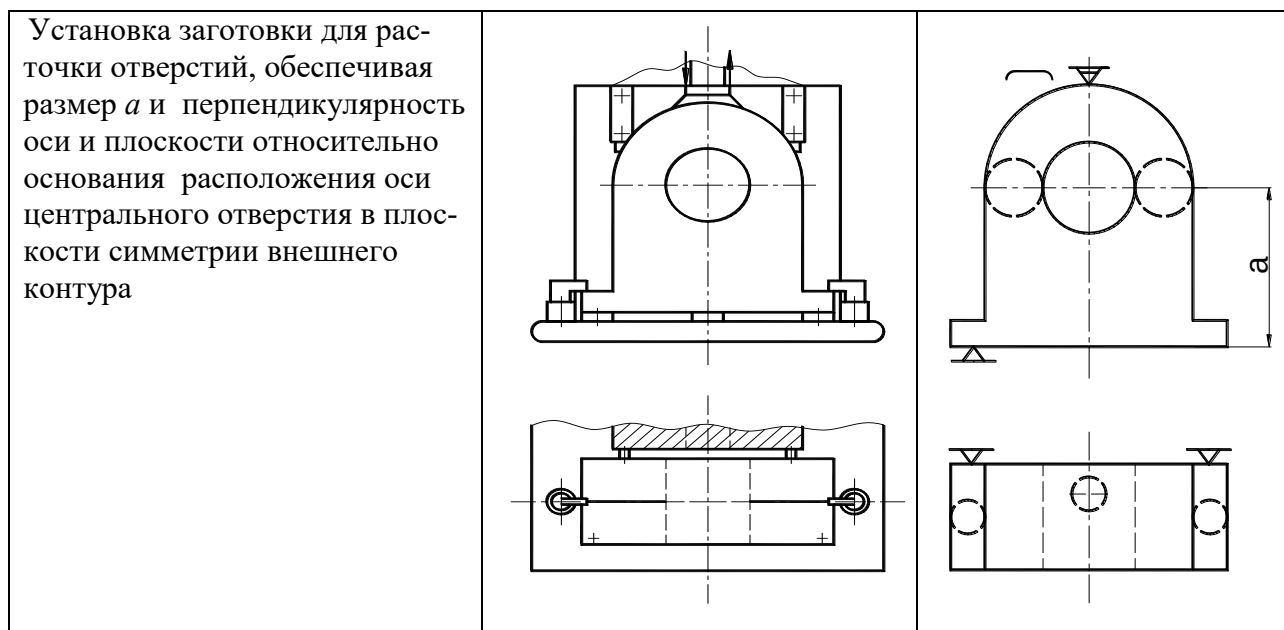
Принятые схемы базирования, условные обозначения опор и зажимных устройств, указываемых на операционных эскизах технологических процессов на каждой операции, приведены в табл.1.

Таблица 1 - Схемы базирования и установки заготовок в приспособлениях и на станках

Содержание операции или характеристика установки	Возможная схема базирования	
	Конструктивная реализация	Условное изображение на технологическом эскизе, согласно ГОСТ 3.1107–81
Установка вала в двух–трехкулачковом самоцентрирующемся патроне, в том числе с длинными кулачками, без упора по торцу		
Установка вала в самоцентрирующемся трехкулачковом патроне с механическим зажимом с упором по торцу с поджимом вращающимся задним центром и с неподвижным люнетом		
Установка вала в неподвижном переднем центре с поводковым патроном и вращающимся задним центром с неподвижным люнетом		
Установка заготовки в двух–трехкулачковом самоцентрирующемся патроне с упором по торцу		
Установка детали (втулка, диск, зубчатое колесо) на разжимной (цанговой) оправке или трехкулачковом патроне с упором по торцу		
Установка детали (втулка, диск, зубчатое колесо) на гладкой цилиндрической оправке с упором по торцу		
Установка длинной детали (цилиндра) на разжимной (цанговой) оправке или трехкулачковом патроне с упором по торцу (обеспечивает concentricity поверхностей вращения)		

Установка детали на цилиндрической оправке с гидравлическим зажимом с упором в торец на рифленую поверхность и с поджимом вращающимся задним центром (обеспечивает concentricity поверхностей вращения)		
Установка детали на конусной жесткой оправке (обеспечивает concentricity поверхностей вращения)		
Установка детали на цилиндрической оправке с гайкой (появляется эксцентриситет поверхностей вращения)		
Бесцентровое шлифование гладкого валика		
Протягивание длинных отверстий (пазов)		
Протягивание коротких отверстий (пазов)		
Установка детали на магнитном столе. При шлифовании плоскостей обеспечивается параллельность поверхностей А и В		

Установка заготовки для фрезерования уступов, выдерживая уступы a и b (приспособление не указано)		
Установка шатуна на плоскости торцев и отверстиям (один палец цилиндрический, другой срезанный) для обработки наружного контура		
Установка детали на призме (приспособление не указано)		
Установка шатуна (рычага) в призмах. При расточке отверстий в головках обеспечивается их симметрия на оси и концентричность, а также при обработке наружной поверхности перпендикулярность осей отверстий к торцевой поверхности		
Установка шатуна (рычага) в призмах. При расточке отверстий в головках обеспечивается их симметрия на оси и концентричность, а также при обработке наружной поверхности перпендикулярность осей отверстий к торцевой поверхности		
Установка шатуна (рычага) в призмах для расточки отверстий в головках. Обеспечивается концентричность отверстия А по контуру головки, симметричность расположения осей отверстий относительно наружного контура и их перпендикулярность к торцам головок		



Выбор способов обработки поверхностей заготовки

Выбор конкретного метода обработки производят с помощью таблиц средней экономической точности различных способов механической обработки, полученных путем систематизации результатов непосредственных наблюдений за ходом операций в цеховых условиях.

Сопоставляя технологические возможности различных способов обработки, исходя из обеспечиваемой ими средней экономической точности, выбирают способы предварительной и окончательной обработки, обеспечивающие заданные значения параметров точности детали (Рис. 1, 2, 3). В таблицах рис. 1...3 для установления маршрута обработки приведены сведения об экономической точности способа обработки (кавалитет), параметрах шероховатости (Ra , Rz). и наиболее вероятное машинное время механической обработки поверхности.

При назначении вида обработки необходимо стремиться к тому, чтобы число переходов при обработке каждой поверхности было минимальным и возможно большее количество поверхностей заготовки обрабатывалось при одной установке. При построении маршрута исходят из того, что каждый последующий способ обработки должен быть точнее предыдущего и технологический

допуск на промежуточный размер, полученный на предыдущем этапе обработки, должен находиться в пределах, при которых можно использовать намечаемый последующий способ обработки. Например, после чернового растачивания нельзя применять чистовое развертывание, так как для устранения всех погрешностей предшествующей обработки зубья развертки работали бы с недопустимо большой глубиной резания.

Количество возможных вариантов маршрута обработки данной поверхности может быть довольно большим. Все они различны по эффективности и рентабельности. Выбор окончательного варианта по этим показателям важен, но сложен и трудоемок. Поэтому маршрут обработки можно выбрать приближенно, оценивая трудоемкость сопоставляемых вариантов по суммарному основному времени обработки, т.е. на первом этапе разработки технологического маршрута пользоваться формулами расчета машинного времени в зависимости от размеров обрабатываемых поверхностей. Пользуясь данными рис. 1, 2, 3 можно составить формулу и получить для сравниваемых вариантов наиболее вероятное машинное время обработки типичных поверхностей.

ПРИМЕР. Обработка цилиндрического отверстия 8-го качества. Отверстие в заготовке получено литьем.

Переход			$t_M = \sum t_{Mi}$
Вариант 1	Растачивание черновое Растачивание чистовое Растачивание тонкое	$t_M = 0,000134 \text{ д·л}$ $t_M = 0,00018 \text{ д·л}$ $t_M = 0,000138 \text{ д·л}$	$t_M = 0,000694 \text{ д·л}$
Вариант 2	Растачивание черновое Растачивание чистовое Шлифование	$t_M = 0,000134 \text{ д·л}$ $t_M = 0,00018 \text{ д·л}$ $t_M = 0,00058 \text{ д·л}$	$t_M = 0,000894 \text{ д·л}$
Вариант 3	Растачивание черновое Развертывание нормальное Развертывание точное	$t_M = 0,000134 \text{ д·л}$ $t_M = 0,00436 \text{ д·л}$ $t_M = 0,0087 \text{ д·л}$	$t_M = 0,0132 \text{ д·л}$
Вариант 4	Зенкерование Развертывание нормальное Развертывание точное	$t_M = 0,00021 \text{ д·л}$ $t_M = 0,00436 \text{ д·л}$ $t_M = 0,0087 \text{ д·л}$	$t_M = 0,0132 \text{ д·л}$
Вариант 5	Зенкерование Протягивание	$t_M = 0,00021 \text{ д·л}$ $t_M = 0,000286 \text{ д·л}$	
Вариант 6	Растачивание черновое Протягивание	$t_M = 0,000134 \text{ д·л}$ $t_M = 0,000286 \text{ д·л}$	

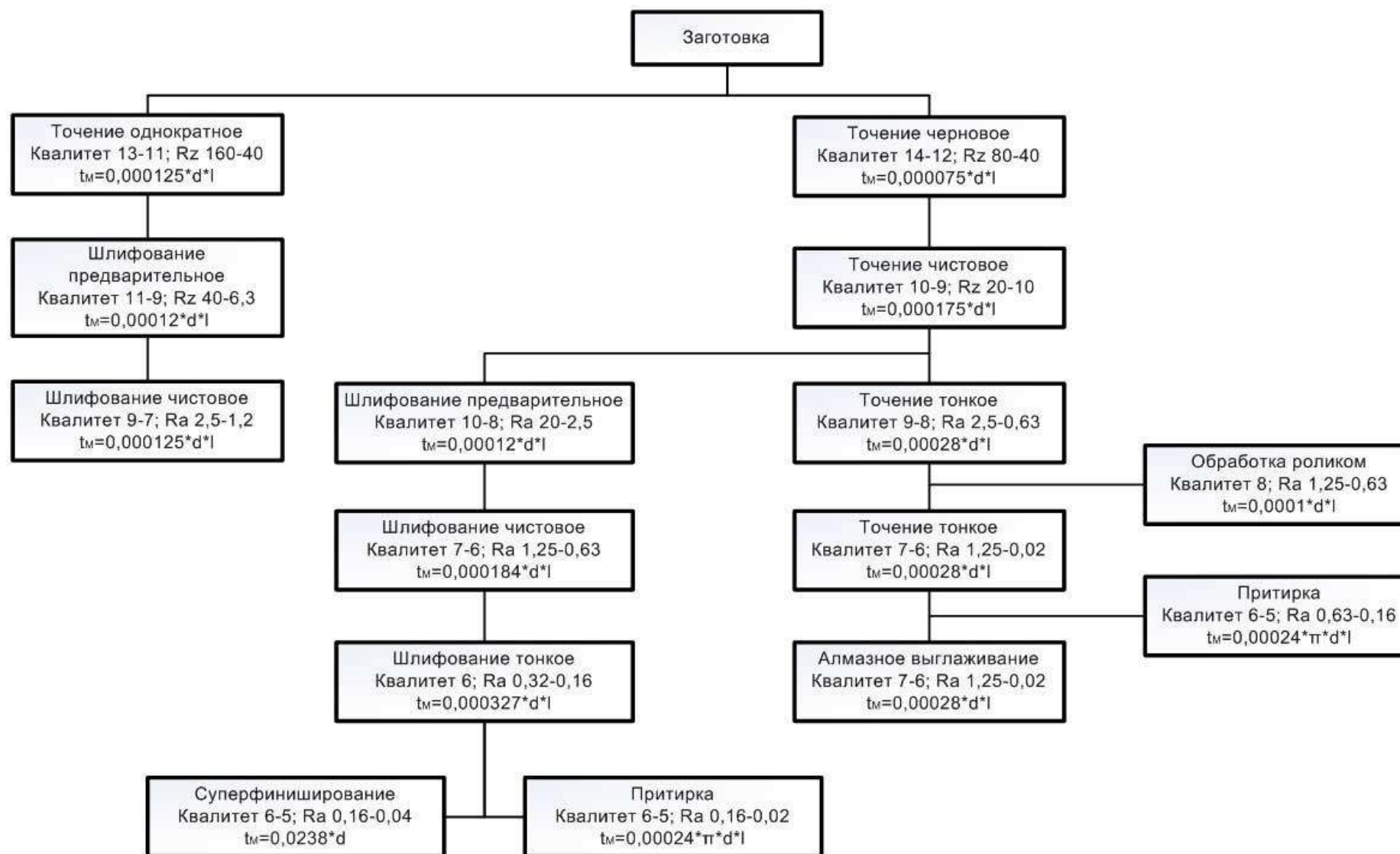


Рис. 1. Способы обработки наружных поверхностей вращения

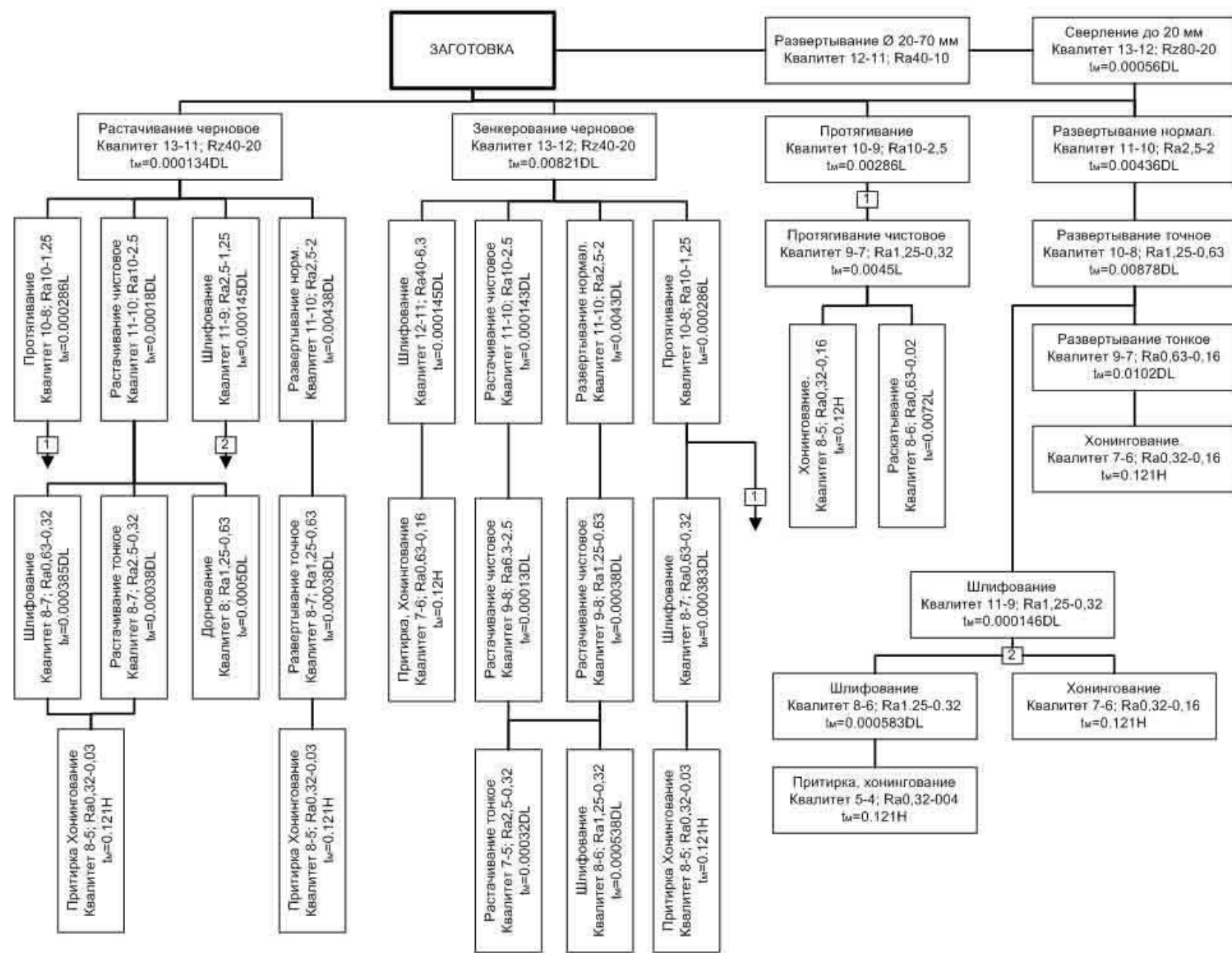


Рис. 2. Способы обработки внутренних поверхностей вращения

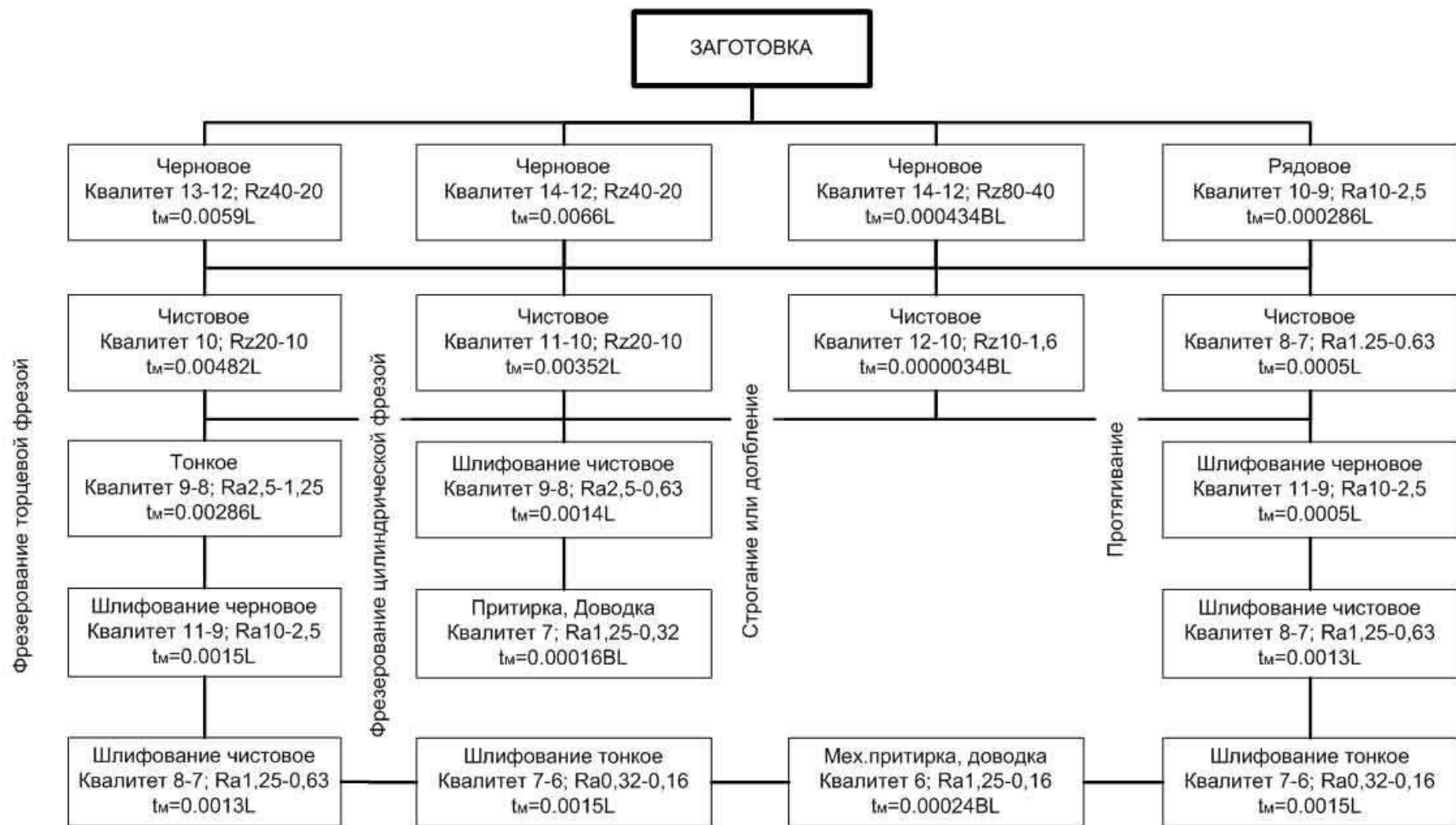


Рис. 3. Способы обработки плоских поверхностей

Число вариантов можно сократить с учетом некоторых соображений, К их числу можно отнести необходимость обработки данной поверхности на одном станке за несколько последовательных переходов (вариант 1), ограничение возможности применения других методов обработки (твердость HRC₃ 45–50, вариант 2), необходимость дифференциации операций (варианты 3, 4). Из приведенных вариантов следует, что наиболее производительный способ окончательной обработки отверстия – протягивание, в условиях же серийного производства не является достаточно экономичным. Как видно из рис. 4, при партии заготовок в 200 шт. только для отверстий длиннее 80 мм протягивание оказывается экономичнее растачивания.

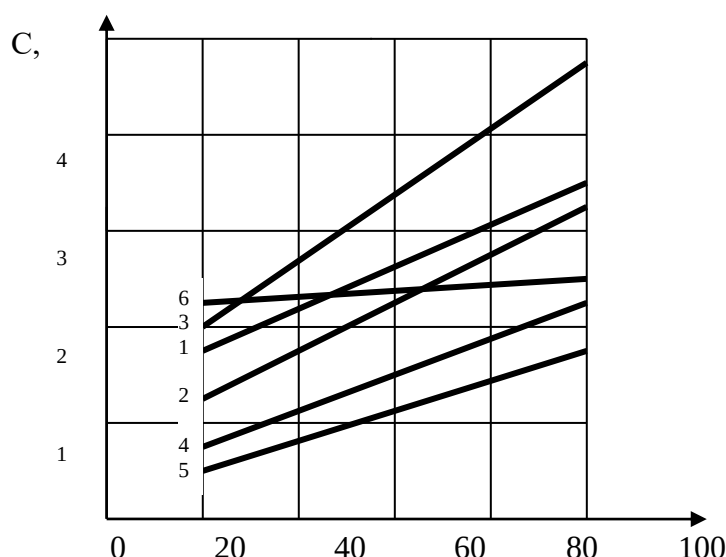


Рис. 4. Относительные затраты обработки отверстия Ø30 H7 с шероховатостью Ra 6,3 в зависимости от длины l, мм:

1 – развертывание на токарном станке; 2 – шлифование; 3 – растачивание; 4 – развертывание на сверлильном станке; 5 – тонкое растачивание; 6 – протягивание.

Таким образом, окончательный выбор способа обработки отверстия из числа перечисленных производительных и экономичных способов должен производиться с учетом накладываемых ограничений, а также наличия и степени загрузки оборудования.

Пример. Выбор методов обработки Ø 80 k6, Ø 58 H7 (см. рис. 5).

Выбор вариантов последовательности обработки поверхности Ø 80k6 (табл. 2) и Ø 58 H7 (табл. 3) осуществляем в соответствии со схемами (см. рис. 1, 2) при этом накладываемое ограничение – твердость поверхностей HRC_{Σ} 52 – 56.

Таблица 2

Вал-шестерня. Способы обработки поверхности Ø 80 k6, $Ra = 1,25$

№ п/п	Последовательность обработки	Квалитет	Шероховатость Rz, Ra, мкм	Машинное (основное) время, мин
1	Точение черновое	14-12	80 – 40	0,7
	Точение чистовое	10 – 9	20 – 10	1,7
	Термическая обработка			
	Шлифование предварит,	10 – 8	10 – 2,5	1,2
	Шлифование чистовое	7 – 6	2,5 – 0,63	1,8
				5,4

Таблица 3

Вал-шестерня. Методы обработки поверхности Ø 58 H7, $Ra = 2,5$

№ п/п	Последовательность обработки	Квалитет	Шероховатость Rz, Ra, мкм	Машинное (основное) время, мин
1	Растачивание черновое	13 – 11	40 – 20	0,2
	Растачивание чистовое	11 – 10	10 – 3,2	0,3
	Термическая обработка			
	Шлифование	8 – 7	1,25 – 0,32	0,7
				1,2
2	Растачивание черновое	13 – 11	40 – 20	0,2
	Шлифование	11 – 9	2,5 – 1,6	0,3
	Термическая обработка			
	Шлифование	8 – 6	1,25 – 0,32	1,0
				1,5
3	Растачивание черновое	13 – 11	40 – 20	0,2
	Зенкерование чистовое	11 – 10	20 – 10	0,4
	Термическая обработка			
	Шлифование	8 – 7	1,25 – 0,32	1,0
				1,6
4	Растачивание черновое	13 – 11	40 – 20	0,2
	Развертывание норм,	11 – 10	2,5 – 1,6	0,8
	Развертывание тонкое	10 – 8	1,25 – 0,63	0,5
	Термическая обработка			
	Шлифование	11 – 9	2,5 – 1,6	0,3
	Шлифование	8 – 6	1,25 – 0,32	1,0

				2,8
5	Растачивание черновое	13 – 11	40 – 20	0,2
	Зенкерование чистовое	11 – 10	20 – 10	0,4
	Развертывание чистовое	8 – 7	2,5 – 0,63	0,8
	Термическая обработка			
	Шлифование	8 – 6	1,25 – 0,32	1,0
				2,4

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучите теоретическую часть работы.
2. Выберите варианты последовательности обработки поверхности (рис.5)

Вариант	Поверхность		
1	M12-7H	13	M12-7H
2	Ø 69 k6	14	Ø 69 k6
3	Ø 51 ^{-0,1}	15	Ø 51 ^{-0,1}
4	Ø 60 _{-0,3} ^{-0,1}	16	Ø 60 _{-0,3} ^{-0,1}
5	Ø 105 ^{-0,23}	17	Ø 105 ^{-0,23}
6	Ø 48 ^{-0,34}	18	Ø 48 ^{-0,34}
7	M12-7H	19	M12-7H
8	Ø 69 k6	20	Ø 69 k6
9	Ø 51 ^{-0,1}	21	Ø 51 ^{-0,1}
10	Ø 60 _{-0,3} ^{-0,1}	22	Ø 60 _{-0,3} ^{-0,1}
11	Ø 105 ^{-0,23}	23	Ø 105 ^{-0,23}
12	Ø 48 ^{-0,34}	24	Ø 48 ^{-0,34}

3. Составить отчет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Некрасов, С.С. Практикум и курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения. – М.: Мир, 2004. – 240 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8

РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Цель: Научиться рассчитывать припуски при проектировании технологических процессов механической обработки с учетом конкретных условий выполнения технологического процесса.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: припуск, факторы, определяющие величину припуска, минимальный припуск и его составляющие, качество поверхности для различных видов заготовок суммарное значение пространственных отклонений для различных видов заготовок и механической обработки, порядок расчёта припусков на обработку и предельных размеров.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: назначение требований к шероховатости обработанных поверхностей. Выполнять расчет пространственных отклонений, определять погрешность установки

Актуальность темы: При проектировании технологических процессов важное место занимает определение припусков на обработку. Установление оптимальных припусков на обработку и технологических допусков на размеры заготовок по всем переходам имеет существенное технико–экономическое значение. Преувеличенные припуски вызывают перерасход материала при изготовлении деталей и необходимость введения дополнительных технологических переходов, увеличивают трудоемкость процессов обработки, расход энергии, режущего инструмента, повышают себестоимость обработки детали. Назначение заниженных припусков не обеспечивает удаления дефектных слоев материала и достижения требуемой точности и качества обрабатываемых поверхностей, повышает требования к точности исходных заготовок и приводит к их удорожанию, увеличивает опасность появления брака. От качества поверхностного слоя детали во многом зависят ее эксплуатационные характеристики. Расчетно-

аналитический метод определения припусков позволяет учесть конкретные условия выполнения технологического процесса.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Припуском называется слой материала, удаляемый с поверхности заготовки для достижения заданной точности и качества поверхности детали.

Физико-механические свойства поверхностного слоя характеризуются его твердостью, структурными и фазовыми превращениями, величиной, знаком и глубиной распространения остаточных напряжений, деформацией кристаллической решетки материала. При применении химико-термических методов обработки изменяется также химический состав материала поверхностного слоя.

Расчетно-аналитический метод определения припусков позволяет учесть конкретные условия выполнения технологического процесса. Согласно этому методу промежуточный припуск должен быть таким, чтобы при его снятии устранились погрешности обработки и дефекты поверхностного слоя, полученные на предыдущих технологических переходах.

Расчетно-аналитический метод определения припусков предусматривает расчет припусков по всем последовательно выполняемым технологическим переходам обработки данной поверхности детали (промежуточные припуски), их суммирование для определения общего припуска на обработку поверхности и расчет промежуточных размеров, определяющих положение поверхности, и размеров заготовки. Расчетной величиной является минимальный припуск на обработку, достаточный для устранения на выполняемом переходе погрешностей обработки и дефектов поверхностного слоя, полученных на предшествующем переходе, и компенсации погрешностей, возникающих на выполняемом переходе. Промежуточные размеры, определяющие положение обрабатываемой поверхности, и размеры заготовки рассчитывают с использованием минимального припуска. Расчетно-аналитический метод определения припусков представляет собой систему, включающую методы обоснованного расчета припусков, увязку расчетных припусков с предельными размерами обрабатываемой поверхности и нормативные материалы.

Различают общие и промежуточные припуски. **Промежуточным припуском** называют слой материала, снимаемый при выполнении данного технологического перехода. **Общий припуск** – это сумма всех промежуточных припусков снятых при обработке данной поверхности.

Различают минимальные, номинальные и максимальные припуски на обработку.

Расчету подлежит минимальный припуск на обработку. Колебание же размера обрабатываемой поверхности заготовки в пределах допуска на ее изготовление создает колебание величины припуска от минимального до максимального.

После определения минимальных промежуточных припусков необходимо определить предельные промежуточные (межпереходные) размеры. Промежуточными (межпереходными) размерами называют размеры, получаемые на каждом технологическом переходе.

Факторы, определяющие величину припуска

1. Высота неровностей профиля R_{Zi-1} , полученная на предшествующем переходе обработки данной поверхности. Величина R_{Zi-1} зависит от метода, режимов и условий выполнения предшествующей обработки приводится в табл. 1...22.

2. Состояние и глубина поверхностного слоя T_{i-1} , полученные на предшествующем технологическом переходе. Этот слой, отличающийся от основного металла по механическим свойствам, наличию остаточных напряжений и структуре, включается в припуск не всегда.

Разные металлы в зависимости от вида и режимов обработки имеют разную величину изменённого слоя.

У заготовок, изготовленных из серого чугуна, изменённый слой представляет собой перлитную корку, которая обычно полностью удаляется в первом переходе при обработке лезвийным инструментом с целью сохранения его стойкости. Поэтому для последующих переходов обработки поверхности величина T_{i-1} принимается равной нулю.

Стальные поковки и штамповочные заготовки имеют обезуглероженный поверхностный слой. Этот слой снижает предел выносливости металла, поэтому его следует удалить при механической обработке. Значения T для основных видов заготовок и методов механической обработки приводятся в табл. 1...22.

Суммарное значение пространственных отклонений ρ_{i-1} в расположении обрабатываемой поверхности относительно базовых поверхностей заготовки, оставшихся после выполнения предшествующего перехода. В минимальный припуск входят пространственные отклонения, имеющие самостоятельные значения, не связанные с допуском на выполняемый размер. Они могут быть заданы непосредственно как допустимая кривизна вала, коробление поверхностей, смещение и увод отверстия, непараллельность осей, неперпендикулярность, радиальное и торцевое биение и прочие, а также допуском на расположение, поверхности или оси, координирующим размером. Причинами пространственных отклонений могут быть: пространственные погрешности изготовления литейных форм и штампов; деформации детали в процессе обработки; погрешности взаимного положения рабочих элементов станка.

Минимальный припуск и его составляющие

Структура минимального припуска показана на рис. 1.

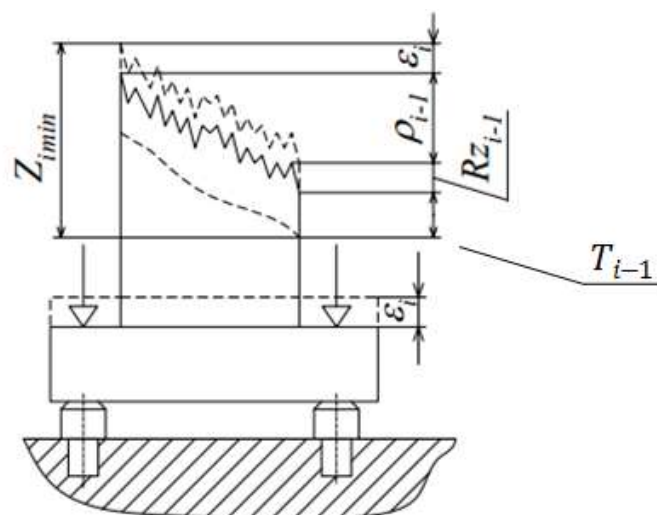


Рис. 1. Составляющие минимального припуска

Таблица 1 Значение минимального припуска определяется следующими формулами для различных вариантов обработки

Вид обработки	Расчетная формула
Последовательная обработка противоположных или отдельно расположенных поверхностей	$Z_{i\min} = R_{Zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$
Параллельная обработка противоположных плоскостей	$2Z_{i\min} = 2(R_{Zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i)$
Обработка наружных или внутренних поверхностей вращения	$2Z_{i\min} = 2(R_{Zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$
Обтачивания цилиндрической поверхности заготовки, установленной в центрах; бесцентровое шлифование	$2Z_{i\min} = 2(R_{Zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1})$
Развертывание плавающей разверткой, протягивание отверстий	$2Z_{i\min} = 2(R_{Zi-1} + T_{i-1})$
Суперфиниш, полирование и раскатка (обкатка)	$2Z_{i\min} = 2R_{Zi-1}$
Обработка лезвийным или абразивным инструментом без выдерживания размера черновой поверхности	$Z_d = R_{Zi-1} + T_{i-1} + 0,25 * \delta_{i-1})$
Шлифование после термообработки: а) при наличии б) при отсутствии	а) $Z_{i\min} = R_{Zi-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$ $2Z_{i\min} = 2(R_{Zi-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i)$ б) $Z_{i\min} = R_{Zi-1} + \rho_{i-1}$ $2Z_{i\min} = 2(R_{Zi-1} + \rho_{i-1})$

Расчетный припуск не должен быть меньше той глубины резания, при которой работа нормально заточенной режущей кромки инструмента становится неустойчивой. Например, острозаточенный резец может снимать стружку толщиной около 5 мкм, при затуплении кромки 10–20 мкм.

где R_{Zi-1} – высота микронеровностей поверхности по ГОСТ 2789-73 на предшествующем переходе, мкм;

T_{i-1} – глубина дефектного поверхностного слоя, полученного на предшествующем переходе, мкм;

ρ_{i-1} – суммарное значение пространственных отклонений взаимосвязанных поверхностей, оставшихся после выполнения предшествующего перехода, мкм;

ε_i – погрешность установки заготовки на станке

при выполняемом переходе, мкм.

Минимальные промежуточные припуски рассчитываются с точностью до микрометра, округление результата всегда производится в сторону увеличения припуска. Во всех случаях назначаемый минимальный припуск должен превышать минимальную толщину стружки, которую может снять режущий инструмент (при точении – 0,02 - 0,05 мм, при фрезеровании – больше указанных значений, при абразивной обработке – меньше).

Назначение требований к шероховатости обработанных поверхностей

Шероховатость поверхности, сформированная на предшествующем переходе, оказывает существенное влияние на минимальный припуск. При окончательной обработке поверхности шероховатость определяется требованиями чертежа. На промежуточных переходах она назначается технологом. Шероховатость исходной заготовки назначается технологом исходя из возможностей принятого метода получения заготовки. Справочная информация по параметрам шероховатости поверхностей в зависимости от метода их получения приведена в Таблицах 2... 23.

При назначении шероховатости на промежуточные переходы учитываются следующие правила:

при черновой обработке шероховатость грубее, чем при чистовой, а при чистовой – грубее, чем при окончательной;

каждый последующий переход не должен ухудшать шероховатость поверхности; равенство шероховатостей смежных переходов является предельно допустимым случаем;

повышенные требования по шероховатости предъявляются к поверхностям:

– базовым,

–подлежащим последующей химико-термической или гальванической обработке (так как эта обработка ухудшает шероховатость примерно на один класс).

Чем выше требования по шероховатости, тем меньшим будет припуск на последующую обработку.

Глубина дефектного слоя

Дефектный слой формируется при любой обработке, при любых технологических операциях, но его толщина может варьироваться от нескольких микрон до сотен микрон. Глубина дефектного слоя исходной заготовки определяется главным образом методом получения заготовки, в некоторых случаях – габаритными размерами заготовки. Глубина дефектного слоя, формируемого в результате механической обработки, определяется методом и условиями обработки.

Для серого и ковкого чугуна и цветных сплавов после первого технологического перехода глубина дефектного слоя T_i крайне незначительна и поэтому из расчетной формулы исключается.

Справочная информация о глубине дефектного слоя, в зависимости от метода обработки поверхности, приведена в Таблицах 2... 23.

Таблица 2 Качество поверхности для различных видов заготовок

Вид заготовки	Параметры качества, мкм	
	Rz	T
Заготовки из горячекатаного проката		
Диаметр до 25 мм	150/100*	150/100*
Диаметр от 25 до 75 мм	150/100*	250/150*
Диаметр от 75 до 150 мм	200/150*	300/200*
Диаметр свыше 150 мм	300/250*	400/300*
Заготовки из проката		
Калиброванный гладкотянутый	60	75
Калиброванный шлифованный	10	20
Поперечно-винтовой	0,7	1,1
Заготовки штампованные		
Масса заготовки до 0,25 кг	80***	150

Масса заготовки от 0,25 до 4,0 кг	160***	200
Масса заготовки от 4,0 до 25 кг	200***	250
Масса заготовки от 25 до 40 кг	250***	300
Масса заготовки от 40 до 100 кг	320***	350
Масса заготовки от 100 до 200 кг	400***	400
Заготовки кованные		
Свободная ковка при наибольшем поперечном размере, мм: Св. 50 до 180 Св. 180 до 500 Св.500 до 1000 Св. 1000 до 2000	2000** 3000** 4000** 5000**	
Ковка на ГKM	50***	75
Заготовки литые		
Литье в песчаные формы**** (для классов размерной точности 9 и грубее) при наибольших габаритных размерах, мм: До 500 Св.500 до 1250 Св.1250 до 3150	800** 900** 1000**	
Литье в кокиль и центробежное	200	250
Литье в оболочковые формы	40	200
Литье по выплавляемым моделям	30	140
Литье под давлением	50	100
Примечания: * – в числителе приведены данные для проката обычной точности, в знаменателе – для проката повышенной точности; ** - приведено суммарное значение (Rz+T); *** - после пескоструйной обработки; при дробеструйной обработке величину высоты микронеровностей принимать 400 мкм независимо от массы штамповки; **** - увеличение (Rz+T) для верха заготовки в положении при заливке металла в форму принимать в пределах 0,5 - 3 мм для отливок из серого чугуна и 0,5 - 7 мм для стальных отливок		

Таблица 3 Точность и шероховатость поверхности заготовок после некоторых видов механической обработки

Характеристика заготовки	Вид механической обработки	Квалитет точности	Высота микронеровностей Rz, мкм
Прокат	Черновая	12 - 14	160 - 80
	Получистовая	12 - 11	80 – 20
	Чистовая	11 - 10	20
Поковки, полученные свободной ковкой	Обдирка	17	320
	Черновая	15 - 16	320 – 160
	Получистовая	14 - 12	160 – 80
	Чистовая	11 - 10	40 – 20
Отливки 9-го класса размерной точности и грубее	Обдирка	17 - 16	320
	Черновая	15 - 14	320 – 160
	Получистовая	14 - 12	160 – 40
	Чистовая	11 - 10	20 – 10

Для заготовок любого вида	Тонкая обработка лез- вийным инструментом	9 - 8	5 – 2,5
	Однократное шлифо- вание	9 - 7	10 – 2,5
	Тонкое шлифование	7 - 6	2,5 – 0,63

Качество поверхностей отливок

Таблица 4 Качество поверхности отливок ($R_z + T$), мкм, достигаемое различными способами формовки

Отливка		Наибольший размер отливки, мм	
материал	Способ формовки	До 500	Св. 500 до 1000
Чугун ($R_z + T$)	I	400	600
	II	500	700
	III	600	800
Сталь ($R_z + T$)	I	300	500
	II	400	600
	III	500	700
Цветные металлы и сплавы ($R_z + T$)	I	200	400
	II	300	500
	III	400	600
Примечание: I - литье в формы, изготовленные машинной формовкой по металлическим моделям; II – машинная формовка по деревянным моделям; III – ручная формовка по деревянным моделям			

Таблица 5 Качество поверхности отливок, достигаемое специальными способами литья

Способ литья		Класс размерной точности ГОСТ 26645-85 (и соот- ветствующий ему кавалитет)	R_z , мкм	T, мкм для заготовки		
				из чу- гуна	из стали	из цвет- ных ме- таллов
В кокиль		7-5 (IT14-15)	200	300	-	100
Центробежное		7-5 (IT14-15)	200	300	-	100
Под давлением		5-4 (IT11-12)	30	-	-	100
В оболочко- вые формы для элемен- тов, полу- чаемых	в одной полу- форме	5-4 (IT11-12)	40	260	160	100
	в обеих полу- формах	7 (IT14)	40	260	160	100
	под давлением	5 – 4 (IT11-12)	50	-	-	100
По выплавляемым моделям		5-4 (IT11-12)	32	170	100	63

Таблица 6 Качество поверхности после механической обработки отливок, полученных литьем в песчаные формы

Метод обработки	Квалитет точности	Rz, мкм	T, мкм
<i>Отливки 3т – 5 классов точности</i>			
Обработка лезвийным инструментом:			
- однократная	12 - 11	40 - 10	30
- черновая	12	50	50
- чистовая	11 - 10	40 - 10	25
- тонкая	9 - 8	...	...
Шлифование:			
- однократное	8	...	...
- предварительное	9	10	20
- чистовое	8 - 7	5 – 2,5	15
- тонкое	7 - 6	...	...
<i>Отливки 6 – 9т классов точности</i>			
Обработка лезвийным инструментом:			
- черновая	14	100	100
- получистовая	12	50	50
- чистовая	11 - 10	40 – 10	25
- тонкая	9 - 8	...	...
Шлифование:			
- однократное	8	...	...
- предварительное	9	10	20
- чистовое	8 - 7	5 – 2,5	15
- тонкое	7 - 6	...	...

Таблица 7 Качество поверхности после механической обработки отливок, полученных специальными способами литья

Метод обработки	Квалитет точности	Rz, мкм	T, мкм
<i>Литье в кокиль</i>			
Обработка лезвийным инструментом:			
- однократная	11	40 – 10	25
- черновая	12	50	50
- чистовая	10	40 – 10	20
- тонкая	9 - 8	5 – 2,5	5
Шлифование:			
- однократное	8	10	20
- предварительное	9	10	20
- чистовое	8 - 7	5 – 2,5	15
- тонкое	7 - 6	2,5	5
<i>Литье в оболочковые формы</i>			

Обработка лезвийным инструментом:			
- однократная	11 - 10	40 - 20	25
- черновая	11	20	20
- чистовая	10	10	20
- тонкая	9 - 8	5 – 2,5	5
Шлифование:			
- однократное	8	10	20
- предварительное	9	10	20
- чистовое	8 - 7	5 – 2,5	15
- тонкое	7 - 6	2,5	5
<i>Литье по выплавляемым моделям</i>			
Обработка лезвийным инструментом:			
- однократная	10	20 – 5	20
- тонкая	9 - 8	5 – 2,5	5
Шлифование:			
- однократное	8	10	20
- предварительное	9	10	20
- чистовое	8 - 7	5 – 2,5	15
- тонкое	7 - 6	2,5	5

Качество поверхности послековки и штамповки

Таблица 8 Качество поверхности поковок, изготовленных ковкой на прессах и молотах (Rz + T), мкм

Наибольший размер поковки, мм	Пресс		Молот	Подкладные штампы
	Точность			
	повышенная	нормальная	нормальная	нормальная
От 50 до 180	800	1000	1000	750
Св.180 до 500	100	1500	1500	1250
Св.500 до 1250	1500	2000	2000	1500
Св.1250 до 3150	2000	2500	2500	-

Таблица 9 Качество поверхностей после механической обработки штампованных заготовок

Метод обработки	Квалитет точности	Rz, мкм	T, мкм
Валы ступенчатые			
<i>Торцовые поверхности</i>			
Торцовое фрезерование однократное	14	100	100
Черновое подрезание	12	50	50
Чистовое подрезание	11	32	30

Шлифование на круглошлифовальных станках	9 - 8	10 - 5	10
<i>Наружные поверхности вращения</i>			
Обтачивание:			
- однократное	12 - 11	32	30
- черновое	12	50	50
- чистовое	11	25	25
- тонкое	9 - 7	5 – 2,5	5
Шлифование:			
- предварительное	9 - 8	10	20
- чистовое	7 - 6	5 – 2,5	15
- тонкое	6 - 5	2,5 – 0,63	5

Диски, шестерни одновенцовые и многовенцовые			
<i>Наружные поверхности вращения</i>			
Обтачивание:			
- однократное	12 - 10	80 - 10	30
- черновое	14	100	100
- получистовое	12	50	50
- чистовое	11 - 10	40 – 10	25
- тонкое	9 - 8	5 – 2,5	...
Шлифование:			
- однократное	9 - 7	5	10
- предварительное	9 - 8	10	20
- чистовое	7 - 6	5 – 2,5	15
- тонкое	6 - 5	2,5	5
<i>Торцовые поверхности</i>			
Торцовое точение и подрезание:			
- однократное	12 - 10	80 – 10	30
- черновое	14	100	100
- получистовое	12	50	50
- чистовое	11 - 10	40 – 10	25
Шлифование однократное на круглошлифовальном станке	9 - 7	5	10
Шлифование на плоскошлифовальном станке:			
- предварительное	9 - 8	10	20
- чистовое	7 - 6	5 – 2,5	15
Рычаги			

<i>Плоскости, параллельные оси детали и плоскости разъема головок</i>			
Фрезерование:			
- черновое	12	32	50
- чистовое	11	10	15
Протягивание	10	5	10
Шлифование плоских поверхностей, параллельных оси детали:			
- предварительное	9 - 8	10	20
- чистовое	7 - 6	5 – 2,5	15
Обтачивание круглого стержня рычага:			
- черновое	12	50	50
- чистовое	11	25	25

Таблица 10 Качество поверхностей после механической обработки поковок, полученных ковкой на прессах, молотах и подкладных штампах

Метод обработки	Квалитет точности	Rz, мкм	T, мкм
<i>Точение резцами, фрезерование:</i>			
- обдирочное	17	1250	350
- черновое	16 - 15	250	240
- получистовое	14 - 12	125	120
- чистовое	11 - 10	40	40
- тонкое	7 - 6	5	5
<i>Шлифование:</i>			
- обдирочное	15 - 14	20	20
- черновое	10	15	15
- чистовое	7 - 6	5	5
- тонкое	6 - 5	2,5	5

Качество поверхности проката

Таблица 11 Качество поверхности калиброванного проката

Характеристика проката	Rz, мкм	T, мкм
Гладкотянутый	60	60
Шлифованный	10	20

Таблица 12 Качество поверхности сортового горячекатаного проката

Диаметр проката, мм	Точность прокатки					
	высокая		повышенная		обычная	
	Rz, мкм	T, мкм	Rz, мкм	T, мкм	Rz, мкм	T, мкм

До 30	63	50	80	100	125	150
Св.30 до 80	100	75	125	150	160	250
Св.80 до 180	125	100	160	200	200	300
Св.180 до 250	200	200	250	300	320	400

Таблица 13 Качество поверхности круглого проката со специальной отделкой поверхности («серебрянка»)

Группа отделки поверхности стали	Квалитеты	Шероховатость поверхности по ГОСТ 2789-73		Наименование допустимых дефектов поверхности	Максимальная глубина залегания допустимых дефектов
		параметр Ra, мкм, не более	базовая длина, мм		
А	h5, h6, h7, h8, h9, h10	0,32	0,25	Дефекты не допускаются	Дефекты не допускаются
Б	h6, h7, h8, h9, h10, h11	0,63	0,8		
В	h7, h8, h9, h10, h11	1,25	0,8		
Г	h8, h9, h10, h11	2,5	0,8	Отдельные дефекты механического происхождения	1/2 предельного отклонения по диаметру
Д	h9, h10, h11, h12	-	-	Отдельные дефекты механического происхождения	Предельное отклонение по диаметру
Е	h8, h9	-	-	Продольные риски	1/2 предельного отклонения по диаметру

Таблица 14 Качество поверхности поперечно-винтового проката

Диаметр проката, мм	Rz, мкм, при точности прокатки		Т, мкм
	повышенной	нормальной	
До 10	63	100	100
Св.10 до 18	100	200	180
Св.18 до 30	160	320	300
Св.30 до 50	320	500	500
Св.50 до 80	500	800	800
Св.80 до 120	800	1250	1200

Св.120 до 180	1250	1600	2000

Таблица 15 Бесцентровое шлифование заготовок из калиброванного проката

Квалитет точности проката и вид шлифования	Квалитет точности	Rz, мкм	T, мкм
<i>Калиброванная, 8-й квалитет</i> Шлифование после термообработки	7-6	3 - 0,8	...
<i>Калиброванная, 9-й квалитет</i> Шлифование: - до термообработки - после термообработки	8 7 - 6	6 3 - 0,8	12 ...
<i>Калиброванная, 10-й и 11-й квалитеты</i> Шлифование: - предварительное - чистовое - тонкое	9 8 7 - 6	10 6 3 - 0,8	20 12 6 - 2
Примечание: калиброванный прокат 8-го квалитета точности шлифовать до термообработки нецелесообразно ввиду его высокой точности			

Таблица 16 Механическая обработка калиброванного проката 12-го квалитета точности (автоматная сталь)

Метод обработки	Квалитет точности	Rz, мкм	T, мкм
<i>Наружные поверхности</i> Обтачивание: - однократное - двухкратное Шлифование: - предварительное - чистовое - тонкое	11 10 9 8 - 7 7 - 6	30 15 10 5 - 3 3 - 0,8	20 15 20 15 ...
<i>Торцовые поверхности</i> Подрезание: - черновое - чистовое Шлифование на круглошлифовальных станках	12 11 7	50 30 5	50 30 ...

Таблица 17 Качество наружных поверхностей вращения после механической обработки горячекатаного проката

Метод обработки	Квалитет точности	Rz, мкм	T, мкм
Обтачивание проката повышенной точности: - черновое - чистовое и однократное - тонкое	12 11 - 10 9 - 7	63 32 - 20 6,3 - 3,2	60 30 —
Обтачивание проката обычной точности: - черновое - получистовое - чистовое - тонкое	14 12 11 - 10 9 - 7	120 63 30 - 20 6,3 - 3,2	120 60 30 —
Шлифование: - предварительное - чистовое и однократное - тонкое	9 - 8 8 - 7 7 - 6	10 6,3 - 3,2 3,2 - 0,8	20 12 6 - 2
Примечание: при шлифовании после закалки T из формулы припуска исключать			

Таблица 18 Качество торцовых поверхностей проката после механической обработки

Метод обработки	Квалитет точности*	Rz, мкм	T, мкм
Подрезание торцов и торцовое точение: - черновое - чистовое	12 11	63 - 50 32	50 - 60 30
Шлифование торцов на круглошлифовальных станках	7 - 6	10 - 5	20
Примечание: * без учета погрешности базирования			

Таблица 19 Качество торцовой поверхности проката после резки, мм

Показатели	Способ резки									
	по упору на ножницах, дисковыми пилами и приводными ножовками				на прессах и дисковыми фрезами на фрезерных станках		отрезными резцами на стан- ках токарного типа			
Диаметр отрезаемой заготовки D										
2 - 25	26 - 75	80 - 150	Св. 150	5 - 25	26 - 75	5 - 25	26 - 75	80 - 150	160 - 250	

Допускаемое отклонение размеров по длине заготовки	±1,0	±1,3	±1,8	±2,3	±0,3	±0,4	±0,25	±0,35	±0,40	±0,50
Высота микронеровностей и глубина дефектного слоя Rz+T	0,3				0,2		0,2			
Отклонение от перпендикулярности торца к оси заготовки	0,010D				0,0007D		0,045D			
Примечание: при резке на ножницах получаются вмятина и скос; величина вмятины в направлении, перпендикулярном к поверхности среза, достигает 0,2D, а величина скоса по торцу 3°. Величину вмятины и скоса следует учитывать при последующей обработке отрезанной заготовки соответственно по диаметру и по торцу										

Качество поверхности при обработке отверстий

Таблица 20 Качество поверхности при сверлении и зенкеровании

Показатели	Диаметр отверстия, мм					
	от 3 до 6	св.6 до 10	св.10 до 18	св.18 до 30	св.30 до 50	св.50 до 80
Сверление спиральными сверлами						
Квалитет точности	12	12	12	12	12	12
Шероховатость Rz, мкм	20	32	40	50	50	63
Глубина дефектного слоя T, мкм	40	50	60	70	70	80
Глубокое сверление специальными сверлами						
Квалитет точности	12	12	12	12	12	
Шероховатость Rz, мкм	16	16	20	32	50	
Глубина дефектного слоя T, мкм	25	25	30	40	50	
Зенкерование отверстий однократное						
Квалитет точности			10	10	10	10
Шероховатость Rz, мкм			32	32	32	32
Глубина дефектного слоя T, мкм			40	40	40	40
Зенкерование отверстий черновое*						
Квалитет точности				12 - 11	12 - 11	12 - 11
Шероховатость Rz, мкм				40	50	50
Глубина дефектного слоя T, мкм				40	50	50
Зенкерование отверстий чистовое*						
Квалитет точности			11 - 10	11 - 10	11 - 10	11 - 10
Шероховатость Rz, мкм			32	32	40	40
Глубина дефектного слоя T, мкм			30	30	40	40

Примечание: * черновое зенкерование – зенкерование по литому или прошитому отверстию; чистовое зенкерование – зенкерование после сверления или черного зенкерования

Таблица 21 Качество поверхности при развертывании

Показатели	Диаметр отверстия, мм					
	от 3 до 6	св.6 до 10	св.10 до 18	св.18 до 30	св.30 до 50	св.50 до 80
Развертывание отверстий нормальное*						
Квалитет точности	...	10	10	10	10	10
Шероховатость Rz, мкм	...	10	10	10	10	10
Глубина дефектного слоя Т, мкм	...	15	20	25	25	25
Развертывание отверстий точное*						
Квалитет точности	...	8	8	8	8	8
Шероховатость Rz, мкм	...	5	5	5	5	5
Глубина дефектного слоя Т, мкм	...	10	10	10	10	10
Развертывание отверстий тонкое*						
Квалитет точности	...	7	7	7	7	7
Шероховатость Rz, мкм	...	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Глубина дефектного слоя Т, мкм	...	5	5	5	5	5
Примечание: * виды развертывания определяются допусками на диаметральные размеры разверток						

Таблица 22 Качество поверхности при растачивании отверстий

Показатели	Диаметр отверстия, мм			
	св.50 до 80	св.80 до 120	св.120 до 180	св.180 до 260
Растачивание отверстий черновое				
Квалитет точности	12	12	12	12
Шероховатость Rz, мкм	40	40	40	40
Глубина дефектного слоя Т, мкм	50	50	50	50
Растачивание отверстий чистовое				
Квалитет точности	10	10	10	10
Шероховатость Rz, мкм	20	20	20	20
Глубина дефектного слоя Т, мкм	25	25	25	25

Таблица 23 Качество поверхности при протягивании, калибровании, шлифовании и хонинговании отверстий

Показатели	Диаметр отверстия, мм				
	св.6 до 10	св.10 до 18	св.18 до 30	св.30 до 50	св.50 до 80
Протягивание					
Квалитет точности	—	8	8	8	8
Шероховатость Rz, мкм	—	4	4	4	4
Глубина дефектного слоя Т, мкм	—	6	6	6	6
Калибрование шариком или оправкой					
Квалитет точности	7	7	7	7	7
Шероховатость Rz, мкм	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
Глубина дефектного слоя Т, мкм	—	—	—	—	—
Шлифование					
Квалитет точности	—	7 - 9	7 - 9	7 - 9	7 - 9
Шероховатость Rz, мкм	—	5	5	5	5
Глубина дефектного слоя Т, мкм	—	10	10	10	10
Хонингование					
Квалитет точности	—	6 - 7	6 - 7	6 - 7	6 - 7
Шероховатость Rz, мкм	—	0,16	0,16	0,16	0,16
Глубина дефектного слоя Т, мкм	—	—	—	—	—

Расчет пространственных отклонений

Пространственные отклонения при расчете минимального припуска следует учитывать:

- при выполнении первого технологического перехода;
- после черновой обработки лезвийным инструментом;
- после получистовой обработки лезвийным инструментом;
- после любой термической обработки.

Пространственные отклонения расположения поверхностей при обработке за несколько переходов закономерно уменьшаются, поэтому на стадиях чистовой и отделочной обработки ими можно пренебречь.

При расчете пространственных отклонений как составляющих минимального припуска следует учитывать специфику конкретного метода получения заготовки и

возникающие при этом погрешности формы и взаимного положения поверхностей заготовки.

Например: «Таковыми погрешностями могут быть смещение по линии разъема штампа, эксцентриситет в расположении поверхностей вращения, формируемых в одной половине штампа (рис. 2). При неопределенности взаимного положения таких погрешностей их следует суммировать геометрически. Так, смещение по плоскости разъема штампа в случаях прохождения плоскости разъема по элементарной поверхности (рис. 2 а, б) приводит к уступу на этой поверхности. Чтобы компенсировать эти пространственные отклонения, следует предусмотреть дополнительный припуск на обработку поверхности D .

При прохождении плоскости разъема через линию контакта элементарных поверхностей (рис. 2 в, г) смещение по плоскости разъема приводит к отклонению от концентричности поверхностей, формируемых в разных частях штампа. Чтобы компенсировать эти пространственные отклонения, следует предусмотреть дополнительный припуск на обработку поверхности d ».

Суммарное значение пространственной погрешности ρ определяется как векторная сумма пространственных отклонений:

$$\bar{\rho} = \sum \bar{\rho}_m$$

При обработке плоских поверхностей выполняется алгебраическое (с учетом направления) суммирование пространственных отклонений:

$$\rho = \sum \rho_m$$

При обработке поверхностей вращения предвидеть направление смещений векторов пространственных отклонений крайне затруднительно, поэтому их суммируют геометрически:

$$\rho = \sqrt{\sum \rho_m^2}$$

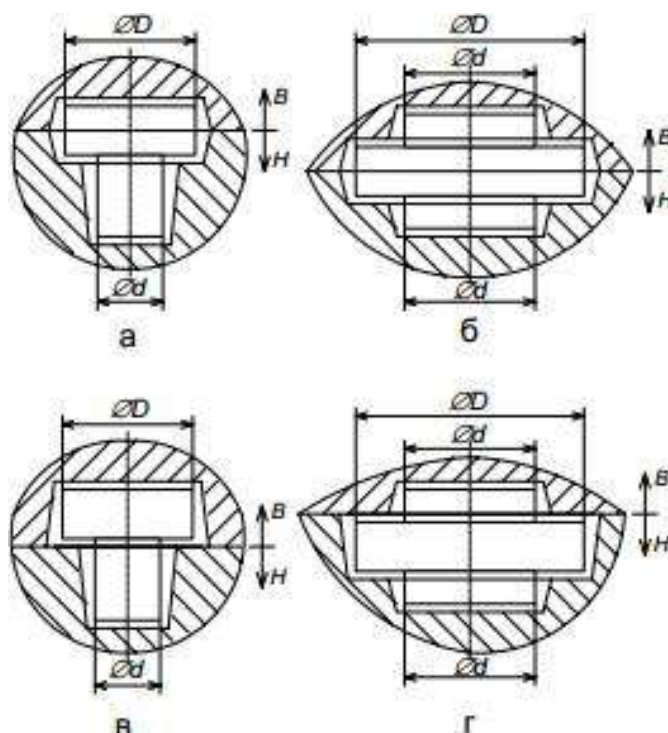


Рис. 2. Расположение линии разреза штампа

Обозначения, используемые в табл. 24: ρ ; $\rho_{\Delta l}$; ρ_{α} – суммарное значение пространственных отклонений обрабатываемой поверхности; $\rho_{кор}$ – величина коробления обрабатываемой поверхности (см. табл. 26); $\rho_{см}$ – смещение обрабатываемой поверхности относительно базовой или смещение одних участков поверхностей относительно других (см. табл. 25); $\rho_{ц}$ – погрешность зацентровки; Δ_k – удельная кривизна обрабатываемой поверхности (см. табл. 27); $\rho_{эксц}$ – эксцентricность (см. табл. 26); δ – допуск на диаметральный размер базовой поверхности заготовки, используемой при зацентровке.

Таблица 24 Суммарное значение пространственных отклонений для различных видов заготовок и механической обработки

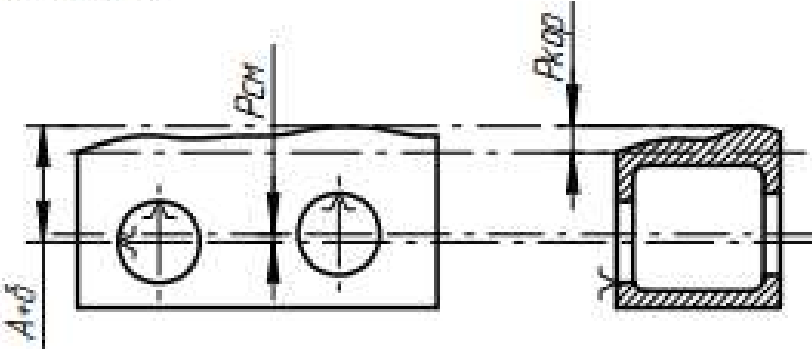
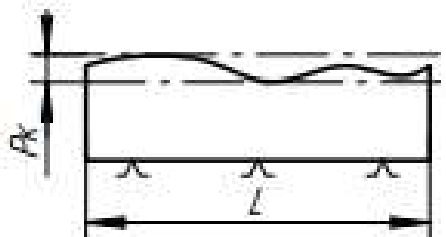
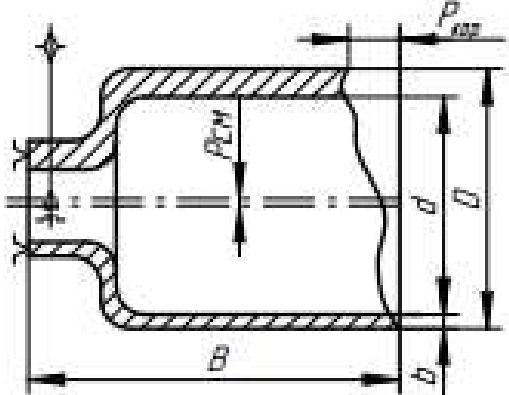
Тип детали и схема базирования	Расчётные формулы
1. Литые заготовки Корпусные детали, по отверстиям с параллельными осями и перпендикулярной к ним плоскости  То же, по плоскости, противоположной обрабатываемой  Детали – тела вращения, в самоцентрирующих патронах по наружному диаметру с прижимом к торцевой поверхности 	$\rho = \sqrt{\rho_{cm}^2 + \rho_{kop}^2}$ $\rho_{cm} = \delta$ $\rho_{kop} = \Delta_k L$ $\rho = \rho_{kop}$ $\rho_D = \rho_{kop} = \Delta_k D$ $\rho_d = \sqrt{\rho_{cm}^2 + \rho_{kop}^2}$ $\rho_{cm} = \delta_s$ $\rho_B = \Delta_k B$

Таблица 24 продолжение

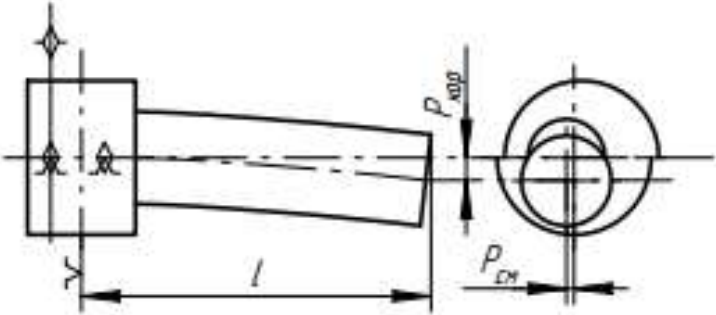
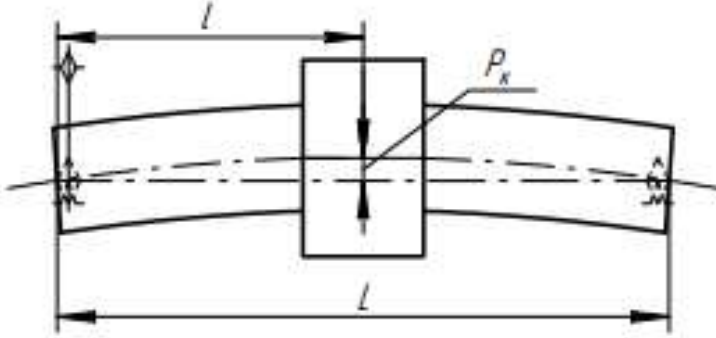
Тип детали и схема базирования	Расчётные формулы
2. Штампованные заготовки Стержневые детали (валы ступенчатые, рычаги др.) с базированием по крайней ступени (поверхности)  Стержневые детали при обработке в центрах  Детали типа дисков с прошиваемым центральным отверстием (шестерни, диски и др.) с установкой по наружному диаметру и торцу	$\rho = \sqrt{\rho_{cm}^2 + \rho_{kop}^2}$ $\rho_{kop} = \Delta_k l$ $\rho = \sqrt{\rho_{cm}^2 + \rho_{kop}^2 + \rho_{ц}^2}$ $\rho_{kop} = \Delta_k l$ при $l \leq L/2$ $\rho_{ц} = 0,25\sqrt{\delta^2 + 1}$ $\rho = \sqrt{\rho_{cm}^2 + \rho_{эски}^2}$

Таблица 24 продолжение

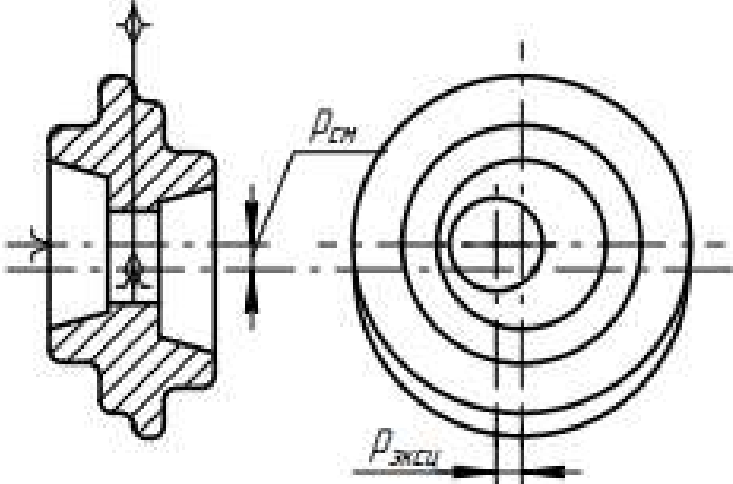
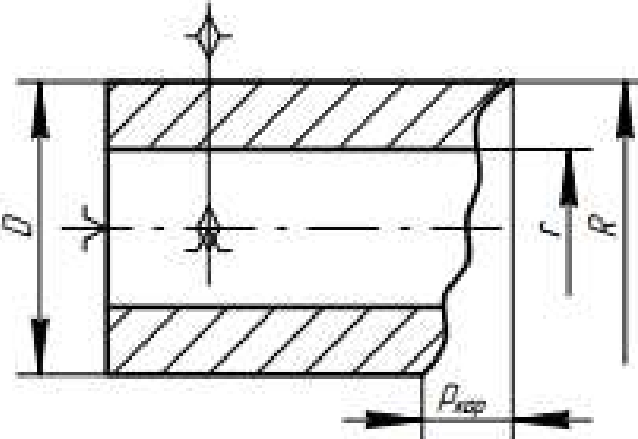
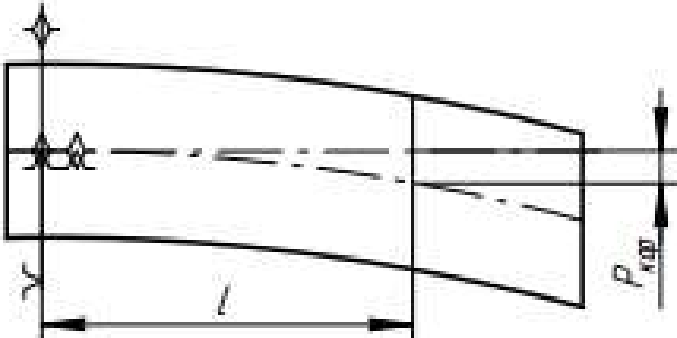
Тип детали и схема базирования	Расчётные формулы
 То же, при обработке торцевых поверхностей 	$\rho = \rho_{\text{кш}}$ $\rho_{\text{кш}} = \Delta_k D$
3. Заготовки из сортового проката При консольном закреплении в самоцентрирующих патронах 	$\rho = \rho_{\text{кш}}$ $\rho_{\text{кш}} = \Delta_k l$ $\rho = \sqrt{\rho_{\text{кш}}^2 + \rho_q^2}$

Таблица 24 продолжение

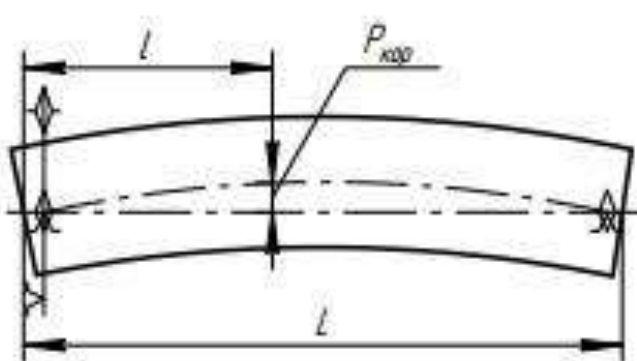
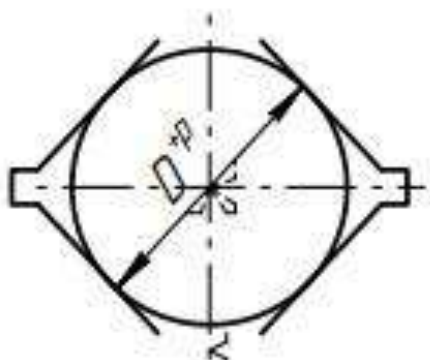
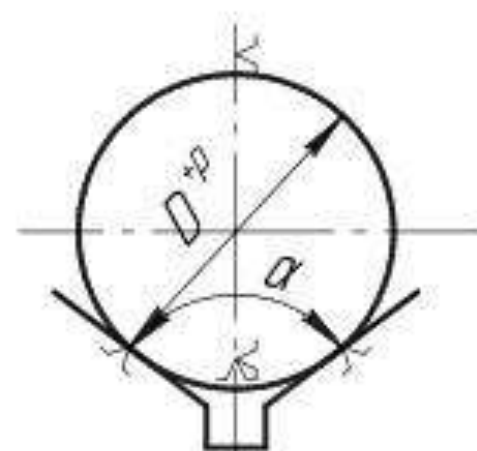
Тип детали и схема базирования	Расчётные формулы
При обработке в центрах 	$\rho_{кор} = \Delta_k l$ при $l \leq L/2$ $\rho_u = 0,25\sqrt{\delta^2 + 1}$
4. Сверление центровых отверстий в заготовке При установке в самоцентрирующих зажимных устройствах  При установке на призмах с односторонним прижимом 	$\rho_u = 0,25 \text{ мм}$ $\rho_u = \sqrt{\frac{\delta^2}{2} + 0,25^2}$ (при $\alpha = 90^\circ$) $\rho_u = \sqrt{\frac{\delta^2}{3} + 0,25^2}$ (при $\alpha = 120^\circ$)

Таблица 25 Смещение осей поковок, штампуемых в разных половинах штампа

$\rho_{см}$ мм

Масса штампованной поковки, кг	Штамповка					
	На молотах			На прессах и горизонтально-ковочных машинах		
	Группа точности					
1	2	3	1	2	3	
До 0, 25	0,30	0,4	0,6	0,20	0,3	0,5
Свыше 0,25 до 0,63	0,35	0,5	0,8	0,25	0,4	0,6
Свыше 0,63 до 1,60	0,40	0,6	1,2	0,30	0,5	0,7
Свыше 1,60 до 2,50	0,45	0,8	1,4	0,35	0,6	0,8
Свыше 2,50 до 4,00	0,50	1,0	1,5	0,40	0,7	0,9
Свыше 4,00 до 6,30	0,63	1,1	1,7	0,50	0,8	1,0
Свыше 6,30 до 10,00	0,70	1,2	2,0	0,60	0,9	1,2
Свыше 10, 00 до 16	0,80	1,3	2,1	0,60	1,0	1,3
Свыше 16 до 25	0,90	1,4	2,3	0,70	1,1	1,4
Свыше 25 до 40	1,00	1,6	2,6	0,70	1,2	1,6
Свыше 40 до 63	1,20	1,8	2,9	—	—	—
Свыше 63 до 100	1,40	2,2	3,5	—	—	—
Свыше 100 до 125	1,60	2,4	3,8	—	—	—
Свыше 125 до 160	1,80	2,7	4,4	—	—	—
Свыше 160 до 200	2,20	3,2	5,0	—	—	—

Примечание: Группы точности: 1 – повышенная, 2 – нормальная, 3 – пониженная.

Таблица 26 Эксцентricность $\rho_{эксц}$ и коробление поковок $\rho_{кор}$ получаемых на прессах и горизонтально-ковочных машинах, мм

Толщина (высота), длина и ширина поковки	Эксцентричность			Кривизна (стрела прогиба и коробление)		
	Группа точности					
	1	2	3	1	2	3
До 50	0,50	0,8	1,0	0,25	0,5	0,5
Свыше 50 до 120	0,63	1,4	1,5	0,25	0,5	0,5
Свыше 120 до 180	0,80	2,0	2,5	0,32	0,5	0,7
Свыше 180 до 260	1,00	2,8	3,5	0,32	0,6	0,9

Свыше 260 до 360	1,50	3,2	4,5	0,40	0,70	1,0
Свыше 360 до 500	2,50	3,6	5,5	0,50	0,80	1,1

Примечание : Группы точности: 1 – повышенная, 2 – нормальная, 3 – пониженная.

Таблица 27 Удельная изогнутость и коробление Δ_k ; мкм/мм

Метод получения поверхности	Диаметр или толщина деталей, мм				
	Свыше 18 до 30	Свыше 30 до 50	Свыше 50 до 80	Свыше 80 до 120	Свыше 120 до 180
Литьё в земляные формы деталей типа плит	4	4	3	3	2,5
Литьё в металлические формы корпусных деталей	2	2	1	1	0,7
Горячая штамповка (без правки)	2,4	2	1,6	1,2	0,8
Горячая штамповка (после правки)	0,4	0,3	0,2	0,2	0,15
Прокат горячекатаный (без правки)	12	10	10	8	5
Прокат горячекатаный (по- сле правки)	2	2	1,5	1	1
Прокат калиброванный нормальной точности (без правки)	4	4	3	3	2
Прокат калиброванный (после правки)	2	2	1,5	1,5	1
Прокат холоднотянутый (без правки)	8	6	4	2	—
Прокат холоднотянутый (после правки)	2	1,5	1	1	—
Валы после шлифования	0,06	0,05	0,04	0,03	—

Сверление отверстий

При сверлении отверстий в сплошном материале, независимо от класса детали и способа получения заготовки, суммарное значение пространственных отклонений ρ (в микрометрах) следует определять по формуле

$$\rho_{\Sigma} = \sqrt{C_o^2 + (\Delta_y * l)^2}$$

где C_o - смещение оси отверстия, мкм; Δ_y - удельное значение увода оси отверстия в процессе обработки, мкм/мм; l – глубина отверстия, мм. Справочные данные для расчета приведены в табл. 28.

Таблица 2.28 Пространственные отклонения при сверлении

Показатели	Диаметр отверстия, мм				
	от 3 до 6	св.6 до 10	св.10 до 18	св.18 до 30	св.30 до 50
Сверление спиральными сверлами					
Удельное значение увода оси отверстия на 1 мм длины Δ_y , мкм/мм	2,1	1,7	1,3	0,9	0,7
Смещение оси отверстия C_o , мкм	10	15	20	25	30
Глубокое сверление специальными сверлами					
Удельное значение увода оси отверстия на 1 мм длины Δ_y , мкм/мм	1,6	1,3	1,0	0,7	-
Смещение оси отверстия C_o , мкм	10	15	20	25	-

Влияние термической обработки на изменение пространственных погрешностей

Термическая обработка сопровождается существенным изменением пространственной погрешности, и это требуется учитывать при расчете припуска.

Величину пространственной погрешности при термической обработке можно рассчитывать по формуле

$$\rho_{mo} = \Delta_{mo} * L$$

где $\Delta_{то}$ – удельное значение кривизны после термической обработки, мкм/мм; L – длина детали, мм. Значения удельного коробления приведены в табл. 29.

Таблица 29 Удельная кривизна заготовок после термической обработки

Диаметр заготовки, мм	5 - 25	26 - 75	80 - 150	Св.150
Удельная кривизна $\Delta_{то}$, мкм/мм	2,0	1,3	0,6	0,3
Примечание: при термической обработке проката токами высокой частоты табличные значения $\Delta_{то}$ принимать с коэффициентом 0,5				

Пространственная погрешность при обработке предварительно полученных отверстий в заготовках, не являющихся телами вращения

При обработке отверстий, полученных на предшествующих операциях, в заготовках, не являющихся телами вращения, возникающая пространственная погрешность связана со смещением оси отверстия заготовки относительно измерительной базы (рис. 3). Такое колебание положения оси отверстия должно быть компенсировано припуском на обработку. Смещение оси отверстия в заготовке при этом может быть определено как:

$$\rho_{смещ} = \sqrt{\left(\frac{\delta B_{заг}}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta A_{заг}}{2}\right)^2}$$

где $\delta B_{заг}$ и $\delta A_{заг}$ – соответственно допуски на положение оси отверстия заготовки соответственно в вертикальном и горизонтальном направлении.

При наличии погрешности базирования, связанной, например с установкой заготовки по базовому отверстию на цилиндрический палец, в расчете погрешности смещения следует учесть погрешность базирования, так как данная погрешность вызывает дополнительное колебание положения оси отверстия заготовки:

$$\rho_{смещ} = \sqrt{\left(\frac{\delta B_{заг}}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta A_{заг}}{2} + \frac{\varepsilon_{\delta}}{2}\right)^2}$$

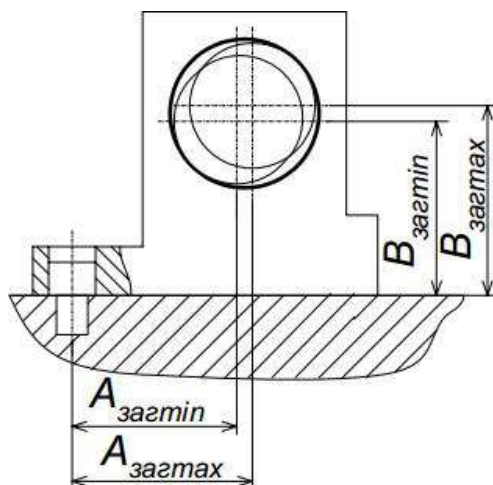


Рис. 3. Смещение оси отверстия в заготовке, предварительно полученного на предшествующих операциях

Изменение пространственных отклонений при многопереходной обработке поверхности

После каждого технологического перехода механической обработки резанием значение суммарной пространственной погрешности уменьшается:

$$\rho_{ост} = K_y * \rho$$

где $\rho_{ост}$ – остаточная пространственная погрешность; K_y – коэффициент уменьшения исходной погрешности; ρ – пространственная погрешность, сформированная в ходе предшествующей обработки. Значения коэффициента K_y приведены в Таблице 30.

Таблица 30 Значения коэффициента уменьшения исходной погрешности K_y при механической обработке резанием

Вид обработки	Коэффициент K_y
Черновая подрезка торцов	0,1*
Получистовая подрезка торцов	0,075*
Чистовая подрезка торцов	0,05*
Однократное и черновое точение штамповок, отливок и заготовок из горячекатаного проката	0,06**

Однократное обтачивание калиброванного проката 12-го качества точности	0,05**
Двукратное обтачивание калиброванного проката 12-го качества точности	0,02**
Получистовое точение штамповок, отливок, заготовок из горячекатаного проката, рассверливание отверстий	0,05
Чистовое точение штамповок, отливок, заготовок из горячекатаного проката	0,04**
Черновое шлифование	0,03**
Чистовое шлифование	0,02**
Черновая обработка литой плоскости при базировании по плоскости	0,04**
Зенкерование и черновое развертывание отверстий	0,005
Развертывание отверстий	0,002

Примечания:

* Величина остаточных пространственных отклонений $\rho_{ост}$ для торцевых поверхностей с центральным отверстием после механической обработки определяется как $\rho_{ост} = K_y(D-d) \rho_{заг}$, где D и d – размеры наружной и внутренней поверхностей; $\rho_{заг}$ – пространственная погрешность исходной заготовки.

** Величина остаточных пространственных отклонений определяется как $\rho_{ост} = K_y \cdot \rho_{заг}$, где $\rho_{заг}$ – пространственное отклонение исходной заготовки.

Определение погрешности установки

Погрешность ε_y в общем виде определяют как векторную сумму погрешности базирования $\varepsilon_б$ погрешности закрепления $\varepsilon_з$ и погрешности приспособления $\varepsilon_{пр}$.

В случае, когда можно определить направление векторов:

$$\overline{\varepsilon_y} = \overline{\varepsilon_б} + \overline{\varepsilon_з} + \overline{\varepsilon_{пр}}$$

Знаки в приведенном выражении зависят от направления векторов. Когда же предвидеть направление векторов затруднительно, их суммируют по правилу квадратного корня:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_б^2 + \varepsilon_з^2 + \varepsilon_{пр}^2}$$

Погрешность базирования имеет место при несовпадении технологической и измерительной баз и зависит также от допуска и погрешности формы базовых поверхностей. В табл. 31 и 32 приводятся формулы для определения погрешности базирования при обработке заготовок в различных приспособлениях.

Погрешность закрепления возникает в результате смещения обрабатываемых поверхностей заготовок от действия зажимной силы. Значения погрешности закрепления заготовок приведены в табл. 33–39.

Погрешность приспособления является следствием неточности изготовления станочного приспособления, погрешности установки самого приспособления на станке и износа его рабочих поверхностей. К погрешности приспособления относится и погрешность индексации – поворота зажимных устройств при обработке заготовок на многопозиционных станках. За исключением последней составляющей, элементы погрешности приспособления часто трудно выявить как самостоятельные значения, поэтому их учитывают как входящими в погрешность закрепления.

С учётом сказанного для однопозиционной обработки:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \text{ или } \varepsilon_y = \varepsilon_6 \pm \varepsilon_3$$

При обработке заготовок на многопозиционных станках для расчёта припуска под второй переход погрешность определяют по формуле:

$$\varepsilon_{yi} = k_y * \varepsilon_{yi-1} + \varepsilon_{инд}$$

где k_y – коэффициент уточнения (можно принимать $k_y = 0,06$) ε_{yi-1} – погрешность установки на первом переходе; $\varepsilon_{инд}$ – погрешность индексации поворотного устройства (поворотного стола, шпиндельного барабана, револьверной головки и т. д.), при расчётах можно принимать $\varepsilon_{инд} = 0,05$ мм.

При последующих переходах остаточная погрешность установки мала, и ею

можно пренебречь, а учитывать только погрешность индексации.

Таблица 31 Погрешность базирования при обработке в приспособлениях

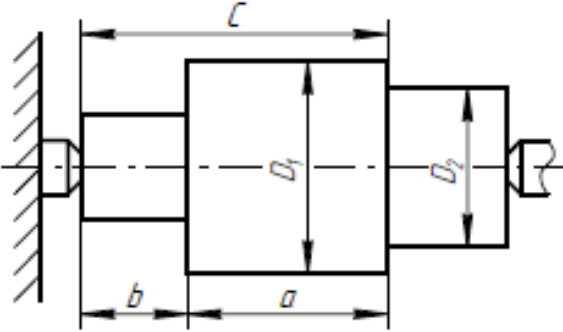
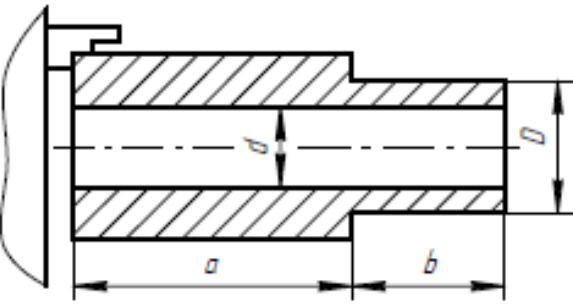
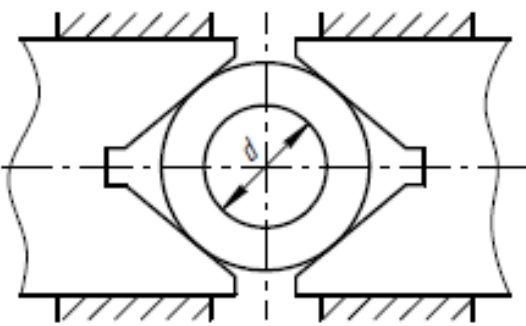
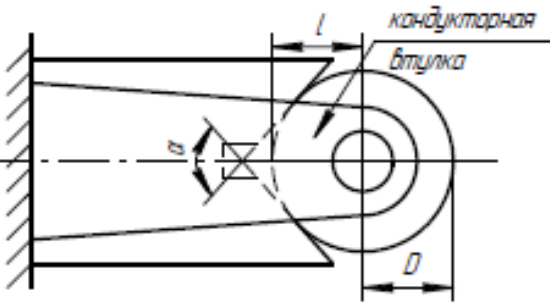
Базирование	Схема установки	Погрешность базирования ε
По центровым отверстиям: на жесткий передний центр на плавающий передний центр		$\varepsilon_{D_1} = 0; \quad \varepsilon_{D_2} = 0$ $\varepsilon_a = 0; \quad \varepsilon_b = \Delta_{\text{ц}}$ $\varepsilon_c = \Delta_{\text{ц}}$ При плавающем центре: $\varepsilon_b = 0; \quad \varepsilon_c = 0$
По внешней поверхности: в зажимной цанге по упору и в самоцентрирующемся патроне с упорным торцом		$\varepsilon_D = 0; \quad \varepsilon_a = 0$ $\varepsilon_a = 0; \quad \varepsilon_b = 0$
В самоцентрирующихся призмах		$\varepsilon_d = 0$ $\varepsilon_c = 0$
В призме при обработке отверстия по кондуктору		$\varepsilon_c = \frac{\delta_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$

Таблица 31 продолжение

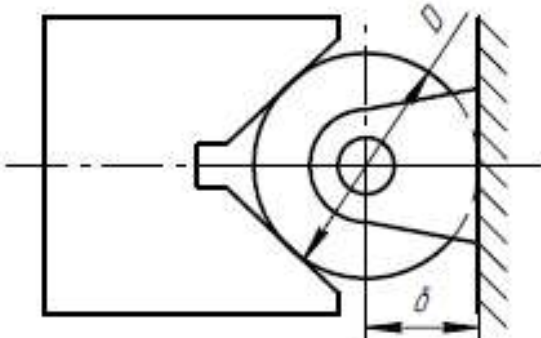
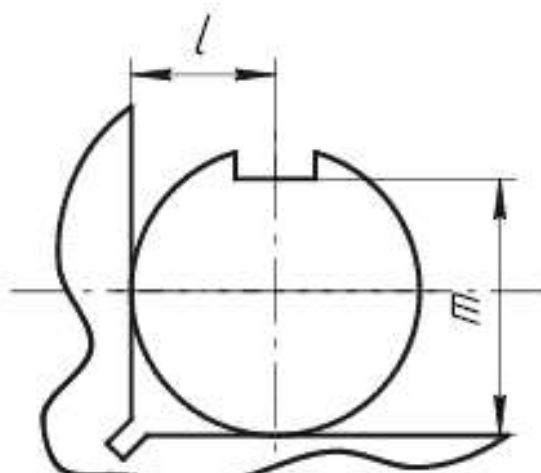
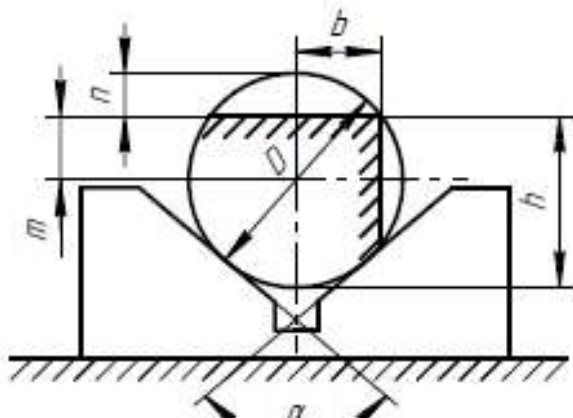
Базирование	Схема установки	Погрешность базирования ε
По плоской поверхности при обработке отверстия по кондуктору		$\varepsilon_l = \frac{\delta_D}{2}$
В призме при обработке паза		$\varepsilon_l = \frac{\delta_D}{2}$ $\varepsilon_m = 0$
В призме при обработке плоскости		$\varepsilon_h = \frac{\delta_D}{2} = \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)$ $\varepsilon_n = \frac{\delta_D}{2} = \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right)$ $\varepsilon_m = \frac{\delta_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$ $\varepsilon_b = 0$

Таблица 31 продолжение

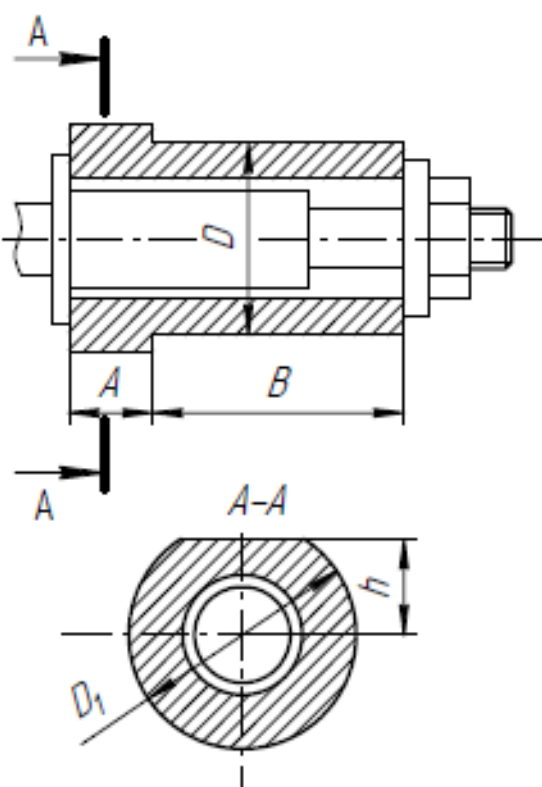
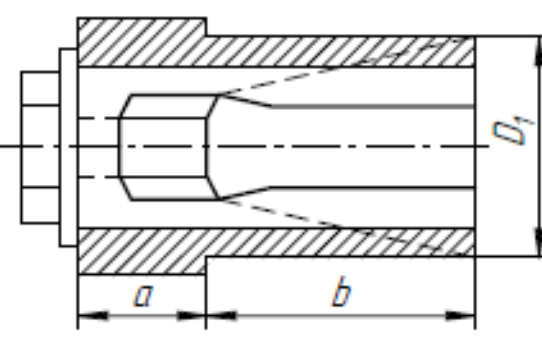
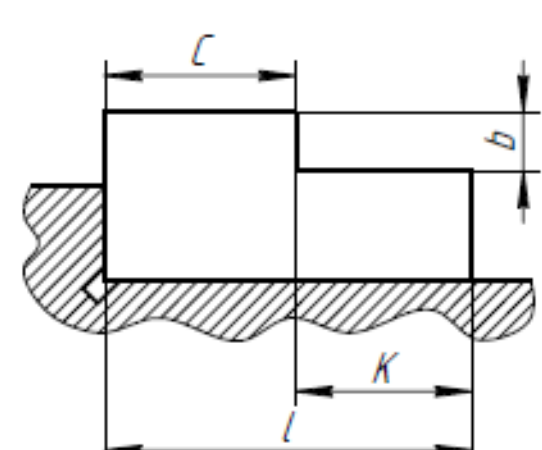
Базирование	Схема установки	Погрешность базирования ε
По отверстию: на жесткой оправке со свободной посадкой		$\varepsilon_{D_1} = S_{min} + \delta_B + \delta_A$ $\varepsilon_{D_2} = S_{min} + \delta_B + \delta_A$ $\varepsilon_h = S_{min} + \delta_B + \delta_A$ При установке оправки на плавающий передний центр, в гильзу или патрон по упору $\varepsilon_a = 0; \varepsilon_b = 0$ При установке оправки на жесткий передний центр $\varepsilon_b = 0 \quad \varepsilon_a = \Delta_{Ц}$
По отверстию: на разжимной оправке, на жесткой оправке		$\varepsilon_{D_1} = 0; \quad \varepsilon_{D_2} = 0$ $\varepsilon_h = 0; \quad \varepsilon_b = \Delta_{Ц}$ $\varepsilon_a = 0$
По плоскости при обработке уступа		$\varepsilon_B = \delta_a$ $\varepsilon_K = \delta_l$ $\varepsilon_C = a$

Таблица 31 продолжение

Базирование	Схема установки	Погрешность базирования ε
По двум отверстиям на пальцах: при обработке верхней поверхности		$\varepsilon_{h_1} = S_{min} + \delta_B + \delta_A$ $\varepsilon_{h_2} = (S_{min} + \delta_B + \delta_A) \times \left(\frac{2l_1 + l}{l} \right)$

Примечание: Обозначения, используемые в табл. 31: ε_l – смещение оси отверстия относительно оси внешней поверхности; δ_D – допуск на диаметр внешней поверхности; S_{min} – минимальный гарантийный зазор; δ_B – допуск на размер оправки; δ_A – допуск на размер базового отверстия.

Таблица 32 – Просадка центровых гнезд (отверстий) $\Delta_{ц}$

Наибольший диаметр центрового гнезда, мм	1; 2; 2,5	4; 5; 6	7,5; 10	12,5; 15	20; 30
$\Delta_{ц}$, мм	0,12	0,15	0,20	0,22	0,25

Таблица 33 Погрешность закрепления при установке заготовок в пневматическом патроне

Характеристика базовой поверхности	Погрешность закрепления ε_z , мкм, при поперечном размере заготовки, мм									
	Свыше 6 до 10	Свыше 10 до 18	Свыше 18 до 30	Свыше 30 до 50	Свыше 50 до 80	Свыше 80 до 120	Свыше 120 до 180	Свыше 180 до 260	Свыше 260 до 360	Свыше 360 до 500
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
В радиальном направлении										
Литье в песчаную форму	180	220	260	320	380	440	550	580	660	760
Литье в постоянную форму	120	140	170	220	240	280	320	380	440	500
Литье по выплавляемым моделям или в оболочковые формы	40	50	60	70	80	90	100	120	—	—
Литье под давлением	20	25	30	35	40	45	50	60	—	—
Горячая штамповка	180	220	260	320	380	440	500	580	660	—
Горячекатаная	180	220	260	320	380	440	500	—	—	—
Предварительно обработанная	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160
Чисто обработанная	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80
В осевом направлении										
Литье в песчаную форму	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Литье в постоянную форму	55	60	65	75	80	90	110	110	120	130
Литье по выплавляемым моделям или в оболочковые формы	45	50	55	65	75	80	85	90	—	—
Литье под давлением	25	35	45	50	55	65	70	80	—	—
Горячая штамповка	55	60	70	80	90	100	110	120	130	—
Горячекатаная	55	60	70	80	90	100	110	—	—	—
Предварительно обработанная	40	50	60	70	80	90	100	110	120	—
Чисто обработанная	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100

Таблица 34 Погрешность закрепления при установке заготовок на опорные пластины приспособлений

Характеристика базовой поверхности	Погрешность закрепления ε_z , мкм, при поперечном размере заготовки, мм									
	Свыше 6 до 10	Свыше 10 до 18	Свыше 18 до 30	Свыше 30 до 50	Свыше 50 до 80	Свыше 80 до 120	Свыше 120 до 180	Свыше 180 до 260	Свыше 260 до 360	Свыше 360 до 500
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Установка в зажимное приспособление с винтовыми или эксцентриковыми зажимами										
Литье в песчаную форму	–	100	110	120	135	150	175	200	240	280
Литье в постоянную форму	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Литье по выплавляемым моделям или в оболочковые формы	40	50	60	70	80	90	100	110	–	–
Литье под давлением	30	40	50	60	70	80	90	100	–	–
Горячая штамповка	-	100	110	120	135	150	175	200	240	–
Горячекатаная	90	100	110	120	135	150	175	–	–	–
Предварительно обработанная	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Чисто обработанная	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Шлифованная	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Установка в зажимное приспособление с пневматическими зажимами										
Литье в песчаную форму	–	80	90	100	110	120	140	160	190	220

Таблица 34 продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Литье в постоянную форму	50	55	60	65	70	80	90	100	110	120
Литье по выплавляемым моделям или в оболочковые формы	35	40	50	55	60	70	80	90	—	—
Литье под давлением	25	30	35	40	50	60	70	80	—	—
Горячая штамповка	-	80	90	100	110	120	140	160	180	—
Горячекатаная	70	80	90	100	110	120	140	—	—	—
Предварительно обработанная	35	40	50	55	60	70	80	90	100	110
Чисто обработанная	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100
Шлифованная	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90

Примечания: 1. Поперечный размер заготовки принимать в сечении по нормали к обрабатываемой поверхности. 2. Погрешность закрепления дана по нормали к обрабатываемой поверхности.

Таблица 35 Погрешность закрепления при установке заготовок на опорные штифты приспособлений

Характеристика базовой поверхности	Погрешность закрепления ε_3 , мкм, при поперечном размере заготовки, мм									
	Свыше 6 до 10	Свыше 10 до 18	Свыше 18 до 30	Свыше 30 до 50	Свыше 50 до 80	Свыше 80 до 120	Свыше 120 до 180	Свыше 180 до 260	Свыше 260 до 360	Свыше 360 до 500
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Установка в зажимное приспособление с винтовыми или эксцентриковыми зажимами										
Литье в песчаную форму	—	100	125	150	175	200	225	250	300	350
Литье в постоянную форму	—	100	110	120	130	140	150	160	180	200

Таблица 35 продолжение

Литье по выплавляемым моделям или в оболочковые формы	80	90	100	110	120	130	140	150	—	—
Литье под давлением	70	80	90	100	110	120	130	140	—	—
Горячая штамповка	-	100	125	150	175	200	225	250	300	—
Горячекатаная	90	100	125	150	175	200	225	—	—	—
Предварительно обработанная	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
Чисто обработанная	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
Шлифованная	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Установка в зажимное приспособление с пневматическими зажимами										
Литье в песчаную форму	-	90	100	120	140	160	180	200	240	280
Литье в постоянную форму	-	80	90	100	110	120	130	140	160	180
Литье по выплавляемым моделям или в оболочковые формы	65	70	75	80	90	100	110	120	—	—
Литье под давлением	40	45	50	60	70	80	90	100	—	—
Горячая штамповка	-	90	100	120	140	160	180	200	240	—
Горячекатаная	70	80	100	120	140	150	180	—	—	—
Предварительно обработанная	65	70	75	80	90	100	110	120	130	140
Чисто обработанная	50	60	70	80	90	90	100	110	120	130
Шлифованная	40	50	60	70	80	80	90	100	110	120

Примечания: 1. Поперечный размер заготовки принимать наибольший в сечении по нормали к обрабатываемой поверхности. 2. Погрешность закрепления дана по нормали к обрабатываемой поверхности

Таблица 36 Погрешность закрепления при установке заготовок в самоцентрирующемся патроне

Характеристика базовой поверхности	Погрешность закрепления $\mathcal{E}_3$, мкм, при поперечном размере заготовки, мм									
	Свыше 6 до 10	Свыше 10 до 18	Свыше 18 до 30	Свыше 30 до 50	Свыше 50 до 80	Свыше 80 до 120	Свыше 120 до 180	Свыше 180 до 260	Свыше 260 до 360	Свыше 360 до 500
В радиальном направлении										
Литье в песчаную форму	220	270	320	370	420	500	600	700	800	900
Литье в постоянную форму	150	175	200	250	300	350	400	450	550	650
Литье по выплавляемым моделям или в оболочковые формы	50	60	70	80	100	120	140	160	200	250
Литье под давлением	25	30	35	40	50	60	70	80	100	125
Горячая штамповка на молотах	220	270	320	370	420	500	600	700	800	900
Горячая штамповка на прессах	150	200	250	300	350	400	450	500	—	—
Горячекатаная	220	270	320	370	420	500	600	—	—	—
Предварительно обработанная	50	60	70	80	100	120	140	160	180	200
Чисто обработанная	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100
Шлифованная	12	15	16	20	25	30	35	40	45	50
В осевом направлении										
Литье в песчаную форму	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
Литье в постоянную форму	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Литье по выплавляемым моделям или в оболочковые формы	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Литье под давлением	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Горячая штамповка на молотах	70	80	90	100	110	120	130	140	150	200
Горячая штамповка на прессах	50	60	70	80	90	100	110	120	130	150
Горячекатаная	70	80	90	100	110	120	130	—	—	—
Предварительно обработанная	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Чисто обработанная	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120

Шлифованная	10	10	10	10	15	15	20	25	30	30

Таблица 37 погрешности установки заготовок в патронах и на оправках без выверки

Установочный патрон или оправка	Квалитет точности выполнения базовой поверхности заготовок	Погрешность установки для направления, мкм	
		радиального	осевого
Цанговые оправки при диаметрах установочной поверхности, мм до 50 св. 50 до 200	7 - 9	10 - 35 20 - 60	20 50
Двухкулачковые патроны при диаметре детали 200 мм - с винтовым зажимом - с реечным зажимом	10 - 12 10	100 - 200 20 - 60	50 - 100 15 - 40
Цилиндрические оправки (установка с зазором)	8 - 10	В пределах допуска	10
Конусные оправки при отверстии длиной не менее 1,5d	7	30	Определяется размерами деталей и оправок
Патроны и оправки: с упругими втулками и гидропластмассой при l			
до 0,5 d	7 - 8	3 - 10	-
св. 3,0 d		10 - 20	-
с пластинчатыми (тарельчатыми) пружинами	7 - 9	10 - 20	-
с упругими втулками и роликами, опирающимися на тела, имеющие форму гиперboloида вращения	7 - 8	3 - 8	-
мембранные патроны	7 - 9	3 - 5	-
патроны и оправки с упругими элементами гофрированного типа	5 - 7	2 - 5	-
Примечания: 1. Применение пневматических и гидравлических силовых узлов позволяет уменьшить погрешность установки на 20 - 40%. 2. Обработку с использованием сырых кулачков и втулок применяют при обработке партии деталей не более 80 - 120 шт.			

Таблица 38 Погрешность установки заготовок на станках с выверкой по цилиндрической поверхности, мкм

Способ установки	Метод выверки	Погрешность установки заготовок
На центрах и регулируемых крестовинах	С двух концов в вертикальной и горизонтальной плоскостях и на биение	Мелких $\frac{0,5-1}{0,02-0,04}$
В четырехкулачковом патроне и на заднем центре	Со стороны патрона по высоте и на биение	_____
В четырехкулачковом патроне и неподвижном люнете	С двух концов в двух плоскостях и на биение	Средних $\frac{1-1,5}{0,03-0,06}$
В четырехкулачковом патроне	По наружному или внутреннему диаметру и торцу	Крупных $\frac{2-3}{0,05-0,08}$
На угольнике, по разметке	По диаметру и торцу	
Примечание: погрешности, приведенные в числителе, относятся к выверке иглой по необработанной (большие значения) или грубо обработанной (меньшие значения) поверхности. В знаменателе приведены погрешности выверки с помощью индикатора по поверхности, обработанной чистовым точением		

Таблица 39 Погрешность установки заготовок на станках с выверкой по плоской поверхности, мкм

Метод выверки	Наибольший размер поверхности, м			
	до 1	св.1 до 3	св.3 до 6	св.6
По разметке иглой	0,5	1	2	3
Индикатором по предварительно обработанной поверхности	0,15	0,2	0,4	0,6
Индикатором по чисто обработанной поверхности	0,05	0,08	0,10	0,15

Порядок расчёта припусков на обработку и предельных размеров

Рассмотрим порядок расчёта припусков на обработку и предельных размеров по технологическим переходам для наружных (внутренних) поверхностей.

1. Используя рабочий чертёж детали и карту технологического процесса механической обработки, записать в расчётную карту размер обрабатываемой элементарной поверхности заготовки и все технологические переходы в порядке последовательности их выполнения при обработке рассматриваемой элементарной поверхности.

2. Записать значения R_{Zi-1} ; T_{i-1} ; ρ_{i-1} ; ε_i и допусков по всем переходам. Значение допуска для конечного перехода берётся по чертежу, для переходов связанных с механической обработкой можно назначить по [табл. 2.3 – 2.23].

3. Рассчитать минимальные припуски на обработку по всем технологическим переходам по формулам.

4. Для конечного перехода в графу "Размер" записать наименьший и наибольший предельный размер детали по чертежу.

5. Для перехода, предшествующего конечному, рассчитать размер прибавлением к наименьшему предельному размеру (вычитанием из наибольшего предельного размера) по формулам:

для плоских наружных поверхностей

$$a_{\min i-1} = a_{\min i} + z_{\min i}$$

$$a_{\max i-1} = a_{\min i-1} + \delta_{i-1}$$

для круглых наружных поверхностей

$$D_{\min i-1} = D_{\min i} + 2z_{\min i}$$

$$D_{\max i-1} = D_{\min i-1} + \delta_{i-1}$$

для плоских внутренних поверхностей

$$a_{\max i-1} = a_{\max i} - z_{\min i}$$

$$a_{\min i-1} = a_{\max i-1} - \delta_{i-1}$$

для круглых внутренних поверхностей

$$D_{\max i-1} = D_{\max i} - 2z_{\min i}$$

$$D_{\min i-1} = D_{\min i-1} - \delta_{i-1}$$

где $2Z_{\min}$; $Z_{\min}$ – минимальный (расчетный) припуск на диаметр (сторону) на выполняемом технологическом переходе; $a_{\min i}$; $D_{\min i}$; $a_{\max i}$; $D_{\max i}$ – соответственно наименьший и наибольший предельные размеры, полученные на предшествующем технологическом переходе; δ_{i-1} – допуск на размер, полученные на предшествующем технологическом переходе.

6. Последовательно определить расчётные размеры для каждого предшествующего перехода прибавлением к расчётному размеру (вычитанием из расчётного размера) следующего за ним смежного перехода расчётного припуска.

7. Записать наименьшие (наибольшие предельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их увеличением (уменьшением) расчётных размеров, округление производить до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода.

8. Определить наибольшие (наименьшие) предельные размеры прибавлением (вычитанием) допуска к наименьшему (из наибольшего) предельному размеру.

ПРИМЕР РАСЧЕТА.

Произведем расчет припусков для детали

Расчет межоперационных припусков аналитическим методом произведем для поверхности $\varnothing 24 \text{ H}10(-0,08)$.

Последовательность переходов необходимых для получения поверхности:

1. Заготовка
2. Черновое точение
3. Чистовое точение
4. Полирование
5. Величина межоперационного припуска для:
6. лезвийной обработки тел вращения определяется по формуле

$$2Z_{i \min} = 2(Rz_{i-z} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2})$$

Перв. примен.	16639-10-101				$\sqrt{Ra\ 6,3\ (\sqrt{1})}$																																
Сараб. №																																					
Подп. и дата	На поверхности А чернота не допускается.																																				
Взам. инв. №	16639-10-101				Втулка Круг 25-В ГОСТ 2590-88 45-Б ГОСТ 1050-88																																
Подп. и дата	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Изм.</td> <td style="width: 25%;">Лист</td> <td style="width: 25%;">№ докум.</td> <td style="width: 25%;">Подп.</td> <td style="width: 25%;">Дата</td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Пров.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Т.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>							Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разраб.					Пров.					Т.контр.					Н.контр.					Утв.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																																	
Разраб.																																					
Пров.																																					
Т.контр.																																					
Н.контр.																																					
Утв.																																					
Инв. № подл.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Лит.</td> <td style="width: 25%;">Масса</td> <td style="width: 25%;">Масштаб</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,07</td> <td>2:1</td> </tr> <tr> <td>Лист</td> <td colspan="2">Листов 1</td> </tr> </table>				Лит.	Масса	Масштаб		0,07	2:1	Лист	Листов 1																									
Лит.	Масса	Масштаб																																			
	0,07	2:1																																			
Лист	Листов 1																																				
Формат	А4																																				
Копировал	Формат А4																																				

для полирования $2Z_{i \min} = 2 * R_{z_{i-z}}$

где $R_{z_{i-z}}$ – высота неровностей профиля, полученная на предыдущем переходе,

мкм; T_{i-1} – состояние и глубина поверхностного слоя, полученная на предыдущем переходе, мкм; ρ_{i-1} суммарное значение пространственных отклонений, оставшихся после выполнения предыдущего перехода, мкм; ε_{yi} – погрешность установки на выполняемом переходе, мкм.

В данном случае суммарное значение пространственных отклонений определяется по формуле

$$\rho = \rho_{\text{кор}}, \text{ мкм}$$

где $\rho_{\text{кор}}$ – погрешность коробления; мкм.

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta k * d, \text{ мкм}$$

где Δk – удельная кривизна обрабатываемой поверхности, мкм/мм.

Принимаем $\Delta k = 12$ мкм/мм [таб. 26]

$$\rho_{\text{кор}} = 12 * 35 = 420 \text{ мкм}$$

Для последующих переходов механической обработки резанем, значение остаточной пространственной погрешности определяется по формуле

$$\rho_{\text{ост}} = K_y * \rho$$

где K_y – коэффициент уменьшения исходной погрешности Принимаем: после чернового точения $K_y = 0,06$;

после чистового точения $K_y = 0,04$ [таб. 30] Рас-

считываем значение остаточных пространственных отклонений:

После чернового точения

$$\rho_{\text{чер}} = 0,06 * 420 = 25 \text{ мкм}$$

После чистового точения

$$\rho_{\text{чер.ш}} = 0,04 * 420 = 17 \text{ мкм}$$

Погрешность установки для однопозиционной обработки определяется по формуле

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2}, \text{ мкм}$$

где ε_δ – погрешность базирования, мкм; ε_3 – погрешность закрепления, мкм.

При черновом точения $\varepsilon_\delta=0$; $\varepsilon_3=60$ мкм, при чистовом точении $\varepsilon_3=0$ мкм, т. к. обработка происходит без снятия детали. [таб. 31]

Тогда, $\varepsilon_y=60$ мкм – при черновом точении; $\varepsilon_y=0$ мкм – при чистовом.

Определяем величину межоперационного припуска по каждому переходу:

Черновое точение:

Значение для заготовки $R_z=150$ мкм; $T=250$ мкм [таб. 2]

$$2Z_{\min}=2(150 + 250 + \sqrt{420^2 + 60^2}) = 1650 \text{ мкм}$$

Чистовое точение

Значение черногого точения $R_z=120$ мкм; $T=120$ мкм [таб. 9]

$$2Z_{\min}= 2(120 + 120 + 25) = 530 \text{ мкм}$$

Полирование

Значение для тонкого точения $R_z=6$ мкм [таб. 9]

$$2Z_{\min}= 2 * 6 = 12 \text{ мкм}$$

Заносим полученные данные в таблицу

Таблица 9.

Наименование перехода	Элементы припуска, мкм				Припуск мкм	Допуск, мм	Размер, мм		Размер с допуском
	R_z	T	ρ	ε_y			$d_{\min}$	$d_{\max}$	
Заготовка	150	250	420	–		$\begin{smallmatrix} +0,3 \\ -0,7 \end{smallmatrix}$	25,784	26,784	$\varnothing 28 \begin{smallmatrix} +0,3 \\ -0,7 \end{smallmatrix}$
Черновое точение	120	120	25	60	1650	$\begin{smallmatrix} 0 \\ -0,084 \end{smallmatrix}$	24,25	24,334	$\varnothing 24,33 \begin{smallmatrix} -0,08 \end{smallmatrix}$
Чистовое точение	6	20	17	0	530	$\begin{smallmatrix} 0 \\ -0,08 \end{smallmatrix}$	23,932	24,012	$\varnothing 23,01 \begin{smallmatrix} -0,08 \end{smallmatrix}$
Полирование	3	–	–	–	12	$\begin{smallmatrix} 0 \\ -0,08 \end{smallmatrix}$	23,92	24	$\varnothing 24 \begin{smallmatrix} -0,08 \end{smallmatrix}$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилевский В. В. Технология машиностроения. – 5-е изд. перераб. и доп. Учебник для техникумов. – М.: Высшая школа, 1984. – 416 с.: ил.
2. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения». И. С. Добрынцев. М., «Машиностроение». 1985 г. – 184 с.
3. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред: Учебное пособие для вузов. М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256

с.

4. Расчет припусков и межпереходных размеров при обработке резанием : учеб. пособие / Ю.И.Кувалдин, В.Д.Перевощиков. – Киров: Изд-во ВятГУ, 2005. – 163 с.

5. Справочник технолога–машиностроителя. В двух томах. Том 2. Под ред. А.Г. Косиловой. М.: «Машиностроение» 1985 г. –496 с.

6. Технология машиностроения: Практикум и курсовое проектирование: учебное пособие для студентов учер. сред. проф. Образования. А.И. Ильянков, В. Ю. Новиков. М.: Издательский центр «Академия». 2012 – 432с

7. Харламов Г. А., Тарапанов А. С. Припуски на механическую обработку: Справочник. – М.: Машиностроение, 2006. – 256 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 9

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВАЛА

Цель: Научиться разрабатывать технологический процесс изготовления вала.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: типовой технологический процесс изготовления валов, классификация валов, основные технологические задачи при обработке валов, основные операции механической обработки валов,

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: Разрабатывать технологический процесс изготовления вала

Актуальность темы: Валы и оси широко используются в машиностроении для фиксации различных тел вращения (это могут быть шестерни, шкивы, роторы и другие элементы, устанавливаемые в механизмах). Актуальность работы состоит в том, что в условиях острой конкурентной борьбы необходимо минимизировать затраты на изготовление изделия, при этом качество продукции должно соответствовать требованиям заказчика.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В основу разработки типовых технологических процессов положена конструктивно-технологическая классификация, предусматривающая систематизацию деталей и узлов по основным признакам как конструктивного, так и технологического подобия. Классификация деталей является первым этапом по созданию типовой технологии. Для деталей транспортных и технологических машин ее проводят на основе технологических классификаторов. В основе классификационных признаков для деталей транспортных и технологических машин выбирают геометрическую форму, конструктивную характеристику отдельных элементов, взаимное расположение элементов, наименование, выполняемую функцию.

Валы транспортных и технологических машин характеризуются цилиндрической формой при длине значительно превышающей основной диаметр. К этим валам относятся ступенчатые и гладкие (коробок перемены передач, торсионные и др.), пустотелые, эксцентриковые (балансиры, кривошипы), кулачковые, коленчатые. Смещение центров при обработке шатунных шеек коленчатого вала или обточка кулачков и эксцентриков распределительных валов не изменяют основную схему технологического процесса изготовления деталей этого подкласса.

Цилиндрические, конические и червячные *зубчатые колеса*, чашки дифференциалов, ведущие колеса, опорные и направляющие катки транспортных и технологических машин на гусеничной базе, ступицы машин на колесной базе, тормозные барабаны, корпуса и фланцы планетарных коробок, кольца включения, фрикционные диски и другие относятся к деталям, характерным признаком которых является отношение высоты и основного диаметра. Поэтому главными поверхностями обработки таких деталей являются торцы, цилиндрические наружные и внутренние поверхности, обрабатываемых на различных станках токарной группы.

Типовой технологический процесс изготовления валов

К валам относят детали, образованные наружными и внутренними поверхностями вращения; имеющими одну общую прямолинейную ось при отношении длины цилиндрической части к наибольшему наружному диаметру более двух (рис. 1).

Валы классифицируются по различным признакам.

По форме наружных поверхностей:

- бесступенчатые;
- ступенчатые;
- с фасонными частями (конусами, шлицами, фланцами, зубчатыми венцами, кулачками, рейками и т.п.).

По форме внутренних поверхностей:

- сплошные;
- полые.

По соотношению размеров:

- жесткие;
- нежесткие.

Жесткими считаются валы, у которых отношение длины к диаметру (l/d) не превышает 10 – 12. Валы с большим соотношением называют нежесткими

Особую группу составляют коленчатые, кулачковые валы, шпиндели и крупные валы (диаметром более 200 мм и массой более 1 т.).

Основные технологические задачи при обработке валов следующие:

- выдержать: точность и шероховатость поверхностей (5 – 7 квалитет; шероховатость Ra 0,03 – 2,5 мкм); прямолинейность общей оси; концентричность поверхностей вращения; соосность резьб с наружными поверхностями или точными внутренними цилиндрическими отверстиями;
- получить глубокие центральные отверстия, соосные наружной поверхности в пустотелых валах (допускаемые отклонения $\pm 0,02$) с радиальным биением шеек и торцовым биением торцов 0,02 – 0,03;

– выполнить шпоночные канавки и шлицы, параллельные оси вала (допускаемое отклонение 0,03 на длине 100мм).

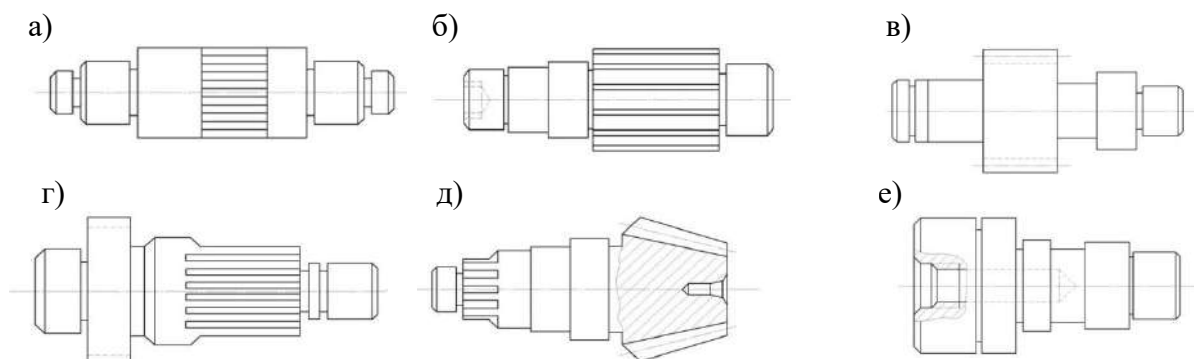


Рис. 1. Типичные ступенчатые валы:

- а – ступенчатый вал без шлицев и зубчатого венца; б – шлицевый вал;
в – вал-шестерня без шлицев;
г – вал-шестерня со шлицами; д – вал-шестерня коническая со шлицами;
е – полый ступенчатый вал

Материалом для валов служат стали следующих марок: А12, 20, 20Л, 25, 30, 35, 40, 45, 45Г2, 20Х, 35Х, 40Х, 35ХС, 40ХС, 35СГ, 18ХГТ, 20ХНЗА, 30ХНЗ, 35ХНЗМ, 45ХН2МФ и др.

В большинстве случаев **заготовками** для валов служит прокат. Заготовки отрезают из прокатного материала фрикционными и дисковыми пилами, абразивными кругами, резцом и др. Для валов, диаметры ступеней которых отличаются больше чем на 10 мм, заготовки отрезают из проката и затем куют под молотами или штампуют в подкладных или закрытых штампах. Главное требование к заготовкам – прямолинейность, которая не должна выходить за пределы 0,1–0,15 мм на 1м длины. Поэтому прокат перед отрезкой заготовок подвергают правке на специальных правильно-калибровочных станках и др.

Основные технологические базы - преимущественно центровые отверстия, центровые фаски для пустотелых валов.

Основные операции при обработке гладких и ступенчатых валов – это центрование, обточка на токарных станках, шлифование посадочных поверхностей, доводка поверхностей, табл. 1.

Таблица 1 - Маршрутный технологический процесс обработки ступенчатых валов

№	Операция		Оборудование	Технологическая база
	Наименование	Содержание		
000	Заготовительная Правильная Отрезная Термическая	Правка прутка	Правильно-калибровочная машина	Наружная поверхность
		Разрезание прутка по длине	Токарный, отрезной станки. Ножницы. Ножовка.	Наружная поверхность
010	Фрезерно-центровальная. Токарная	Фрезерование (подрезание) торцов и центрование (Подготовка технологических баз)	Фрезерно-центровальный или токарный станки	Наружная поверхность
015	Токарная	Черновая и чистовая токарная обработка	Токарный станок	Центровые отверстия
020	Фрезерная	Фрезерование шпоночных канавок, лысок, уступов	Фрезерный станок (шпоночно-фрезерный)	Центровые отверстия, шейки вала
025	Сверлильная.	Сверление отверстий, нарезание резьбы	Сверлильный станок	Шейки вала
030	Шлицефрезерная	Черновая, чистовая обработка шлицев	Шлицефрезерный станок	Центровые отверстия
035	Зубообрабатывающая	Черновое, чистовое нарезание зубьев	Зубофрезерный станок	Центровые отверстия
040	Термическая	Термообработка	Печь, установка ТВЧ	Центровые отверстия
045	Токарная. Шлифовальная	Зачистка, центровых отверстий	Токарный. Центрошлифовальный	Центровые отверстия
050	Шлифовальная	Шлифование опорных шеек	Шлифовальный станок	Центровые отверстия
055	Шлицешлифовальная	Обработка боковых поверхностей шлицев и центрирующих диаметров шлицевой части вала	Шлицешлифовальный, круглошлифовальный станки	Центровые отверстия
060	Зубообрабатывающая	Отделка зубьев		Центровые отверстия

065	Моечная			
070	Контрольная			

Основные схемы базирования.

Основными конструкторскими базами большинства валов являются поверхности опорных шеек. Однако использовать их в качестве технологических баз для обработки наружных поверхностей на всех операциях затруднительно. Для условия сохранения единства и постоянства баз за технологические базы принимают поверхности центровых отверстий (ГОСТ 14034–74). Для исключения погрешности базирования при выдерживании длин ступеней от торца вала необходимо в качестве опорной технологической базы использовать торец заготовки. С этой целью заготовку устанавливают на плавающий передний центр.

Передача крутящего момента при установке вала в центрах осуществляется с помощью поводкового патрона (ГОСТ 2571–71) или хомутика (ГОСТ 2578–70).

Основные операции механической обработки

Заготовительная.

Для заготовок из проката: рубка прутка на прессе или резка прутка на фрезерно-отрезном или другом станке. Для заготовок, получаемых методом пластического деформирования, штамповать или ковать заготовку.

Правильная (применяется для проката). Правка заготовки на прессе или другом оборудовании. В массовом производстве может производиться до отрезки заготовки. В этом случае правится весь пруток на правильно-калибровочном станке.

Термическая.

Улучшение, нормализация.

Подготовка технологических баз.

Операцию обработки торцов и сверление центровых отверстий в зависимости от типа производства производят:

– в единичном производстве подрезку торцов и центрование на универсальных токарных станках последовательно за два установа с установкой заготовки по наружному диаметру в патроне;

– в серийном производстве подрезку торцов выполняют отдельно от центрования на продольно-фрезерных или горизонтально-фрезерных станках, а центрование – на одностороннем или двустороннем центровальном станке. Применяются фрезерно-центровальные полуавтоматы последовательного действия с установкой заготовки по наружному диаметру в призмы и базированием в осевом направлении по упору;

– в массовом производстве применяют фрезерно-центровальные станки барабанного типа, которые одновременно фрезеруют и центруют две заготовки без съема их со станка.

Форму и размеры центровых отверстий назначают в соответствии с их технологическими функциями по ГОСТ 14034–74.

Для нежестких валов (отношение $l/d > 12$) - обработка шеек под люнеты.

Токарная (черновая).

Выполняется за два установа на одной операции (единичное производство) или каждый установ выполняется как отдельная операция.

Производится точение наружных поверхностей (с припуском под чистовое точение) и канавок. Это обеспечивает получение точности IT 12, шероховатости $Ra = 6,3$. В зависимости от типа производства операцию выполняют: в единичном производстве на токарно-винторезных станках; в мелкосерийном – на универсальных токарных станках с гидросуппортами и станках с ЧПУ; в серийном – на копировальных станках, горизонтальных многорезцовых, вертикальных одношпиндельных полуавтоматах и станках с ЧПУ; в крупносерийном и массовом – на многошпиндельных многорезцовых полуавтоматах; мелкие валы могут обрабатываться на токарных автоматах.

Токарная (чистовая).

Аналогична приведенной выше. Производится чистовое точение шеек (с припуском под шлифование). Обеспечивается точность 11 – 10 квалитет, шероховатость $Ra = 3,2$.

Фрезерная.

Фрезерование шпоночных канавок, шлицев, зубьев, всевозможных лысок.

Шпоночные пазы в зависимости от конструкции обрабатывают дисковой фрезой (если паз сквозной) на горизонтально-фрезерных станках, пальцевой шпоночной фрезой (если паз глухой) на вертикально-фрезерных станках. В серийном и массовом производствах для получения глухих шпоночных пазов применяют шпоночно-фрезерные полуавтоматы, работающие «маятниковым» методом.

Технологическая база – поверхности центровых отверстий или наружные цилиндрические поверхности вала. При установке на наружные цилиндрические поверхности вала (на призмы) возникает погрешность базирования, связанная с колебаниями диаметров установочных шеек вала в партии.

Шлицефрезерная.

Шлицевые поверхности на валах чаще всего получают обкатыванием червячной фрезой на шлицефрезерных или зубофрезерных станках с установкой вала в центрах. При диаметре шейки вала более 80 мм шлицы фрезеруют за два рабочих хода.

Сверлильная.

Сверление всевозможных отверстий.

Резьбонарезная.

На закаливаемых шейках резьбу изготавливают до термообработки. Если вал не подвергается закалке, то резьбу нарезают после окончательного шлифования шеек (для предохранения резьбы от повреждений). Мелкие резьбы у термообрабатываемых валов получают сразу на резьбошлифовальных станках.

Внутренние резьбы нарезают машинными метчиками на сверлильных, револьверных и резьбонарезных станках в зависимости от типа производства.

Наружные резьбы нарезают:

- в единичном и мелкосерийном производствах на токарно-винторезных станках плашками, резьбовыми резцами или гребенками;
- в мелкосерийном и серийном производствах резьбы не выше 7-ой степени точности нарезают плашками, а резьбы 6-ой степени точности - резьбонарезными головками на револьверных и болторезных станках;
- в крупносерийном и массовом производствах - гребенчатой фрезой на резьбофрезерных станках или накатыванием.

Термическая.

Закалка объемная или местная согласно чертежу детали.

Токарная. (Центрошлифовальная).

Исправление центровых отверстий (центрошлифовальная). Перед шлифованием шеек вала центровые отверстия, которые являются технологической базой, подвергают исправлению путем шлифования конусным кругом на центрошлифовальном станке за два установа или притираются на токарных станках.

Шлифовальная.

Шейки вала шлифуют на круглошлифовальных или бесцентровошлифовальных станках.

Шлицешлифовальная.

Шлицы шлифуются в зависимости от центрирования:

- при центрировании по наружной поверхности – наружное шлифование на круглошлифовальных станках и шлифование боковых поверхностей на шлицешлифовальном полуавтомате с делением;
- при центрировании по поверхности внутреннего диаметра – шлифование боковых поверхностей шлицев и шлифование внутренних поверхностей по диаметру профильным кругом.

Моечная.

Контрольная.

Нанесение антикоррозионного покрытия.

Операционные эскизы маршрутного технологического процесса изготовления валов представлен в табл. 3, 4.

Таблица 3 - Маршрутный технологический процесс изготовления вала длиной до 120 мм

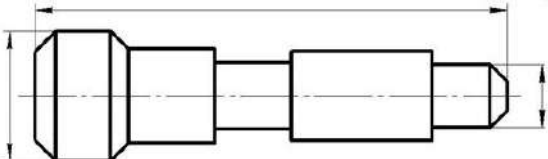
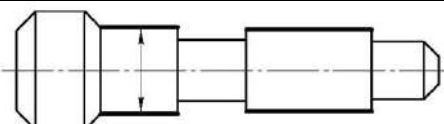
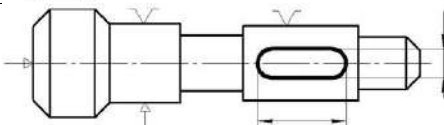
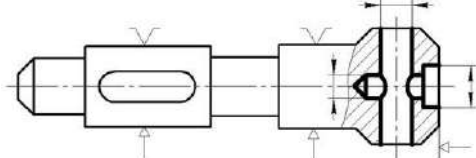
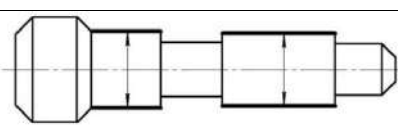
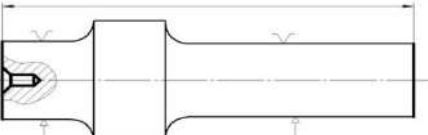
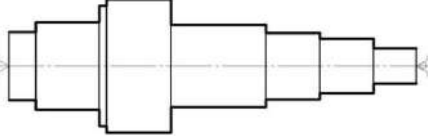
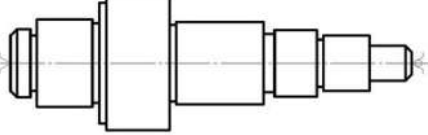
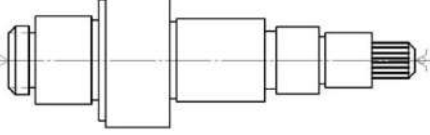
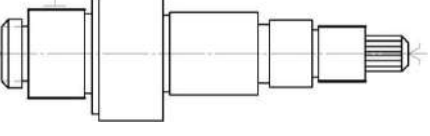
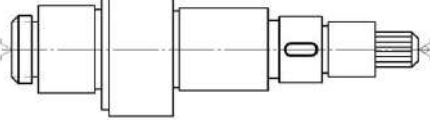
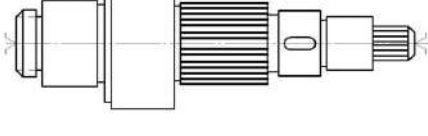
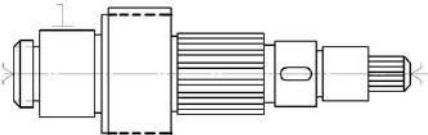
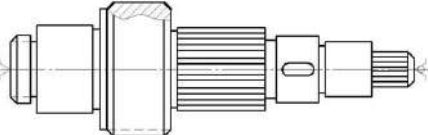
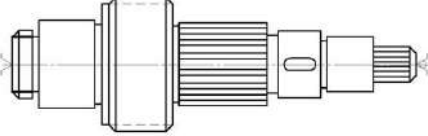
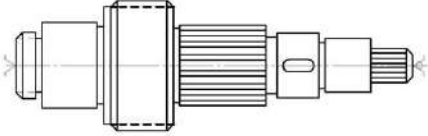
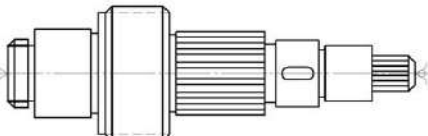
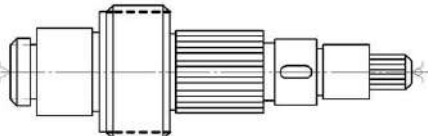
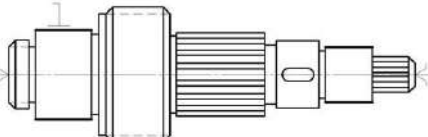
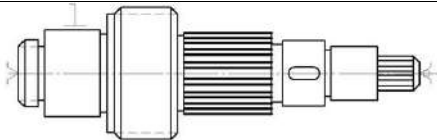
Операция			
П/п	Наименование	Содержание	Операционный эскиз
000	Заготовительная	Прокат	
005	Токарная	Обтачивание с припуском под шлифование, снятие фасок и отрезка в размер по длине.	
010	Шлифовальная	Шлифование шеек вала (черновое)	
015	Фрезерная	Фрезерование шпоночных канавок	
020	Сверлильная	Сверление продольных (осевых) и поперечных (радиальных) отверстий	
025	Термическая		
030	Шлифовальная	Окончательное шлифование шеек вала.	
035	Контрольная		

Таблица 4 - Маршрутный технологический процесс изготовления валов диаметром 30 0 80 мм и длиной от 120 до 500 мм

Операция			
П/п	Наименование	Содержание	Операционный эскиз
00 0	Заготовительная	Штамповка. (Прокат)	
00 5	Фрезерно-центровальная	Фрезерование торцов и центрование	
01 0	Токарная	Черновая обработка поверхностей (два установка)	
01 5	Токарная	Чистовая обработка поверхностей (два установка)	
02 0	Накатная	Накатывание рифлений	
02 5	Круглошлифовальная	Шлифование предварительное	
03 0	Фрезерная	Фрезерование шпоночных канавок	
03 5	Шлицефрезерная (Фрезерная)	Нарезание шлицев	
04	Зубофрезерная	Нарезание	

0	зерная	зубьев	
04 5	Зубоза- кругля- ющая	Закругле- ние зубьев	
05 0	Токарная (Резь- бофре- зерная)	Нарезание резьбы	
05 5	Химико-термическая		
06 0	Шевинго- вальная	Шевинго- ва- ние зубьев	
06 5		Калибров- ка резьбы	
07 0	Термичес- кая	Закалка Закалка ТВЧ	
07 5	Токарная (Центро- шлифо- вальная)	Притирка (шлифова- ние цен- тров)	
08 0	Обкаточ- ная	Обкатка зубьев	
08 5	Круг- лошли- фоваль- ная	Шлифова- ние шеек вала	
09 0	Шли- цешли-	Шлифова- ниешли-	

	фоваль- ная	цев	
09 5	Контрольная		

ПРИМЕР разработки маршрутно-операционного технологического процесса изготовления детали

Деталь. Вал-шестерня (см. рис.2).

Маршрут обработки.

1. Вначале обрабатывают поверхности принятые за установочные базы. Типовой технологический процесс изготовления деталей типа валов длиной свыше 120 мм рекомендует обрабатывать их в центрах, то есть основными технологическими базами являются центровочные отверстия. Для детали вал-шестерня основные технологические базы – центровочное отверстие А 6,3 ГОСТ 14034–74 и фаска отверстия Ø 58H7.

В соответствии с правилами выбора баз, черновую технологическую базу используют один раз. Далее переходят к чистовым технологическим базам.

Подготовка установочных технологических баз может быть осуществлена по двум вариантам маршрута обработки.

Вариант 1. Подрезка торца (обязательно в первую очередь, так как торец является настроечной и измерительной базой), зацентровка отверстия, черновая обработка наружных поверхностей диаметрами 80, 65, 60 и 51 мм (необходимо для перехода на чистовую базу с целью подготовки технологической базы на Ø 58H7). Переустановка заготовки. Базирование и закрепление по чисто обработанной наружной поверхности. Обработка второй основной технологической базы.

Вариант 2. Закрепление заготовки по наружной конической поверхности. Подрезка торца со стороны отверстия, предварительная обработка

отверстия $\varnothing 58H7$ и черновая обработка наружного $\varnothing 105$. Переустановка заготовки. Установка и закрепление заготовки по чисто обработанной базовой поверхности (наружному диаметру зубчатого венца ($\varnothing 105$) - подготовка основной технологической базы - подрезка торца и зацентровка отверстия $\varnothing 6,3$. Недостаток – отсутствие упорной поверхности, а колебание допуска на припуск приводит к затруднениям настройки станка на партию деталей. Создание упорной поверхности по торцу зубчатого венца предусматривает трехкулачковый самоцентрирующий патрон с удлиненной поверхностью зажима детали (80 – 100 мм высота самого патрона, а при длине зажима детали в 240 мм с упором по торцу зубчатого венца рабочая часть кулачков должна быть 100 – 150 мм).

Потому вариант 1 предпочтителен.

2. Чем точнее поверхность, тем позже она обрабатывается. Поверхности $\varnothing 80k6$, $\varnothing 65k6$, $\varnothing 58H7$ должны обрабатываться после термообработки, которая производится после чистовой токарной обработки.

3. В конец маршрута выносят обработку легкоповреждаемых поверхностей (шлицев, зубчатый венец) и второстепенных элементов (отверстий).

4. Деталь подвергается термической обработке. Технологический процесс механической обработки в этом случае расчленяется на две части: технологический процесс до термообработки и после нее. Так как твердость поверхности детали $HRC_{\Sigma} > 40$, то термическая обработка выполняется после чистовой обработки перед окончательной, которая ведется шлифованием. Поэтому обработку шлицевых и зубчатых поверхностей, а также обработку отверстий М 12 необходимо произвести до термообработки. Так как в процессе термообработки деталь может быть получить дефект в виде коробления, поэтому в технологическом процессе необходимо предусмотреть операцию исправления основных технологических

баз. После термообработки должна быть токарная операция – притирка центров.

5. Чертежом предусматривается цементация с последующей закалкой. Цементация производится после получистовой или чистовой обработки.

Чертежом предусмотрены незакаленные участки – торец зубчатого венца на Ø 90 мм и 3 отверстия М12. Поэтому необходимо оставить дополнительный припуск под цементацию на торец зубчатого венца больше, чем глубина цементации. Дополнительный слой металла снимается механической обработкой после цементации детали, перед термообработкой. Термическую обработку необходимо провести в два приема:

- цементация после получистовой обработки;
- механическая обработка поверхностей не требующей закалки. Подрезка торца; сверление и нарезание резьбы М12;
- закалка детали.

На основе типового технологического процесса изготовления деталей класса валов и с учетом конструктивных особенностей и технических требований к рассматриваемой детали вал-шестерни маршрут технологического процесса следующий:

Заготовительная (штамповка).

Токарная. Черновая, получистовая и чистовая обработка наружных и внутренних поверхностей, лежащих в оси детали.

Круглошлифовальная. Предварительная обработка поверхностей под нарезание шлицев.

Шлицефрезерная. Нарезание шлицев

Зубообрабатывающая. Нарезание зубьев зубчатого венца

Фрезерная. Срезание зубьев зубчатого венца.

Зубозакругляющая. Зубозакругление.

Химико-термическая. Цементация

Токарная. Снятие дополнительного припуска по торцу зубчатого венца.

Сверлильная. Нарезание резьбы М12.

Термическая. Закалка. Закалка ТВЧ.

Токарная. Зачистка центров.

Внутришлифовальная. Обработка отверстия и основной технологической базы – фаски.

Круглошлифовальная. Обработка поверхностей 80k6, Ø65k6

Шлицешлифовальная. Шлифование шлицев.

Контрольная.

Технологические операции.

005 Токарная (*Подготовка основных технологических баз и предварительная обработка поверхностей*)

Выбор оборудования.

Габаритные размеры детали Ø 110 x 274. Масса – 4,5 кг.

Исходя из габаритов детали, ее массы и точности выполнения токарной операции (10 квалитет) можно выбрать станки двух типов – с максимальным диаметром обработки над суппортом 160 или 220 мм (Приложение 1, табл. 1). Учитывая особенности учебного процесса, заключающиеся в необходимости корректировки режимов резания по паспортным данным станка, выбираем токарно-винторезный станок модели 16В20.

Выбор средств технологического оснащения.

- приспособления для установки и закрепления заготовки.

Исходя из присоединительных размеров станка мод. 16В20 установка и закрепление заготовки осуществляется в трехкулачковом самоцентрирующем патроне (Ø 250) – патрон 7100–0009 ГОСТ 2675–80. Поддержка второго конца обрабатываемой заготовки осуществляется центром станочным вращающимся типа А – центр А1 – 4Н ГОСТ 8742–75.

- режущий инструмент.

Резцы выбираем исходя из назначения и присоединительных размеров станка, приспособлений и вспомогательной оснастки. Так в резцедержателе станка мод.16В20 закрепляется четыре резца сечением тела резца 25 х 25 мм. Осевой режущий инструмент (сверла, зенкеры, развертки и др.) закрепляется в задней бабке станка (конус Морзе 5).

Резцы: резец подрезной отогнутый с пластинкой из твердого сплава – резец 2112–0035 ВК8 ГОСТ 18880–73; резец проходной упорный с пластинкой из твердого сплава – резец 2103–0007 ВК8 ГОСТ 18880–73; резец проходной отогнутый правый ($\phi=60^\circ$) с пластинкой из твердого сплава – резец 2102–0005 Т15К6 ГОСТ 18877–73; резец расточной для глухих отверстий – резец 2141–0057 ГОСТ 18883–73; резец расточной для обработки сквозных отверстий ($\phi=45^\circ$) – резец 2140–0505 ГОСТ 18882–73; резец расточной канавочный специальный $b=5$ мм (собственного изготовления).

Сверла: сверло центровочное А6,3 ГОСТ 14952–75; сверло спиральное с коническим хвостовиком $\varnothing 48$ ГОСТ 10903–77

- вспомогательный инструмент.

Установка сверла центровочного производится в сверлильном трехкулачковом патроне – патрон 9 – В12 ГОСТ 8522–79. Установка сверлильного патрона в пиноль задней бабки осуществляется через переходную конусную втулку – втулка 6100–0226 ГОСТ 13598–85. Установка сверла спирального в пиноль задней бабки осуществляется через переходную конусную втулку – втулка 6100–0147 ГОСТ 13598–85.

- средства измерения.

Штангенциркуль ШЦ – II – 400 – 0,05 ГОСТ 166–89; штангенциркуль ШЦ – II – 200 – 0,05 ГОСТ 166–89; штангенциркуль ШЦ – I – 125 – 0,1 ГОСТ 166–89.

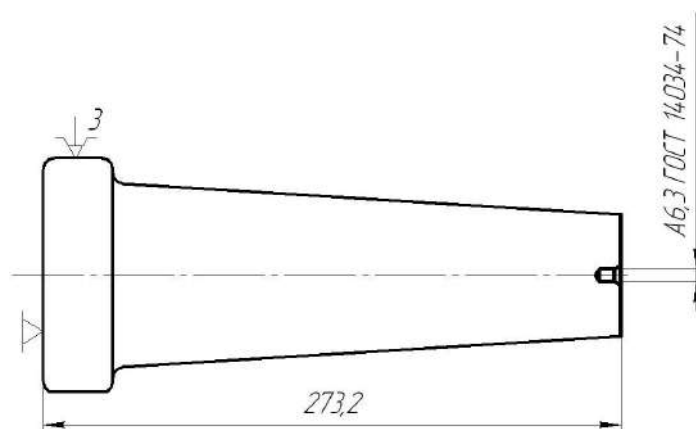
Содержание операции.

Установ А. Заготовка устанавливается и закрепляется в трехкулачковом патроне. 1. Подрезать торец в размер 274. 2. Подрезать торец в размер 273,2. 3. Сверлить отверстие А6,3 ГОСТ 14034–74.

Установ Б. Заготовка устанавливается и закрепляется в трехкулачковом патроне с поджимом задним центром. 1. Точить $\varnothing 83,4$ и торец, выдерживая размер 28,6. 2. Точить $\varnothing 67$ х 198. 3. Точить $\varnothing 62$, выдерживая размер 109. 4. Точить $\varnothing 51,6$, выдерживая размер 53.

Установ В. Заготовка устанавливается и закрепляется в трехкулачковом патроне с упором по торцу заготовки. 1. Подрезать торец в размер 27,1. 2. Рассверлить отверстие $\varnothing 48$ х 73,2. 3. Расточить $\varnothing 57,3$ х 38,2. 5. Расточить $\varnothing 57,66$ х 38,2. 6. Расточить канавку $b=5$ в размер чертежа. 6. Точить фаску 8,2 х 45° . 7. Точить $\varnothing 105,6$ напроход. 8. Точить уступ ($b=3,2$ мм) с $\varnothing 105,6$ до $\varnothing 90$.

Операционные эскизы



010 Токарная (Чистовая обработка поверхностей в центрах)

Станок. Токарно-винторезный мод 16В20.

Установка и закрепление заготовки осуществляется в центрах с поводковым патроном. Поддержка второго конца обрабатываемой заготовки осуществляется центром станочным вращающимся

Средства технологического оснащения.

Поводковый патрон - патрон 7108–0021 ГОСТ 2571–71. Хомутик по-
водковый – хомутик 7107–0042 ГОСТ 2578–70. Центр станочный враща-
ющийся типа А – центр А–1 – 4 – Н ГОСТ 8742–75.

Резцы: резец подрезной упорный с пластинкой из твердого сплава –
резец 2103–0007 ВК8 ГОСТ 18879–73; резец проходной отогнутый правый
($\varphi=60^\circ$) с пластинкой из твердого сплава – резец 2102 –0005 Т15К6 ГОСТ
18877–73.

Средства технического контроля.

Штангенциркуль ШЦ – II – 200 – 0,05 ГОСТ 166–89; штангенциркуль
ШЦ – I – 125 – 0,1 ГОСТ 166–89.

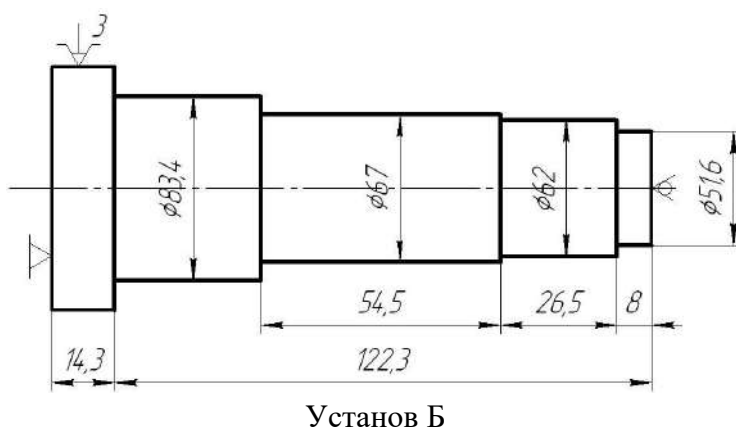
Содержание операции.

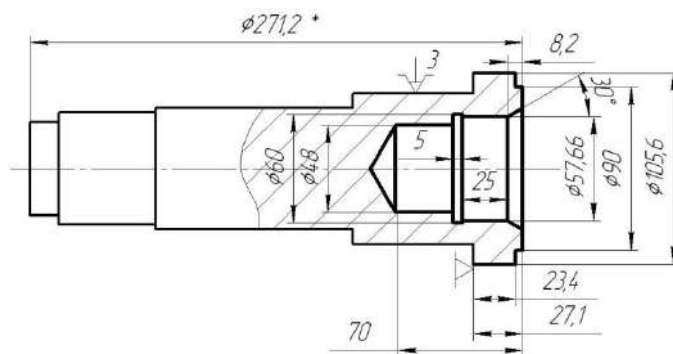
Установ А. 1. Точить $\varnothing 81,3$ и торец, выдерживая размер 26,4. 2. То-
чить $\varnothing 66,1$ х 198. 3. Точить $\varnothing 60,4$, выдерживая размер 109. 4. Точить $\varnothing$
51, выдерживая размер 53. 5. Точить $\varnothing 80,47$. 6. Точить $\varnothing 65,4$.

Установ Б. 1. Точить $\varnothing 105$ напроход. 2. Точить уступ с $\varnothing 105$ до $\varnothing$
90, выдерживая размер 21,2. 3. Точить фаску 2 х 45° . 4. Точить фаску 2 х
 45° .

Операционные эскизы.

Установ А





015 Круглошлифовальная (*Подготовка поверхностей под нарезание шлицев*)

Оборудование. Станок круглошлифовальный 3М153

Установка и закрепление заготовки осуществляется в жестких центрах с надеванием хомутика.

Средства технологического оснащения.

Центр жесткий упорный ГОСТ 2576–79. Хомутик поводковый 7107–0068 ГОСТ 16488–70.

Режущий инструмент. Круг шлифовальный ПП 500 х 63 х 32; 15А40С27К ГОСТ 2424–83.

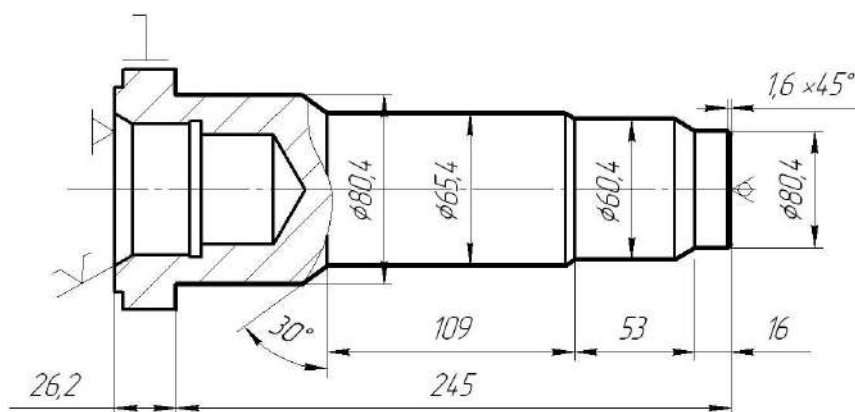
Средства технического контроля

Микрометр гладкий МК 50 – 75 ГОСТ 6507–90; МК 75 – 100 ГОСТ 6507–90.

Содержание операции.

1. Шлифовать Ø 80,18.
2. Шлифовать Ø 65,18.
- Шлифовать Ø 60.

Операционный эскиз



020 Шлицефрезерная (*Нарезание шлицев $m = 4,5, z = 12$; $m = 5, z = 14$*)

Оборудование. Станок шлицефрезерный вертикальный мод. 53А30П (наибольший модуль нарезаемых шлицев 6 мм)

Установка и закрепление заготовки осуществляется в жестких центрах с надеванием хомутика.

Средства технологического оснащения.

Центр жесткий упорный ГОСТ 2576–79. Хомутик поводковый 7107-0042 ГОСТ 2578–70.

Режущий инструмент.

Фреза червячная $m = 4,5, (D \times d) 90 \times 32$ ГОСТ 6637–80; $m = 5, (D \times d) 100 \times 32$ ГОСТ 6637–80.

Средства технического контроля.

Штангенциркуль ШЦ – I – 125 – 0,1 ГОСТ 166–89.

Содержание операции.

Установ А.

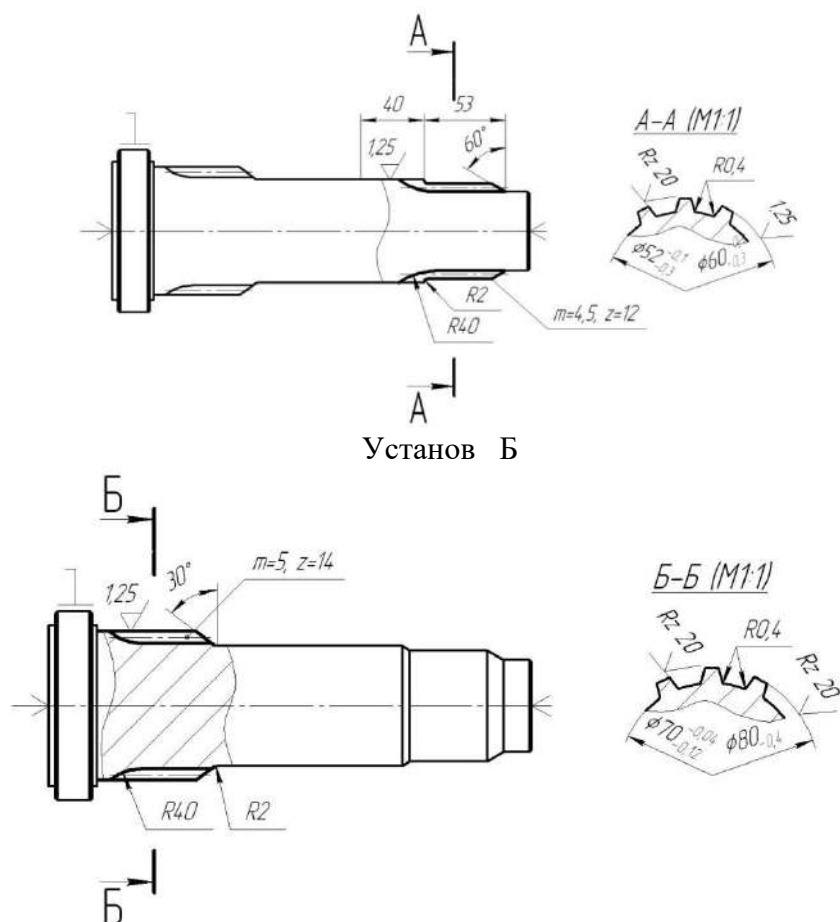
1. Нарезать шлицы $m = 4,5, z = 12$ предварительно. 2. Нарезать шлицы $m = 4,5, z = 12$ окончательно.

Установ Б.

1. Нарезать шлицы $m = 5, z = 14$ предварительно. 2. Нарезать шлицы $m = 5, z = 14$ с припуском под шлифование.

Операционные эскизы

Установ А



025 Зубофрезерная (Нарезание зубьев $m = 3,5$, $z = 28$)

Оборудование. Станок зубофрезерный вертикальный мод. 53А30П (наибольший модуль нарезаемых зубьев 6 мм)

Установка и закрепление заготовки осуществляется в жестких центрах с надеванием хомутика.

Средства технологического оснащения.

Центр жесткий упорный ГОСТ 2576–79. Хомутик поводковый – хомутик 7107–0042 ГОСТ 2578–70.

Режущий инструмент.

Фреза червячная $m = 3,5$, (D x d) 80 x 32 ГОСТ 6637–80.

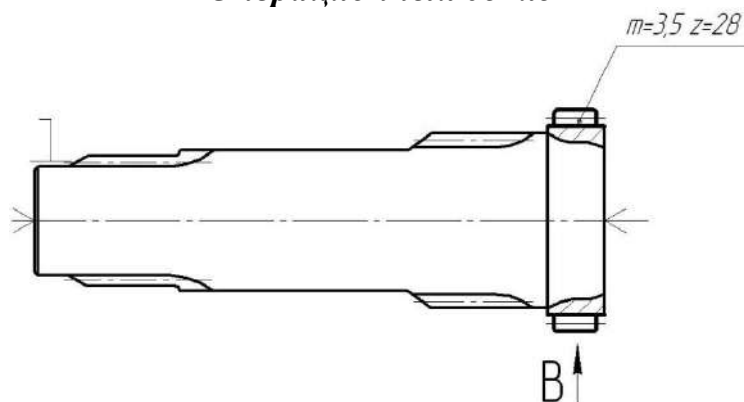
Средства технического контроля.

Штангенциркуль ШЦ – I – 125 – 0,1 ГОСТ 166–89.

Содержание операции.

1. Нарезать зубья $m = 3,5$, $z = 28$ предварительно. 2. Нарезать зубья $m = 3,5$, $z = 28$ окончательно.

Операционный эскиз



030 Фрезерная

Оборудование. Станок вертикально-фрезерный консольный мод. 6Н12
Установка и закрепление заготовки осуществляется в делительной головке (по $\varnothing 51$) с поджатием центром, установленном в задней бабке.

Средства технологического оснащения.

Делительная головка УДГ–200; задняя бабка; центр жесткий упорный ГОСТ 2576–79.

Режущий инструмент.

Фреза концевая с цилиндрическим хвостовиком $d = 4$ ГОСТ 17025–71.

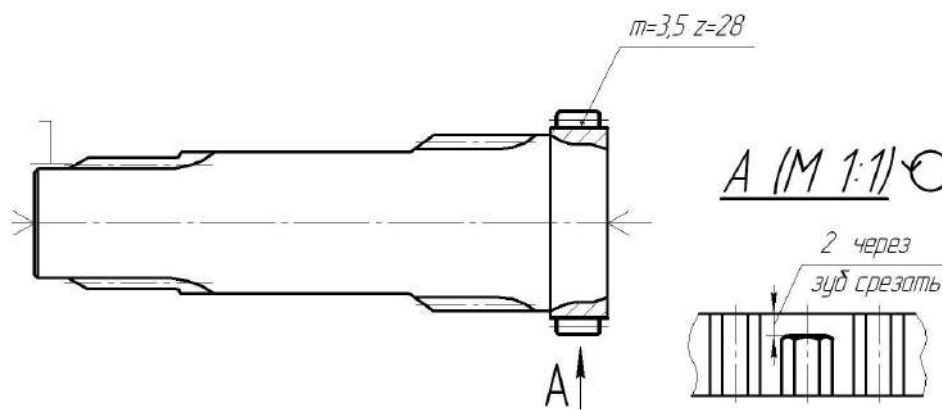
Средства технического контроля.

Штангенциркуль ШЦ – I – 125 – 0,1 ГОСТ 166 – 90.

Содержание операции.

1. Срезать зубья через 1 в размер чертежа.

Операционный эскиз



035 зубозакругляющая. зубозакругление.

Оборудование. Станок зубозакругляющий мод.557

Установка и закрепление заготовки осуществляется в делительной головке (по Ø 51) с поджатием центром, установленным в задней бабке.

Средства технологического оснащения.

Делительная головка УДГ–200; задняя бабка; центр жесткий упорный ГОСТ 2576–79.

Режущий инструмент.

Фреза концевая с цилиндрическим хвостовиком d = 4 ГОСТ 17025–71.

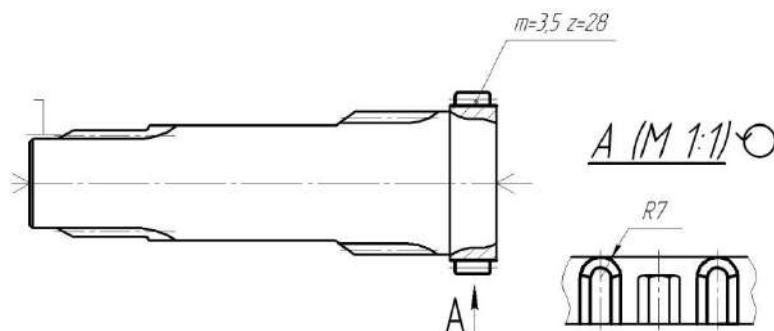
Средства технического контроля.

Штангенциркуль ШЦ – I – 125 – 0,1 ГОСТ 166–89.

Содержание операции.

1. Закруглить зубья через 1 в размер чертежа.

Операционный эскиз



040 Химико-термическая. Цементация

045 Токарная. (*Снятие дополнительного припуска по торцу зубчатого венца*).

Станок. Токарно-винторезный мод 16В20.

Установка и закрепление заготовки осуществляется в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне.

Средства технологического оснащения.

Трехкулачковый самоцентрирующийся патрон - патрон 7100–0009 ГОСТ 2675–80.

Режущий инструмент

Резцы: резец подрезной упорный с пластинкой из твердого сплава – резец 2103–0007 ВК8 ГОСТ 18879–73.

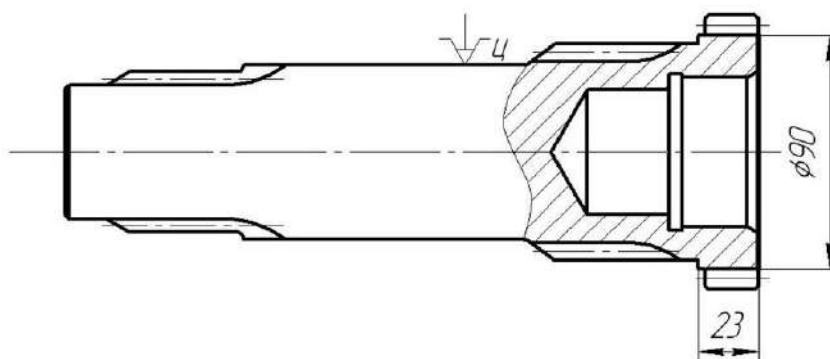
Средства технического контроля.

Штангенциркуль ШЦ – II – 200 – 0,05 ГОСТ 166–89; штангенциркуль ШЦ – I – 125 – 0,1 ГОСТ 166–89;

Содержание операции.

1. Подрезать торец в размер 23.

Операционный эскиз.



050 Сверлильная. (*Нарезание резьбы М12*).

Станок. Вертикально-сверлильный мод 2Н125-1.

Установка и закрепление заготовки осуществляется в специальном приспособлении.

Средства технологического оснащения.

Патрон

Сверло спиральное с коническим хвостовиком – сверло 2301–0400 ГОСТ 10903–77; зенковка коническая с углом при вершине 120°; с цилиндрическим хвостовиком – зенковка Ø 12,5 ГОСТ 14953–80; метчик машинно-ручной для нарезания метрической резьбы – метчик М12 х 1,75 ГОСТ 3266–81.

Штангенциркуль ШЦ – I – 125 – 0,1 ГОСТ 166–89;

1. Сверлить отверстие Ø 10,2 x 30,2. 2. Переход 1 повторить 2 раза. 3. Зенковать фаску 1,6 x 120°. 4. Переход 3 повторить 2 раза. 5. Нарезать резьбу М 12 в размер чертежа. 6. Переход 5 повторить 2 раза.

Technical drawing of a mechanical part, showing a cross-section and a detail view.

The main drawing is a cross-section of a vertical shaft. The top flange has a thickness of 25. The central hole has a diameter of 30.2. A detail view shows a circular cross-section with four holes, labeled with dimensions 30mm, M12-7H, and 30.

060 Токарная. (*Зачистка центров*).

195

Установка и закрепление заготовки осуществляется в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне.

Средства технологического оснащения.

Центр жесткий упорный ГОСТ 2576–79.

Режущий инструмент

Центр жесткий упорный ГОСТ 2576–79 (центр жесткий устанавливается в заднюю бабку и им производится притирка центровочного отверстия в детали путем приложения небольшого осевого усилия).

Содержание операции.

1. Притереть центр.

Операционный эскиз.

065 Внутришлифовальная. (Обработка отверстия и основной технологической базы – фаски).

Оборудование. Станок внутришлифовальный мод. 3К225А

Установка и закрепление заготовки осуществляется в патроне с выверкой по индикатору.

Средства технологического оснащения.

Трехкулачковый самоцентрирующийся патрон - патрон 7100–0005 ГОСТ 2675–80.

Режущий инструмент. Головка шлифовальная цилиндрическая АW40 х 20 24А25С17К ГОСТ 2447–82; головка шлифовальная коническая ЕW 15 х 25 24А25С17К ГОСТ 2447–82.

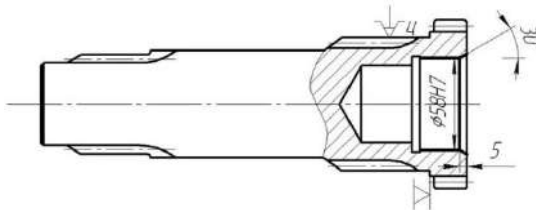
Средства технического контроля

Индикаторный нутромер НИ - 100М ГОСТ 868–82.

Содержание операции.

1. Шлифовать Ø 58H7. 2. Шлифовать фаску 5 х 30°

Операционный эскиз



070 Круглошлифовальная. (Обработка поверхностей 80k6, Ø65k6)

Оборудование. Станок круглошлифовальный 3М153

Установка и закрепление заготовки осуществляется в жестких центрах с надеванием хомутика.

Средства технологического оснащения.

Центр жесткий упорный ГОСТ 2576–79. Хомутик поводковый 7107–0068 ГОСТ 16488–70.

Режущий инструмент. Круг шлифовальный ПП 500 х 63 х 32; 25А25СМ16К ГОСТ 2424–83.

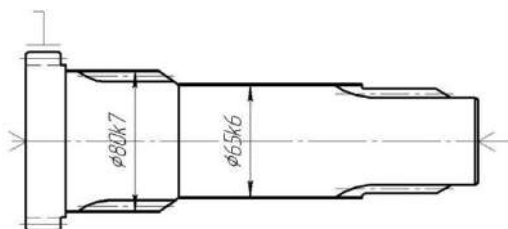
Средства технического контроля

Скоба рычажная СР 50–75 ГОСТ 11098–75; СР 75–100 ГОСТ 11098–75.

Содержание операции.

1. Шлифовать Ø 80,18.
2. Шлифовать Ø 65,18.
3. Шлифовать Ø 80k6.
4. Шлифовать Ø 65k6.

Операционный эскиз



075 Шлицешлифовальная. (Шлифование шлицев).

Оборудование. Станок шлицешлифовальный мод. МШ-322

Установка и закрепление заготовки осуществляется в жестких центрах с надеванием хомутика.

Средства технологического оснащения.

Центр жесткий упорный ГОСТ 2576–79. Хомутик поводковый – хомутик 7107–0068 ГОСТ 16488–70.

Режущий инструмент. Круг шлифовальный профильный 25A25CM210K ГОСТ 2424–83.

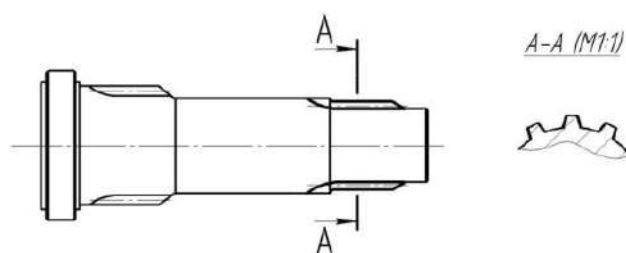
Средства технического контроля

Штангенциркуль ШЦ – I – 125 – 0,1 ГОСТ 166–89. Образцы шероховатости.

Содержание операции.

1. Шлифовать шлицы $m = 5$, $z = 14$ окончательно

Операционный эскиз



080 Контрольная.

Оборудование. Стол контролера. Плита поверочная 400 х 400 ГОСТ 10905–86. Стойка С-II ГОСТ 10197–70. Штатив с магнитным основанием – ШМ – ПВ. Центра ПБ – 500М ТУ 2-034-543 – 81.

Средства технического контроля

Скоба рычажная СР 50–75 ГОСТ 11098–75; СР 75–100 ГОСТ 11098–75.

Индикаторный нутромер НИ - 100М ГОСТ 868–82.

Штангенциркуль ШЦ – II – 400 – 0,05; штангенциркуль ШЦ – II – 200 – 0,05; штангенциркуль ШЦ – I – 125 – 0,1 ГОСТ 166–99.

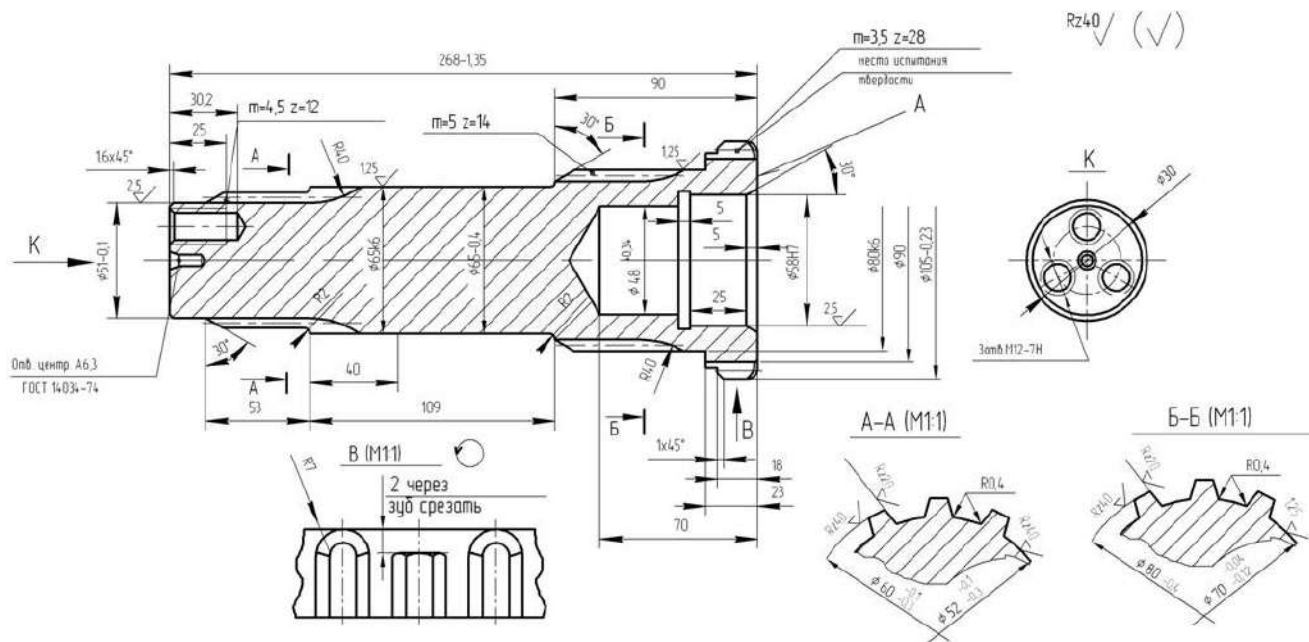
Индикатор часового типа ИЧ 10 ГОСТ 577–68. Индикатор многооборотный 2МИГП ГОСТ 9696–82.

Образцы шероховатости

Содержание операции.

- 18, 90, 109, 53; 70, 25, 5.

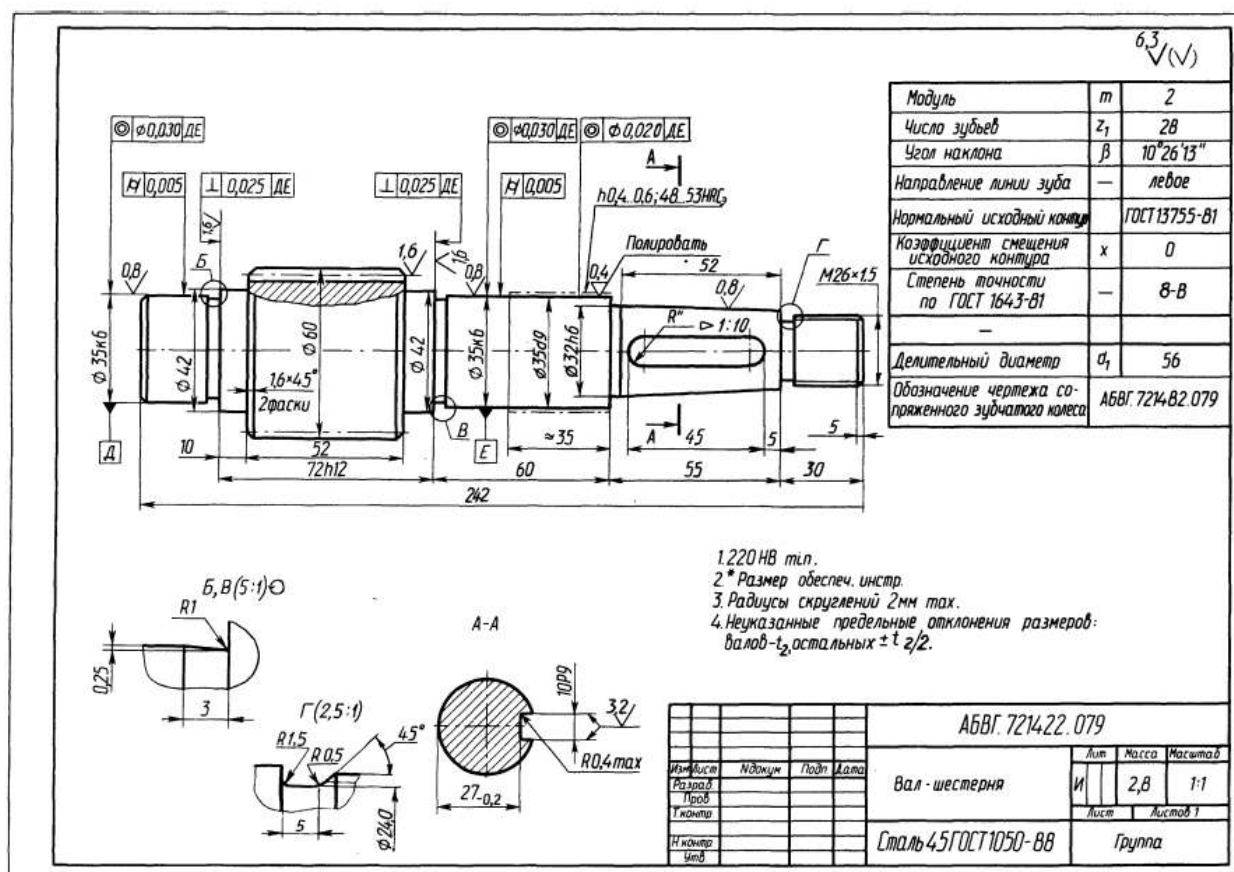
Операционный эскиз

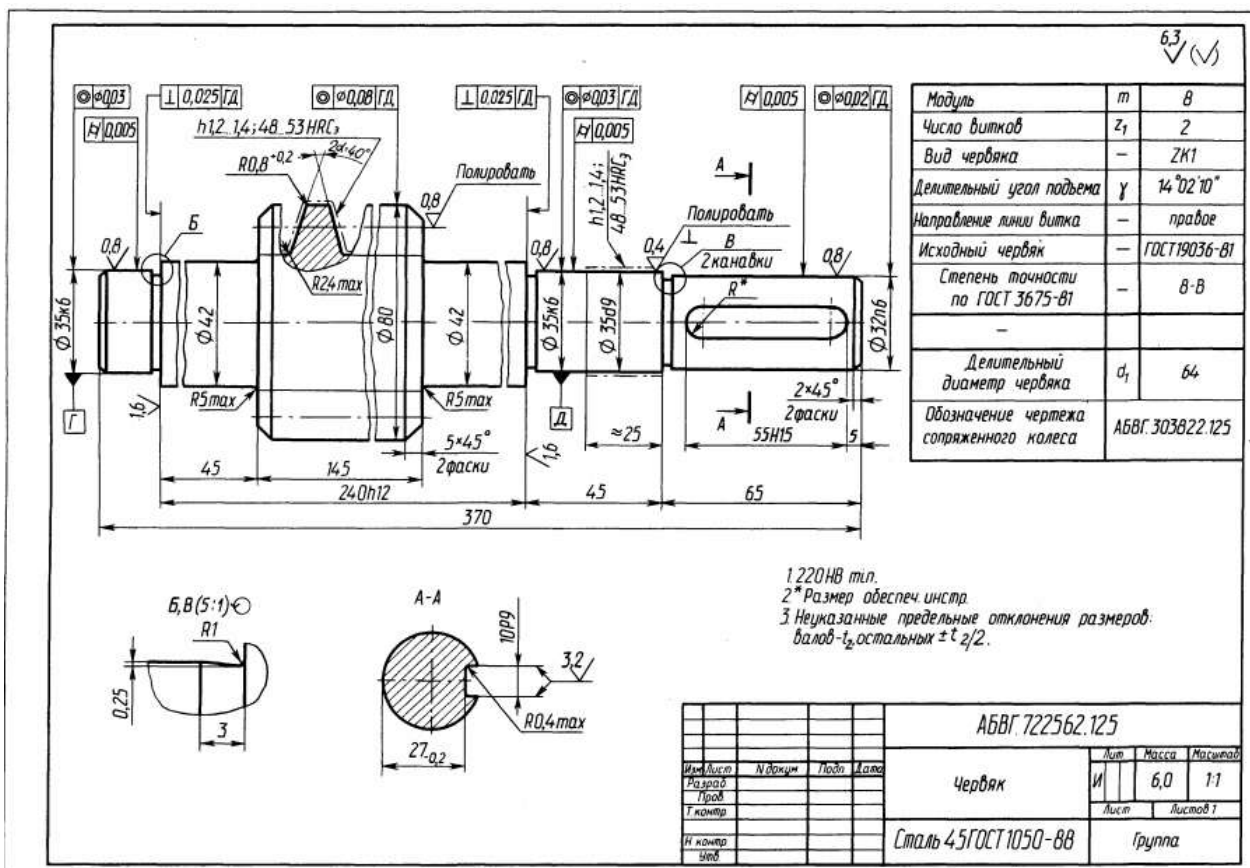
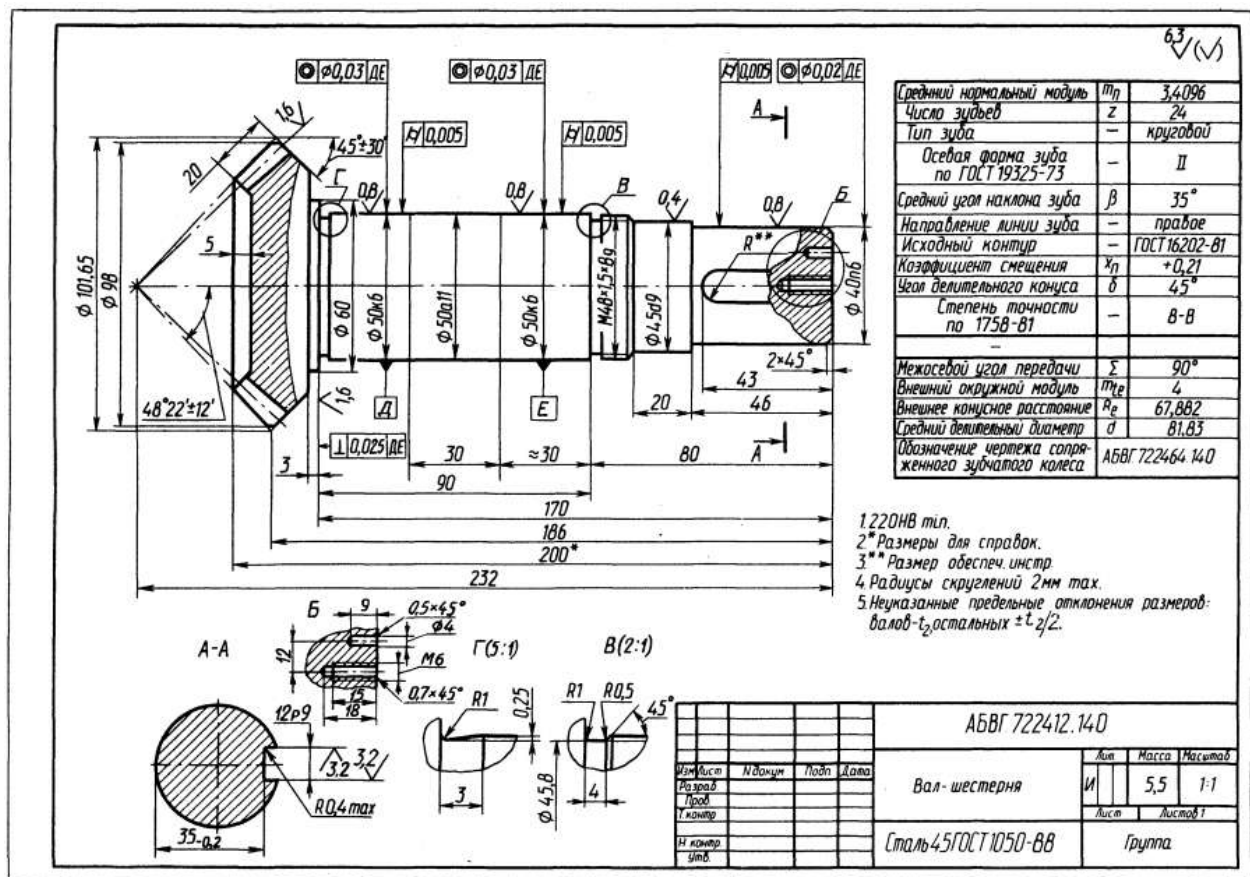


ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

ТОВАЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Деталь. Шлицевой вал. Материал – Сталь 40 ХМ





5. Справочник технолога–машиностроителя. В двух томах. Том 2. Под ред. А.Г. Косиловой. М.: «Машиностроение» 1985 г. –496 с.
6. Технология машиностроения: Практикум и курсовое проектирование: учебное пособие для студентов учер. сред. проф. Образования. А.И. Ильянков, В. Ю. Новиков. М.: Издательский центр «Академия». 2012 –432с
7. Харламов Г. А., Тарапанов А. С. Припуски на механическую обработку: Справочник. – М.: Машиностроение, 2006. – 256 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 10

ИЗУЧЕНИЕ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВТУЛОК

Цель: Научиться разрабатывать технологические процессы изготовления втулок

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: технологические задачи при разработке технологических процессов изготовления втулок, маршрутный технологический процесс обработки втулок, основные схемы базирования втулок.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: разрабатывать технологические процессы изготовления втулок.

Актуальность темы: Современные машины и механизмы имеют множество конструктивных элементов, узлов и агрегатов. От точности их настройки и продуманной сборки зависит эффективность и безопасность эксплуатации всего агрегата. Важнейшим элементом, который влияет и на монтаж, и на работу всей конструкции являются втулки. Производятся втулки по ГОСТ, ОСТ или чертежам заказчика. Втулки монтируются в механизм и становятся его частью. Они предохраняют другие узлы и детали

от чрезмерных нагрузок, принимая большую их часть на себя. Таким образом, существенно снижается износ критичных для обеспечения работы или дорогостоящих элементов. Если бы втулок не было, то использование целого ряда машин и механизмов было бы нецелесообразно или даже — невозможно.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

К втулкам относят детали, образованные наружными и внутренними поверхностями вращения, имеющими одну общую прямолинейную ось при отношении длины цилиндрической части к наибольшему наружному диаметру более 0,5 и менее или равное 2 (рис. 1).

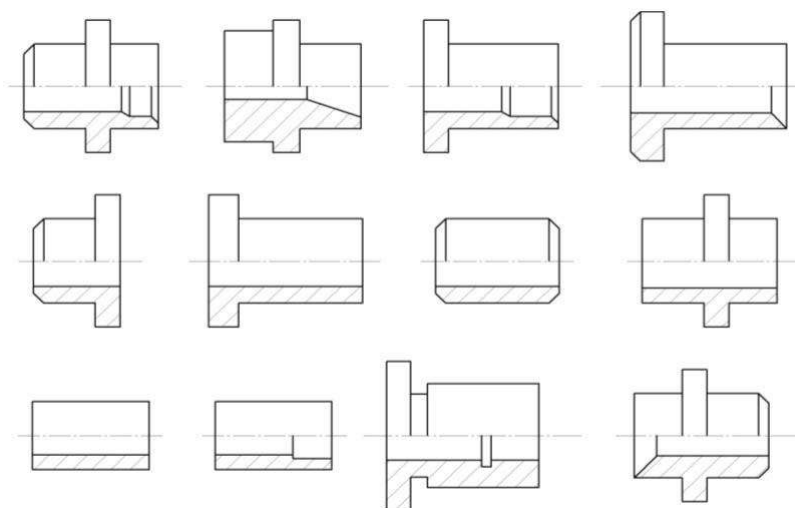


Рис. 1. Типичные детали класса втулки

Основные технологические задачи:

- обеспечение точности и концентричности наружных поверхностей относительно отверстия (точность 7–9 квалитет; шероховатость поверхности отверстия $Ra\ 1,25 \dots 0,32$ мкм: наружной - $Ra\ 2,5 \dots 0,63$ мкм);
- обеспечение перпендикулярности торцов к оси отверстия (0,015-0,020 мм на диаметре 100 мм);

– достижение точности взаимного расположения поверхностей (радиальное биение 0,01–0,03) и точности формы (отклонение от круглости и профиля продольного сечения в пределах допуска на размер).

Материалом для втулок служат:

– стали различных марок 20, 20Х, 40Х, 12ХН4А, 40ХФА, 38Х2МЮА, У8, У10, У10А, У12, У13А и др.;

– чугуны СЧ15, СЧ18, СЧ20, КЧ35-10, КЧ55-4, ВЧ60-2, КЧ60-3;

– бронзы, латуни ЛС59-1, ЛЖМц59-1-1, ЛАЖ-60-1-1Л, ЛС59-1С, БрАЖН10-4-4, БрАМц10-2, БрОЦС4-4-17;

– цинковые и алюминиевые сплавы ЦАМ10-1.5, АЛ-11, Д16, Д16П, а также специальные сплавы, биметалл, пластмасса и металлокерамика.

Типовой технологический процесс обработки втулок приведен в табл. 1.

Таблица 1 - Маршрутный технологический процесс обработки втулок

№	Операция		Оборудование	Технологическая база
	Наименование	Содержание		
000	Заготовительная			
005	Токарная	Подрезка торца у прутка. Зацентровка, сверление отверстия. Обтачивание наружной поверхности. Рас-тачивание или зенкерование отверстия; чистовое обтачи-вание наружной поверхно-сти со снятием фаски на свободном торце. Черновое и чистовое развертывание	Токарно-винторезный; токарно-револьверный	Наружная по-верхность
010	Токарная	Снятие фасок с про-тивоположного торца втул-ки	Токарный	Наружная поверх-ность
015	Термическая обработка			
020	Внутришлифовальная	Шлифовать отверстие	Внутришли-фо-вальный	Наружная поверх-ность

025	Круглошлифовальная	Шлифовать наружную поверхность и торец	Круглошлифовальный	Отверстие и торец
030	Моечная			
035	Контрольная			

Заготовки можно отрезать от прокатанных прутков, труб (сталь, латунь), отлитых прутков небольшой длины (чугун, бронза); штучные заготовки - литье в землю или в кокиль (чугун, бронза, специальные сплавы), штучные кованые или штампованные (сталь, бронза). Кроме того, втулки можно прессовать из порошков.

Основные **технологические базы** - обработанное отверстие или наружная поверхность.

Задача обеспечения концентричности поверхностей и перпендикулярности оси и торца решается обработкой:

- наружных и внутренних поверхностей и торцов за один установ;
- всех поверхностей за два установа или за две операции с базированием при окончательной обработке отверстия по наружной поверхности;
- всех поверхностей за два установа или за две операции с базированием при окончательной обработке наружной поверхности по отверстию.

Основные схемы базирования.

Технологические маршруты обработки втулок в зависимости от их точности и конфигурации строятся по одному из трех вариантов.

Вариант 1. Обработка наружных поверхностей, отверстий и торцов за один установ. Применяется для изготовления мелких втулок, не обработанных термически, из прутка или трубы на токарно-револьверных автоматах, одношпиндельных или многошпиндельных токарных автоматах. Технологическая база – наружная поверхность и торец прутка.

Вариант 2. Обработка всех поверхностей за два установа или за две операции с базированием при окончательной обработке наружной поверхности по отверстию (обработка от центра к периферии). Применяется в тех случаях, когда точность внутреннего отверстия задана чертежом вы-

ше, чем наружной поверхности. В этом случае порядок черновых переходов строго не регламентируется. При чистовой обработке сначала обрабатывается отверстие. Обработанное отверстие принимается за технологическую базу (при помощи оправки) и окончательно обрабатывается наружная поверхность.

Вариант 3. Обработка всех поверхностей за два установа или за две операции с базированием при окончательной обработке по наружной поверхности (обработка от периферии к центру). Применяется в случаях, когда точность наружных поверхностей по чертежу выше, чем у внутреннего отверстия. Порядок черновых переходов - любой. При чистовой обработке сначала обрабатывается наружная поверхность. Эта поверхность принимается за технологическую базу (в патроне) и обрабатывается внутреннее отверстие.

При выборе схемы базирования следует отдавать предпочтение базированию по отверстию (обработка от центра к периферии).

Основные операции механической обработки.

Вариант 1. Обработка из прутка за один установ.

Токарная.

Подрезка торца у прутка, подача прутка до упора, зацентровка торца под сверление, сверление отверстия, точение черновое наружной поверхности со снятием фасок на свободном торце, точение канавок, предварительное развертывание, окончательное развертывание, отрезка. При обработке втулки из трубы вместо сверления производят зенкерование или растачивание отверстия. Выполняется на токарно-револьверном, одношпиндельном или многошпиндельном токарном автомате.

Сверлильная.

Снятие фасок с противоположного торца втулки на вертикально-сверлильном или токарном станке.

Сверлильная.

Сверление отверстий, нарезка резьбы на вертикально - или радиально-сверлильном станке. В зависимости от заданной точности могут быть отдельными операциями.

Моечная.

Контрольная.

Нанесение антикоррозионного покрытия.

Вариант 2. Обработка из индивидуальной заготовки от центра к периферии

Заготовительная.

Резка заготовки из проката, трубы или штамповка.

Токарная.

В зависимости от типа производства выполняется за одну операцию и два установа (единичное) или за две операции (серийное и массовое).

Установ А (базирование по наружной поверхности и торцу в патроне) – подрезка свободного торца, сверление и зенкерование или растачивание отверстия (с припуском под шлифование), растачивание канавок и фасок.

Установ Б (базирование по отверстию и торцу на оправке) – подрезка второго торца, точение наружных поверхностей (с припуском под шлифование), точение канавок и фасок.

В зависимости от типа производства операция выполняется:

- в единичном – на токарно-винторезных станках;
- в серийном – на токарно-револьверных станках и станках с ЧПУ;

Сверлильная.

Сверление, зенкерование отверстий, нарезка резьбы. Производится на вертикально-сверлильных, радиально-сверлильных станках, сверлильных станках с ЧПУ, агрегатных станках.

Термическая.

Закалка согласно чертежу.

Внутришлифовальная.

Шлифование отверстия на внутришлифовальном станке.

Деталь базируется по наружному диаметру и торцу в патроне.

Круглошлифовальная.

Шлифование наружных поверхностей и торцов на круглошлифовальном или торцекруглошлифовальном станках.

Технологическая база – отверстие (на оправке).

Моечная.

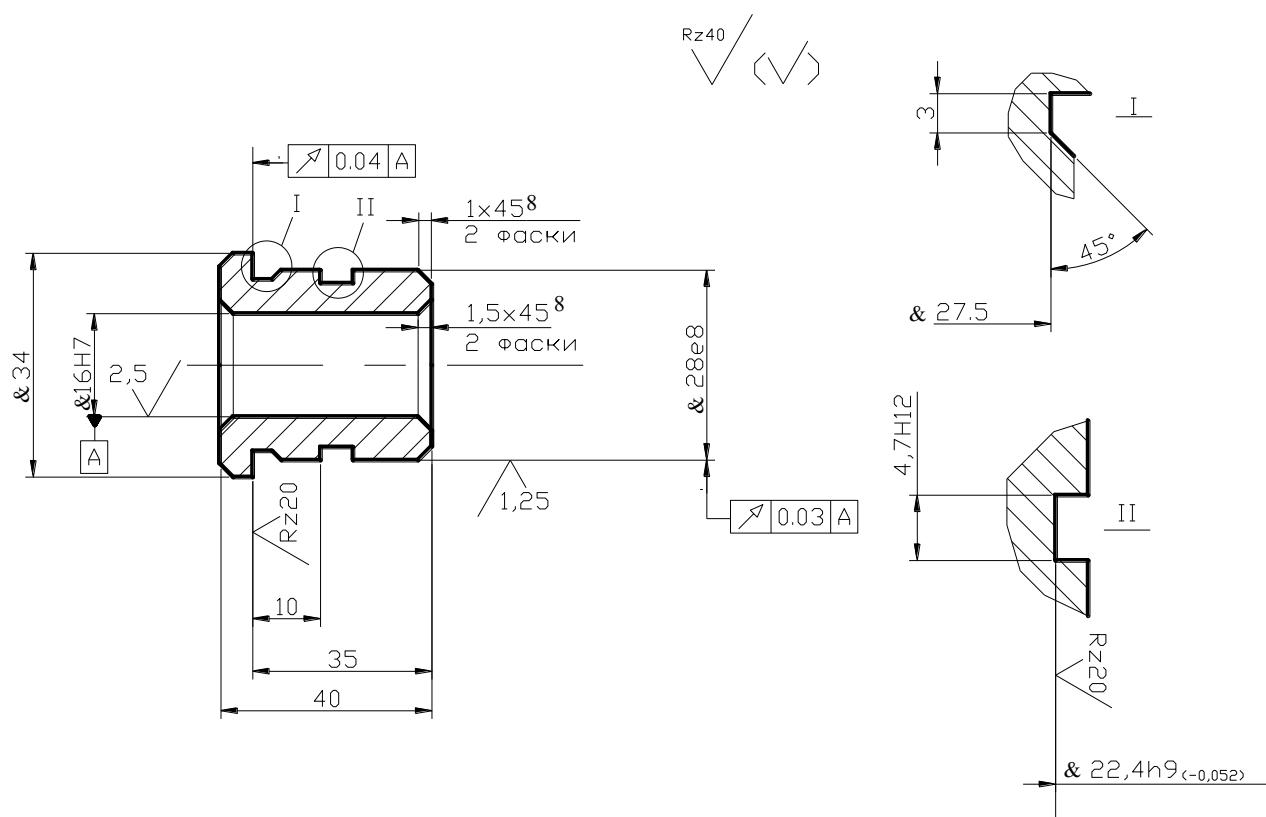
Контрольная.

Нанесение антикоррозионного покрытия.

При обработке втулки из трубы вместо сверления производят зенкование или растачивание отверстия; в остальном технологический процесс не отличается от обработки втулки из прутка.

ПРИМЕР.

Деталь. Втулка. Материал – Сталь А12В.



000 Заготовительная. Отрезать заготовку $\varnothing 34 \times 2000$. Из прутка планируется получить 43 детали.

010 Токарная. 1. Заправить концы прутка фасками.

015 Токарная. 1. Подрезать и центровать торец (под $\varnothing 34$ мм – диаметр сверла 3,5 мм по ГОСТ 14952-74). 2. Сверлить отверстие $\varnothing 15 \times 45$. 3. Зенкеровать отверстие $\varnothing 15,9 \times 45$. 4. Зенковать фаску $1,6 \times 45^\circ$ (после развертывания отверстия она будет $1,5 \times 45^\circ$). 5. Точить поверхность (черновое точение) и (чистовое точение) с припуском под шлифование $\varnothing 28,5 \times 34,8$. 6. Точить канавки $b = 3$ и $b = 4,7H12$; точить фаску $1 \times 45^\circ$. 7. Отрезать деталь, выдерживая размер 40,5 мм.

020 Токарная. *Заготовка устанавливается и закрепляется по наружному диаметру в цанговой оправке (патроне).* 1. Подрезать второй торец в размер 40 мм. 2. Зенковать фаску $1,6 \times 45^\circ$. 3. Развернуть отверстие $\varnothing 16H7$.

025 Шлифовальная. *Заготовка устанавливается по внутреннему диаметру на оправке, закрепляется в жестких центрах с хомутиком.* 1. Шлифовать $\varnothing 28e8$ с подшлифовкой торца, выдерживая размер 35 мм.

030 Моечная.

035 Контрольная

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. По заданию преподавателя разработайте маршрутно-операционный технологический процесс изготовления втулки.

2. Каково назначение втулок?

3. Какие технологические задачи решаются при разработке технологического процесса изготовления втулок?

4. Какие Вы знаете варианты Технологических маршрутов обработки втулок в зависимости от их точности и конфигурации?

5. Какие Основные операции механической обработки втулок Вы знаете?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилевский В. В. Технология машиностроения. – 5-е изд. перераб. и доп. Учебник для техникумов. – М.: Высшая школа, 1984. – 416 с.: ил.
2. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения». И. С. Добрынец. М., «Машиностроение». 1985 г. – 184 с.
3. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред: Учебное пособие для вузов. М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
4. Справочник технолога–машиностроителя. В двух томах. Том 2. Под ред. А.Г. Косиловой. М.: «Машиностроение» 1985 г. –496 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 11

ИЗУЧЕНИЕ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШКИВОВ, ДИСКОВ, ФЛАНЦЕВ

Цель: научиться разрабатывать технологические процессы изготовления шкивов, дисков, фланцев.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: технологические задачи при разработке технологических процессов изготовления шкивов, дисков, фланцев; маршрутный технологический процесс обработки шкивов, дисков, фланцев; основные схемы базирования шкивов, дисков, фланцев.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: разрабатывать технологические процессы изготовления шкивов, дисков, фланцев.

Актуальность темы: К классу «диски» относят детали цилиндрические, короткие, без отверстия или с относительно небольшим отверстием. Основные группы этого класса: диски, кольца, фланцы, маховики, шкивы, шестерни широко применяются в машиностроении. Без деталей данного класса невозможно представить современную машину или механизм. Поэтому изучение технологии изготовления деталей данного класса является актуальной задачей.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

К дискам относятся детали образованные наружными и внутренними поверхностями вращения, имеющими одну общую прямолинейную ось при отношении длины цилиндрической части к наружному диаметру менее 0.5. Например, шкивы, фланцы, крышки подшипников, кольца, поршни гидро- и пневмоприводов и т.п. Детали этого класса отличаются от деталей класса "полые цилиндры" отношением длины l цилиндрической части к наружному диаметру d ; у втулок $l / d \geq 0,5 - 2,5$. (рис. 1).

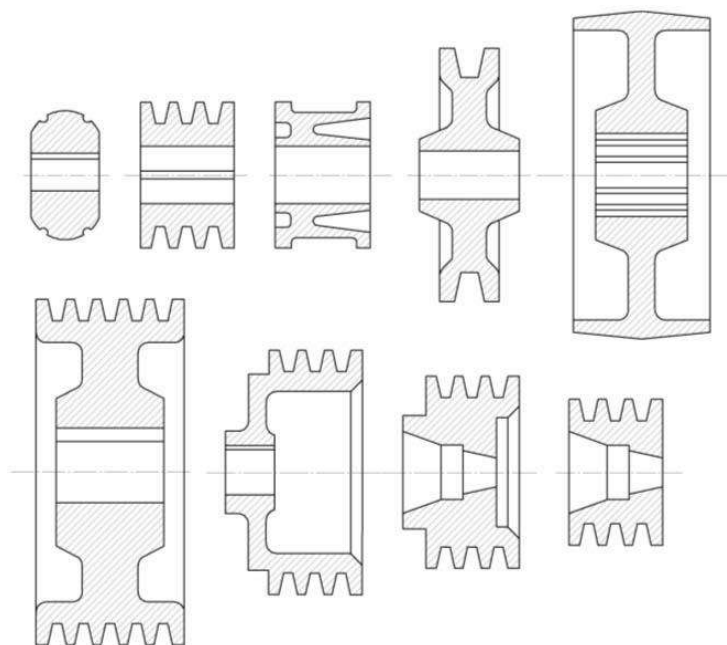


Рис. 1. Типичные детали класса диски

При обработке деталей этого класса необходимо обеспечить концентричность всех поверхностей вращения, параллельность торцов, необходимый профиль наружной поверхности (гладкая, выпуклая, ступенчатая, фасонная).

В ряде случаев приходится иметь дело с деталями, которые ввиду больших габаритных размеров и сложности часто выполняют составными. К этим деталям относятся, например, составное зубчатое колесо привода ножниц и шкив-маховик диаметром 8 м для привода рабочей клетки; вес шкива в собранном виде составляет около 90 т.

Диски малых и средних размеров с наружным диаметром до 500—600 мм обрабатывают на токарных и револьверных станках. Более крупные детали проходят обточку и расточку на карусельных станках за несколько установок. При составных дисках — большие шкивы, маховики, зубчатые колеса — обработку плоскостей разъема производят на расточных или продольно-фрезерных станках. Сверление отверстий производят на сверлильных и расточных - станках. Шпоночные пазы обрабатывают на долбежных, протяжных и переносных поперечно-строгальных станках. В зависимости от условий работы при больших размерах диски часто проходят статическую балансировку. Точность обработки отдельных поверхностей различна. Сопрягаемые поверхности часто требуется обрабатывать по 3—2-му классам точности и 6—8-му классам чистоты.

Основные технологические задачи - аналогичные втулкам: достижение концентричности внутренних и наружных цилиндрических поверхностей и перпендикулярности торцов к оси детали. Получение точных внутренних и наружных, фасонных, зубчатых и криволинейных поверхностей.

Материал - чугун - шкивы, фланцы, пружина; зубчатые колеса изготавливаются из стали, реже из чугуна; приводные шестерни изготавливаются

из текстолита, червячные колеса из бронзы, биметалла и антифрикционного чугуна; поршневые кольца - из специального чугуна.

Заготовки применяют штучные - литые, кованные, штампованные; мелкие диаметром до 50-60 мм изготавливают также из прутка.

Шкивы. Технические условия на изготовление шкивов (материал чугуна, алюминий): точность центрального отверстия 7 – 9 квалитет; радиальное биение по наружной поверхности 0,03 – 0,04мм; торцовое биение ступицы 0,02 – 0,03 на 50мм; торцовое биение обода 0,04 – 0,06 на радиус шероховатость поверхности отверстия $Ra1,25 \dots 0,03$ мкм. Шероховатость поверхности обода $Rz 20 \dots 25$; непараллельность шпоночной канавки к оси вращения 0,3 по длине 100мм.

Таблица 1 - Маршрутный технологический процесс обработки шкивов

№	Операция		Оборудование	Технологическая база
	Наименование	Содержание		
000	Заготовительная			
005	Токарная (Сверлильная)	Расточка отверстия с припуском под протягивание и подрезка торца	Сверлильный или токарный	Необработанная поверхность обода или ступицы
		Подрезка второго торца	Сверлильный или токарный	Отверстие и торец
010	Протяжная	Протягивание цилиндрического отверстия	Протяжный	Торец
015	Протяжная (Долбежная)	Протягивание (долбление) шпоночной канавки	Протяжный	Отверстие и торец
020	Токарная	Черновая обработка наружного	Токарный	Отвер-

		диаметра и торцов обода (ступицы, клиновидных канавок)		стие
025	Токарная	Чистовая обточка наружного диаметра (ступицы, клиновидных канавок)	Токарный	Отверстие
030	Сверлильная	Сверление сквозных отверстий и нарезание резьбы (если требуется по чертежу)	Сверлильный	Торец
035	Балансировочная	Балансировка и высверливание отверстий для устранения дисбаланса	Балансировочный	Торец
040	Шлифовальная	Шлифование ступицы	Круглошлифовальный	Торец
045	Токарная	Полирование ступицы, шкивов	Токарный	Отверстие
050	Контрольная			

Основные схемы базирования. Технологические базы: на первой операции - необработанная наружная цилиндрическая поверхность и торец; на дальнейшие операции - обработанное центральное отверстие и обработанный торец. Обработка шкивов средних размеров ($\varnothing 200\ldots 400$ мм) производят на токарных, в крупносерийном производстве - на револьверных станках. Крупные шкивы и маховики - на токарных карусельных станках. При обработке на карусельных станках установку на первой операции выполняют по ступице, в которой обрабатывается центральное отверстие и прилегающие к ней торцы. Обод обрабатывают при установке шкива на центрирующий палец по обработанному отверстию и торцу.

Основные операции механической обработки

Заготовительная.

В большинстве случаев – отливка, ковка или штамповка. Заготовки мелких шкивов получают резкой прутка. Для литых деталей требуется очистка и обрубка заготовки.

Малярная (для литья)

Токарная.

Расточить отверстие с припуском под последующую обработку и подрезать торец. Технологическая база - черная поверхность обода или ступицы и торец. Выполняется в зависимости от конструкции и типа производства на токарном, револьверном или карусельном станке.

Токарная.

Подрезать второй торец. Технологическая база – обработанные отверстия и торец.

Протяжная.

Протянуть цилиндрическое отверстие. Технологическая база – торец. Станок – вертикально-протяжной.

Протяжная или долбежная.

Протянуть или долбить шпоночный паз.

Технологическая база – отверстие и торец. Станок – вертикально-протяжной или долбежный.

Токарная (черновая).

Точить наружный диаметр и торцы обода, точить клиновидные канавки.

Технологическая база – отверстие. Станок токарный или многорезцовый токарный.

Токарная (чистовая).

Точить наружный диаметр и канавки.

Технологическая база – отверстие. При криволинейной образующей точение производится на токарно-копировальном станке или токарном станке по копиру.

Сверлильная.

Сверлить отверстие и нарезать резьбу (если требуется по чертежу).

Технологическая база – торец. Станок – сверлильный.

Балансировочная.

Балансировка и высверливание отверстий для устранения дисбаланса.

Технологическая база - отверстие. Станок балансировочный.

Шлифовальная.

Шлифование ступиц (если требуется по чертежу).

Технологическая база – отверстие и торец, станок – круглошлифовальный.

Моечная.

Контрольная.

Нанесение антикоррозионного покрытия.

Фланцы. Основным служебным назначением фланцев является ограничение осевого перемещения вала, установленного на подшипниках. Отсюда следует, что основными конструкторскими базами фланца являются поверхности центрирующего пояска по размеру отверстия в корпусе и торцы. Поскольку в качестве технологических баз при обработке заготовки целесообразно выбирать основные базы детали, то, исходя из этого, следует, что на первых операциях обрабатывают основные базы. В связи с этим на первой операции в качестве технологических баз используют наружную цилиндрическую поверхность и торец большого фланца, а на последующих – посадочную поверхность цилиндрического пояска и его торец. На этих же базах обрабатывают крепежные отверстия и лыски, если они заданы чертежом.

Основные операции механической обработки

Заготовительная.

В зависимости от типа производства и материала - лить, ковать или штамповать заготовку или отрезать из проката.

Обрубка и очистка (для отливок).

Малярная

Токарная.

Подрезать внутренний торец большого фланца и торец центрирующего пояска, точить наружную цилиндрическую поверхность пояска с припуском под шлифование, точить канавку и фаски. технологическая база - наружная цилиндрическая поверхность и наружный торец большого фланца. Станок – токарный, многошпиндельный полуавтомат, токарный с ЧПУ.

Токарная.

Подрезать второй (наружный) торец большого фланца, точить его наружную поверхность и фаску:

Технологическая база – наружная поверхность центрирующего пояска и его торец.

Сверлильная.

Сверлить и зенковать (цековать) отверстия.

Технологическая база - та же. Станок – вертикально-сверлильный, радиально- сверлильный, сверлильный с ЧПУ, агрегатно-сверлильный с многошпиндельной головкой.

Фрезерная.

Фрезеровать лыски.

Технологическая база – та же плюс крепежное отверстие. Станок - вертикально-фрезерный.

Шлифовальная.

Шлифовать наружную поверхность центрирующего пояска и торец.

Технологическая база - наружная поверхность большого фланца и его наружный торец. Станок - универсальный шлифовальный или торцекруглошлифовальный

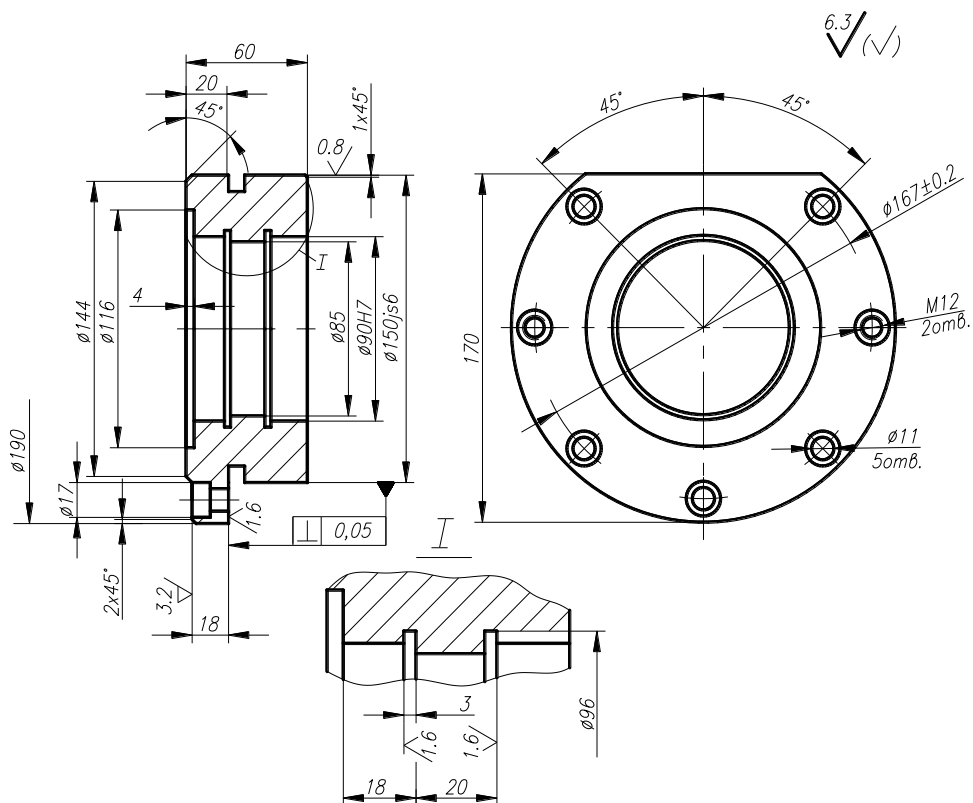
Моечная.

Контрольная.

Нанесение антикоррозионного покрытия

ПРИМЕРЫ

Деталь. **Стакан.** Материал – чугун СЧ 20.



000 Заготовительная. **Литье. Обрубка и очистка отливки.**

005 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется в трехлачковом патроне. 1. Подрезать торец в размер 63,4 (межоперационный

лачковом патроне. 1. Подрезать торец в размер 63,4 (межоперационный размер с припусками на чистовую обработку торца и припуском на черновую и чистовую обработку противоположного торца). 2. Точить $\varnothing 131,2 \times 32$ (60 – 28 межоперационный размер) и торец. 3. Расточить отверстие $\varnothing 85 H9$ (допуск технологический) на проход.

015 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру ($\varnothing 85 H9$) в оправке. 1. Подрезать торец в размер 61,8 мм; подрезать торец в размер 60,4 (размер межоперационный). 2. Точить поверхность с $\varnothing 190$ до $\varnothing 144$ (коническая поверхность с углом 45^0), выдерживая размер 28,2 (межоперационный). 3. Точить фаску 2×45^0 . 4. Расточить отверстие $\varnothing 89,85 \times 22 (18 + 4)$. 5. Расточить выточку $\varnothing 116 \times 4$. 6. Точить канавку $b=3$, выдерживая размер 18.

020 Токарная. *Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру ($\varnothing 85 H9$) в оправке.* 1. Подрезать торец в размер 60 мм.. 2. Точить поверхность $\varnothing 130,4 \times 31,8$ (межоперационный). 3. Точить канавку $b=3$ (на $\varnothing 130$). 4. Точить фаску $1,5 \times 45^\circ$ 5. Расточить отверстие $\varnothing 89,85 \times 28$ ($60 - (18 + 4 + 20)$). 5. Точить канавку $b=3$, выдерживая размер 20.

025 Фрезерная. *Заготовка устанавливается и закрепляется по торцам в тисках или в УСПО.* 1.Фрезеровать лыску в размер 170.

030 Слесарная. 1. Опиливать острые кромки

035 Сверлильная. *Заготовка устанавливается (база $\varnothing 130,4$; упорная база – лыска) и закрепляется в кондукторе или УСПО.* 1.Сверлить отверстие $\varnothing 11$ на проход. 2. Переход 1 повторить 4 раза. 3. Цековать (зенковать) отверстие $\varnothing 17 \times 9$. 3. Переход 3 повторить 4 раза. 5. Сверлить отверстие $\varnothing 10,2$ (под резьбу М 12). 6. Переход 5 повторить. 7. Зенковать фаску $1 \times 120^\circ$. 8. переход 7 повторить. 9. Нарезать резьбу М 12. 10 Переход 9 повторить.

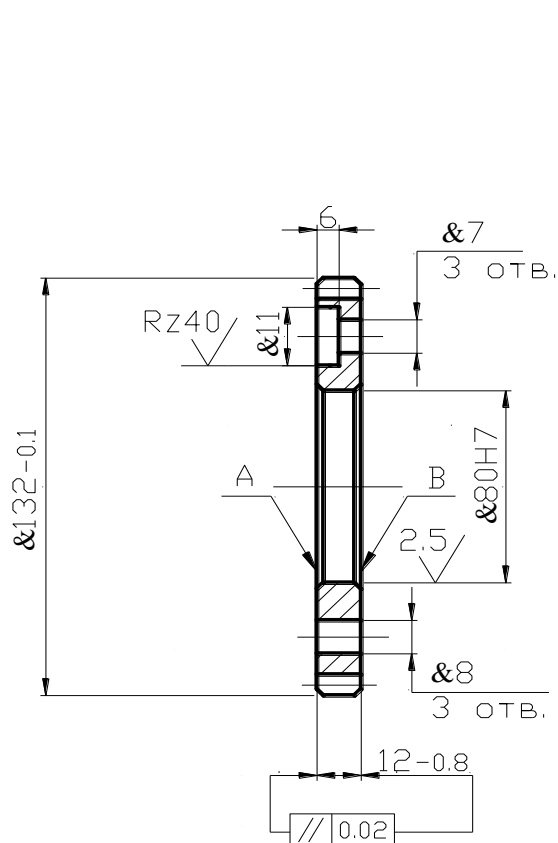
040 Токарная (расточная; алмазно-расточная). *Заготовка устанавливается и закрепляется в цанговой оправке по наружному диаметру.* 1. Расточить отверстие $\varnothing 90 H7$ (выполняется за две позиции).

045 Шлифовальная. *Заготовка устанавливается и закрепляется по технологическому диаметру $\varnothing 85 H9$ в оправке.* 1. Шлифовать $\varnothing 130j6$ и торец, выдерживая размер 28.

050 Моечная.

055 Контрольная.

Деталь. **Зубчатый венец.** Материал – Сталь 40 Х.



Материал – сталь 40Х
 $m = 2, z = 64$
 Степень точности 7-В
 ГОСТ 1643-81

000 Заготовительная. Штамповка.

005 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по наружному диаметру в трехкулачковом патроне. 1. Подрезать торец. 2. Расточить отверстие $\varnothing 129,7$ на проход (с припуском под шлифование). 3. Расточить фаску в отверстии

010 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру в трехкулачковом патроне. 1. Подрезать торец в размер 12,4 (межоперационный размер с припуском под шлифование торцев). 2. Точить $\varnothing 132$ на проход. 3. Точить две фаски $2 \times 45^\circ$.

015 Шлифовальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по наружному диаметру в трехкулачковом патроне. 1. Шлифовать торец. 2. Шлифовать отверстие $\varnothing 80H7$ на проход.

020 Плоскошлифовальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по магнитной плите. 1. Шлифовать торец в размер 12.

025 Зубообрабатывающая (Зубофрезерная). *Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру в оправке.* 1. Фрезеровать 64 зуба ($m = 2$).

030 Слесарная. Зачистить заусенцы на торцах зубьев.

035 Сверлильная. *Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру в приспособлении (кондукторе) или УСПО.* 1. Сверлить отверстие $\varnothing 7$. 2. Переход повторить 2 раза. 3. Цековать (зенковать) отверстие $\varnothing 11 \times 6$. 4. Переход 3 повторить 2 раза. 5. Сверлить отверстие $\varnothing 7,9$. 6. Переход 5 повторить 2 раза. 7. Развернуть отверстие $\varnothing 8$. 8. Переход 7 повторить 2 раза.

040 Моечная.

045 Контрольная.

Деталь. **Фланец.** Материал – Чугун СЧ 20.

000 Заготовительная. Литье. Обрубка и очистка отливки.

005 Токарная. *Заготовка устанавливается и закрепляется в трехкулачковом патроне.* 1. Точить $\varnothing 180$ на проход. 2. Точить фаску $1,5 \times 45^\circ$.

010 Токарная. *Заготовка устанавливается и закрепляется по наружному диаметру ($\varnothing 180$) в трехкулачковом патроне.* 1. Подрезать торец в размер 30 мм. 2. Точить поверхность (черновое точение) $\varnothing 131,2$; (чистовое точение, $Ra=3,2$) $\varnothing 130d11 \times 8$. 3. Точить канавку $b=3$, выдерживая размер 22. 4. Точить фаску $1,5 \times 45^\circ$.

015 Фрезерная. *Заготовка устанавливается и закрепляется по торцам в тисках или в УСПО.* 1. Фрезеровать лыску в размер 172. 2. Фрезеровать лыску в размер 169,5.

020 Слесарная. 1. Опиливать острые кромки

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилевский В. В. Технология машиностроения. – 5-е изд. перераб. и доп. Учебник для техникумов. – М.: Высшая школа, 1984. – 416 с.: ил.
2. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения». И. С. Добрынцев. М., «Машиностроение». 1985 г. – 184 с.
3. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред: Учебное пособие для вузов. М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
4. Справочник технолога–машиностроителя. В двух томах. Том 2. Под ред. А.Г. Косиловой. М.: «Машиностроение» 1985 г. –496 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 12

ИЗУЧЕНИЕ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Цель: научиться разрабатывать технологические процессы изготовления зубчатых колес.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: технологические задачи при разработке технологических процессов изготовления зубчатых колес; маршрутный технологический процесс обработки зубчатых колес; основные схемы базирования зубчатых колес.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: разрабатывать технологические процессы изготовления зубчатых колес.

Актуальность темы: Зубчатые передачи являются наиболее распространёнными типами механических передач. Они находят широкое применение во всех отраслях машиностроения, в частности в металлорежущих станках, автомобилях, тракторах, сельхозмашинах и т.д., в приборостроении, часовой про-

мышленности и др. Их применяют для передачи мощностей от долей до десятков тысяч киловатт при окружных скоростях до 150 м/с и передаточных числах до нескольких сотен и даже тысяч, с диаметром колёс от долей миллиметра до 6 м и более. Поэтому изучение технологии изготовления зубчатых колес актуальная задача.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Зубчатые колеса подразделяются на цилиндрические, конические, червячные и др.

По технологическому признаку цилиндрические зубчатые колеса подразделяются на:

- одновенцовые без ступицы и со ступицей, с гладким или шлицевым отверстием;
- многовенцовые с гладким или шлицевым отверстием (цельные или сборные);
- вал-шестерни.

У цилиндрических колес зубья выполняют прямыми, спиральными или шевронными.

Обработка зубчатых колес разделяется на два этапа: обработка до нарезания зубьев и обработка зубчатого венца. Задачи первого этапа в основном аналогичны задачам, решаемым при обработке деталей классов диски (зубчатое колесо плоское без ступицы), втулки (со ступицей) или валов (вал-шестерня). Операции второго этапа обычно сочетают с отделочными операциями обработки корпуса колеса.

На построение технологического процесса обработки зубчатых колес влияют следующие факторы:

- форма зубчатого колеса;
- форма и расположение зубчатого венца и количество венцов;
- степень точности колеса;

- материал колеса;
- наличие и вид термообработки;
- габаритные размеры;
- объем выпуска.

Наибольшее влияние на протяженность технологического маршрута оказывает степень точности колеса. При изготовлении высокоточных колес (6, 5 и выше степеней точности) механическая обработка должна чередоваться с операциями термической обработки для снятия внутренних напряжений, а количество отделочных операций технологических баз и зубчатого венца возрастает.

Типичные детали класса зубчатые колеса представители этого класса представлены на рис. 1.

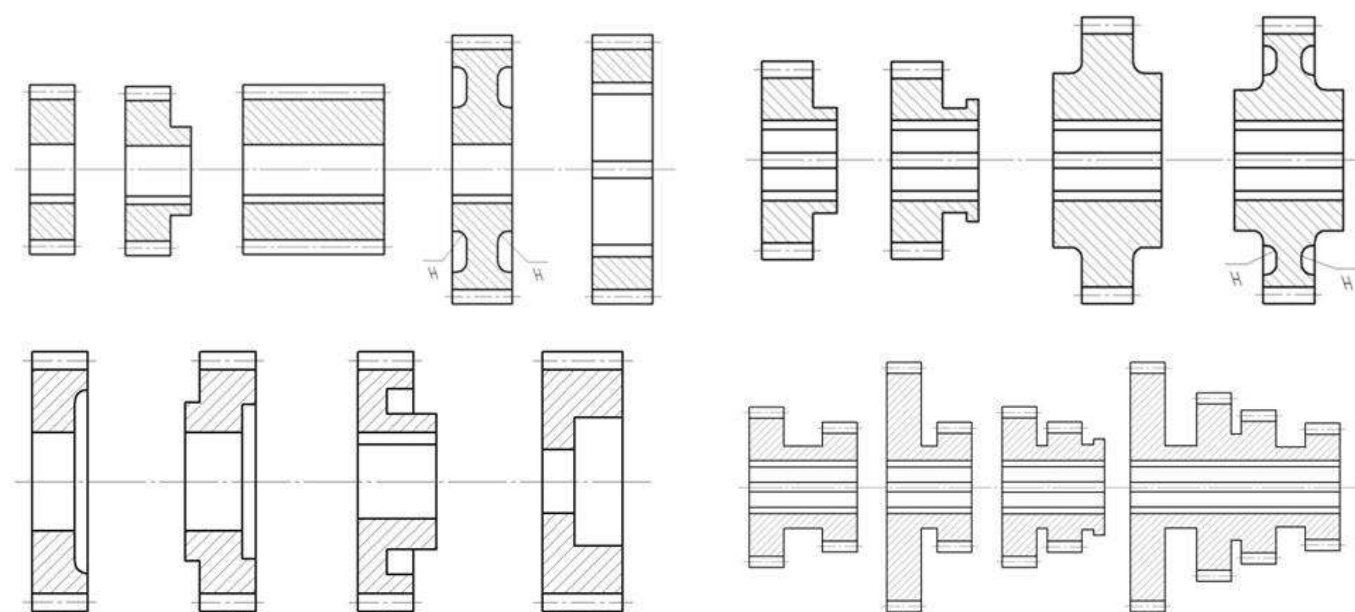


Рис. 1. Детали класса зубчатые колеса

Основные технологические задачи:

- получение точного посадочного (центрального) отверстия (6 – 8) квалитет; шероховатость поверхности $Ra = 1,25 - 0,32$ мкм; радиальное биение $0,005 - 0,02$ мм);

- достижение концентричности отверстия и делительной окружности; концентричности отверстия и окружности выступов (радиальное биение по делительной окружности 0,03 – 0,04 мм);
- достижение перпендикулярности торцов к оси детали (торцовое биение 0,03 – 0,04 мм на диаметр 300 – 400 мм);
- получение шпоночного паза, параллельного оси отверстия;
- обеспечение норм точности поверхностей зубьев (7 – 9 степени точности по кинематике, плавности работы и контакту зубьев: обеспечение гарантированного бокового зазора);
- обеспечение при необходимости твердости рабочих поверхностей.

Материалы, применяемые чаще всего:

без термообработки: стали 45, 40Х, чугун СЧ21, СЧ24;

с термическим улучшением: стали 30, 45, 50, 50Г, 40Х, 40ХН, 35ХГС;

закаленные: стали 45, 40Х, 40ХН, 40ХН3А;

цементирование и закаленные: стали 15Х, 20Х, 12ХН3А, 18ХГТ, 15ФХ, 18ХНВА

азотируемые: стали 38ХВФЮА, 33ХЮА, 33ХМЮА.

Заготовки колеса диаметром до 60мм изготавливают из прутка на револьверных станках.

Заготовки для колес диаметром более 60мм – поковки получаемые свободной ковкой или штамповкой.

Основные схемы базирования.

Выбор базовых поверхностей зависит от конструктивных форм зубчатых колес и технических требований.

У колес со ступицей (одновенцовых и многовенцовых) с достаточной длиной центрального базового отверстия ($L/D > 1$) в качестве технологических баз используют: двойную направляющую поверхность отверстия и опорную базу в осевом направлении – поверхность торца.

У одновенцовых колес типа дисков ($L/D < 1$) длина поверхности отверстия недостаточна для образования двойной направляющей базы. Поэтому после обработки отверстия и торца установочной базой для последующих операций служит торец, а поверхность отверстия - двойной опорной базой. У валов-шестерен в качестве технологических баз используют, как правило, поверхности центровых отверстий.

На первых операциях черновыми технологическими базами являются наружные необработанные «черные» поверхности. После обработки отверстия и торца их принимают в качестве технологической базы на большинстве операций. Колеса с нарезанными зубьями после упрочняющей термообработки при шлифовании отверстия и торца (исправление технологических баз) базируют по эвольвентной поверхности зубьев для обеспечения наибольшей соосности начальной окружности и посадочного отверстия. Для обеспечения наилучшей concentricity поверхностей вращения колеса применяют следующие варианты базирования. При обработке штампованных и литых заготовок на токарных станках за одну установку заготовку крепят в кулачках патрона за черную поверхность ступицы или черную внутреннюю поверхность обода. При обработке за две установки заготовку сначала крепят за черную поверхность обода и обрабатывают отверстие, а при второй установке заготовки на оправку обрабатывают поверхность обода и другие поверхности колеса.

Существует три основных варианта обработки цилиндрических зубчатых колес:

- I - токарно-револьверный;
- II - сверлильно-токарный;
- III - протяжно-многолезцовый

Вариант I (токарно-револьверная обработка)

Заготовка - прутки (мелкие зубчатые колеса 50–60 мм).

Токарная. Револьверная наладка токарной обработки.

Подрезание торцов, центровка. Сверление отверстий и черновая обработка наружной поверхности, снятие наружных и внутренних фасок (если требуется по чертежу), зенкерование, развертывание отверстий и отрезание заготовки.

Токарная. Токарная обработка на оправке: обтачивание начисто наружной поверхности, подрезание торца согласно чертежу, снятие наружных и внутренних фасок.

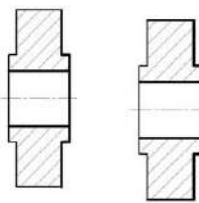
Зубофрезерная – зубонарезание.

Шевинговальная – отделочная обработка поверхностей зубьев.

Слесарная – снятие заусенцев.

Вариант II (токарная обработка) (табл. 1)

Таблица 1 - Маршрутный технологический процесс обработки цилиндрических зубчатых колес с цементацией и закалкой (сталь 20Х; 18ХГТ)

Технологическая операция			Оборудование	Технологическая база	Операционный эскиз
П/п	Наименование	Содержание			
000	Заготовительная (поковка)		Молот		
005	Термическая	Отжиг			
010	Токарная Установ А. Установ Б	Подрезка торцов, сверление отверстия. Подрезка торцов и обработка наружных поверхностей.	Токарный станок	Наружная цилиндрическая поверхность. Внутренняя поверхность	

015	Протяжная	Протягива- ние шлицев	Протяжной станок	Торец	
020	Токарная	Чистовая подрезка торцов и чи- стовая обра- ботка наружных поверхно- стей	Токарный станок	Внутренняя поверх- ность (установка на оправке)	
025	Контрольная	Контроль размеров, торцевого биения			
030	Зубофрезерная	Фрезерова- ние зубьев с припуском под шевин- гование	Зубофрезер ный станок	Внутренняя поверх- ность (установка на оправке)	
035	Зубозакругляю- щая	Закругление зубьев	Зубозакруг- ляющий станок	Внутренняя поверх- ность (установка на оправке)	
040	Шевинговальная	Шевингова- ние зубьев	Шевинго- валь ный станок	Внутренняя поверх- ность (установка на оправке)	
045	Контрольная	Контроль межцентрового расстояния			
050	Термическая (Химико- термическая).	Закалка. (Цементация, закалка). Отжиг. Закалка ТВЧ	Печь		

055	Внутришлифовальная	Шлифование торцов и отверстия (2 установка)	Внутришлифовальный станок	Зубчатый венец. Впадины между зубьями	
060	Калибровочная	Прошивка шлицев	Пресс	Торец	
065	Зубообрабатывающая	Отделка зубьев (зубошлифование или зубообкатка) с установкой колеса на оправке	Зубошлифовальный станок	Отверстие	
070	Моечная				
075	Контрольная	Контроль размеров, технических требований и межцентрового расстояния. Испытания на шум и контакт зубьев.			

Основные операции механической обработки зубчатого колеса со ступицей 7-ой степени точности.

Заготовительная.

Для заготовок из проката – резка проката, для штампованных заготовок – штамповка.

Штампованные заготовки целесообразно выполнять с прошитыми отверстиями, если их диаметр более 30 мм и длина не более 3-х диаметров (ГОСТ 7505–89).

Заготовки из чугуна и цветных сплавов (иногда из сталей) получают литьем.

Термическая.

Нормализация, отпуск (для снятия внутренних напряжений).

Токарная.

Точить торец обода и торец ступицы с одной стороны предварительно, точить наружную поверхность обода до кулачков патрона предварительно, расто-

чить предварительно отверстие (или сверлить и расточить при отсутствии отверстия в заготовке), точить наружную поверхность ступицы предварительно точить фаски.

Технологическая база – наружная черная поверхность обода и торец, противоположащий ступице (закрепление в кулачках токарного патрона).

Оборудование:

- единичное производство – токарно-винторезный станок;
- мелко- и среднесерийное – токарно-револьверный, токарный с ЧПУ;
- крупносерийное и массовое – одношпиндельный или многошпиндельный токарный полуавтомат (для заготовки из прутка - прутковый автомат).

Токарная.

Точить базовый торец обода (противолежащий ступице) предварительно, точить наружную поверхность на оставшейся части предварительно, расточить отверстие под шлифование, точить фаски.

Технологическая база – обработанные поверхности обода и большего торца (со стороны ступицы).

Протяжная (долбежная).

Протянуть (долбить в единичном производстве) шпоночный паз или шлицевое отверстие.

Технологическая база – базовый торец колеса. Оборудование – горизонтально-протяжной или долбежный станок.

Применяются варианты чистового протягивания отверстия на данной операции вместо его чистового растачивания на предыдущей операции.

Токарная.

Точить базовый и противоположащие торцы, наружные поверхности венца начисто.

Технологическая база - поверхность отверстия (реализуется напрессовкой на оправку; осевое расположение на оправке фиксируется путем применения подкладных колец при запрессовке заготовки). Необходимость данной опера-

ции вызывается требованием обеспечения соосности поверхностей вращения колеса.

Оборудование – токарно-винторезный (единичное производство), токарный с ЧПУ (серийное) или токарный многорезцовый полуавтомат (массовое).

Зубофрезерная.

Фрезеровать зубья предварительно (обеспечивается 8-ая степень точности).

Технологическая база – отверстие и базовый торец (реализуется оправкой и упором в торец). Оборудование – зубофрезерный полуавтомат

Зубофрезерная.

Фрезеровать зубья начисто (обеспечивается 7-ая степень точности).

Шевинговальная.

Шевинговать зубья. Операцию применяют для термообрабатываемых колес с целью уменьшения коробления зубьев, т. к. снимается поверхностный наклепанный слой после фрезерования. Повышает на единицу степень точности колеса.

Технологическая база – отверстие и базовый торец (реализуется оправкой).

Оборудование – зубошевинговальный станок.

Термическая

Калить заготовку или зубья (ТВЧ) или цементировать, калить и отпустить согласно техническим требованиям. Наличие упрочняющей термообработки, как правило, приводит к снижению точности колеса на одну единицу.

Внутришлифовальная.

Шлифовать отверстие и базовый торец за один установ. Обработка отверстия и торца за один установ обеспечивает их наибольшую перпендикулярность.

Технологическая база – рабочие эвольвентные поверхности зубьев (начальная окружность колеса) и торец, противолежащий базовому. Реализация базирования осуществляется специальным патроном, у которого в качестве установочных элементов используют калиброванные ролики или зубчатые секторы. Необходимость такого базирования вызвана требованием обеспечения

равномерного съема металла с зубьев при их последующей отделке с базированием по отверстию на оправке.

Оборудование – внутришлифовальный станок.

При базировании колеса на данной операции за наружную поверхность венца для обеспечения соосности поверхностей вращения необходимо ввести перед или после термообработки круглошлифовальную операцию для шлифования наружной поверхности венца и торца противоположащего базовому (желательно за один установ на оправке).

Технологическая база – отверстие и базовый торец. Оборудование – круглошлифовальный или торцекруглошлифовальный станок.

Необходимость отделки наружной поверхности венца колеса часто вызывается также и тем, что контроль основных точностных параметров зубьев производится с использованием этой поверхности в качестве измерительной базы.

Плоскошлифовальная.

Шлифовать торец, противоположащий базовому (если необходимо по чертежу).

Технологическая база - базовый торец. Оборудование - плоскошлифовальный станок с прямоугольным или круглым столом.

Зубошлифовальная.

Шлифовать зубья.

Технологическая база – отверстие и базовый торец. Оборудование – зубошлифовальный станок (обработка обкаткой двумя тарельчатыми или червячным кругом или копированием фасонным кругом). При малом короблении зубьев при термообработке (например, при азотировании вместо цементации) операция зубошлифования может быть заменена зубохонингованием или вообще отсутствовать.

Наличие зубошлифовальной или зубохонинговальной операции определяется наличием и величиной коробления зубьев при термообработке. Двукратное зубофрезерование и шевингование зубьев до термообработки может обеспечить 6-ую степень точности. При потере точности во время термообработки на одну

степень конечная 7-ая степень точности будет достигнута. Введение отделочной операции зубошлифования или зубохонингования необходимо только при уменьшении точности колеса при термообработке больше, чем на одну степень.

Моечная.

Контрольная.

Нанесение антикоррозионного покрытия.

Применяются варианты технологического процесса с однократным зубофрезерованием, но с двукратным зубошлифованием.

Наличие упрочняющей термообработки приводит, как правило, к снижению степени точности колеса на одну единицу, что требует введения дополнительной отделочной операции. Для незакаливаемых зубчатых колес шевингование является последней операцией; перед термообработкой шевингуют зубья с целью уменьшения деформаций колеса в процессе термообработки и повышения степени точности на одну единицу.

Приведенный выше технологический процесс требует обработки колеса на оправках как до нарезания зубьев и термообработки, так и после термообработки.

Процесс может быть построен иначе, т.е. без применения оправок до термообработки. В этом случае вся токарная обработка ведется в патронах, а протягивание шпоночного паза или шлицев производят после нарезания зубьев и нет операции чистовой обработки на оправке до термообработки. В этом случае не гарантируется достаточная перпендикулярность торца к оси отверстия. Для уменьшения отклонения от перпендикулярности протягивание выполняют с жестким направлением протяжки.

Особенности обработки плоских зубчатых колес. Так как плоские зубчатые колеса надежнее базируются на поверхности торцов, чем на поверхности отверстия, то токарная обработка на оправках не гарантирует устойчивости. Поэтому весь технологический процесс строят, исходя из того, что установочной технологической базой является торцовая поверхность, а отверстие - двойной опорной. Вследствие этого всю токарную обработку производят в кулачко-

вых патронов, а не на оправках. При наличии шлицевого отверстия отличительной особенностью маршрута является то, что протягивание шлицев выполняется не после черновых, а после чистовых операций и при этом следует обеспечить перпендикулярность оси отверстия к торцу. Эта задача решается путем применения вертикально-протяжного станка и некомбинированной протяжки, направленной по отверстию малого диаметра шлицев колеса, предварительно расточенного.

Основные операции механической обработки плоского зубчатого колеса 7-ой степени точности.

Заготовительная.

Резать прокат или штамповать заготовку

Термическая.

Нормализовать заготовку.

Токарная.

Точить торец с одной стороны, наружную поверхность до кулачков и расточить отверстие предварительно.

Технологическая база – черная наружная поверхность и торец. Оборудование – аналогично первой токарной операции маршрута колеса со ступицей.

Токарная.

Точить второй торец, оставшуюся поверхность предварительно и расточить отверстие под тонкое растачивание или протягивание.

Технологическая база - обработанная часть наружной поверхности и торец. Оборудование то же.

Плоскошлифовальная.

Шлифовать торцы последовательно с двух сторон.

Технологическая база – торец. Оборудование – плоскошлифовальный станок.

Алмазно-расточная (вертикально-протяжная).

Расточить (протянуть) отверстие под шлифование.

Технологическая база – торец и наружная поверхность (алмазно-расточная операция); торец и отверстие (протяжная). Оборудование – токарно-винторезный, токарный одношпиндельный полуавтомат или алмазно-расточной станок; при протягивании – вертикально-протяжной станок.

Токарная.

Точить наружную поверхность начисто. Производится одновременная обработка нескольких заготовок, насаженных на оправку.

Технологическая база – торец и отверстие (на оправке). Оборудование – токарно-винторезный станок или одношпиндельный полуавтомат.

Зубофрезерная.

Фрезеровать зубья начерно и начисто.

Технологическая база – та же. Оборудование – зубофрезерный полуавтомат.

В зависимости от типа производства может выполняться за одну операцию (единичное и мелкосерийное производство) или за две операции (серийное и массовое).

Протяжная (долбежная).

Протянуть (долбить) шпоночный паз или шлицы.

Технологическая база – торец и отверстие. Оборудование – вертикально-протяжной или долбежный станок.

Зубошевинговальная

Шевинговать зубья.

Технологическая база и оборудование аналогичны применяемым при шевинговании зубьев колеса со ступицей.

Термическая.

Калить или цементировать и калить заготовку или только зубья ТВЧ (по техническим требованиям чертежа).

Круглошлифовальная.

Шлифовать наружную поверхность и один торец.

Технологическая база – отверстие и второй торец (на оправке). Оборудование – круглошлифовальный или торцекруглошлифовальный станок.

Операция может исключаться при применении в качестве технологической базы при шлифовании отверстия эвольвентной поверхности зубьев.

Внутришлифовальная.

Шлифовать противоположный торец и отверстие за один установ.

Технологическая база – эвольвентная поверхность зубьев и торец (см. маршрут колеса со ступицей).

Зубошлифовальная.

Шлифовать зубья.

Технологическая база – торец и отверстие.

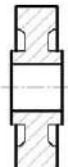
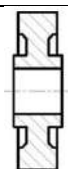
Моечная.

Контрольная.

Нанесение антикоррозионного покрытия

Операционные эскизы технологического маршрута обработки зубчатых колес представлены в табл. 2 – 4.

Таблица 2 - Одновенцовое зубчатое колесо. Диаметр
125 – 320 мм

Операция			
П/п	Наименование	Содержание	Операционный эскиз
000	Заготовительная	Штамповка	
005	Термическая		Отжиг
010	Токарная		
015	Протяжная		
020	Токарная		
025	Контрольная		
030	Зубофрезерная		

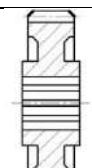
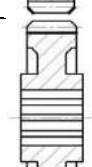
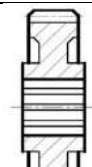
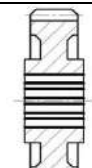
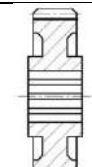
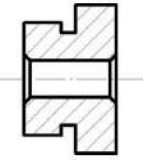
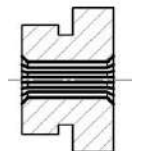
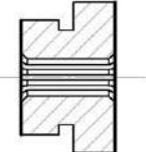
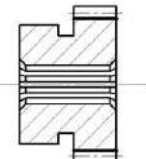
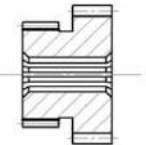
035	Зубозакругляющая		
040	Шевинговальная		
045	Контрольная		
050	Термическая		Закалка и отпуск
055	Внутришлифовальная		
060	Калибровка		
065	Обкатка		
070	Контрольная		

Таблица 3 - Многовенцовое зубчатое колесо Диаметр 65 – 125 мм

Операция			
П/п	Наименование	Содержание	Операционный эскиз
000	Заготовительная	Прокат	
005	Токарная Установ А Установ Б	Подрезка торца, обработка наружных поверхностей. Подрезка второго торца, обработка отверстия и снятия фаски.	
010	Протяжная	Протягивание отверстия и шлицев	
015	Токарная	Чистовая подрезка торцов (2 установка)	
020	Контрольная	Контроль размеров и биение торцов	
025	Зубофрезерная	Фрезерование зубьев открытых венцов с припуском под шевингование	
030	Зубодолбежная	Долбление зубьев закрытых венцов с припуском под шевингование	

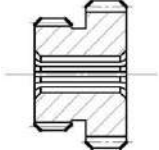
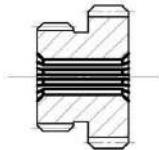
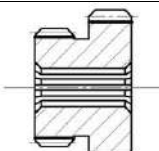
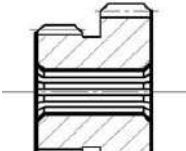
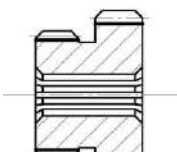
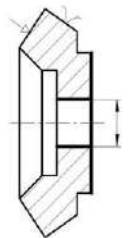
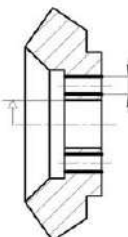
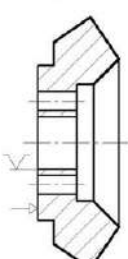
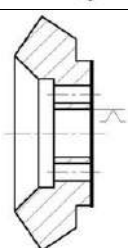
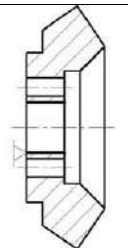
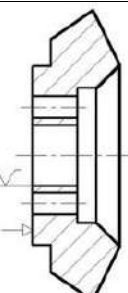
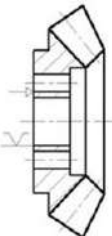
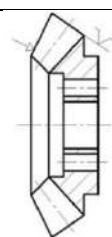
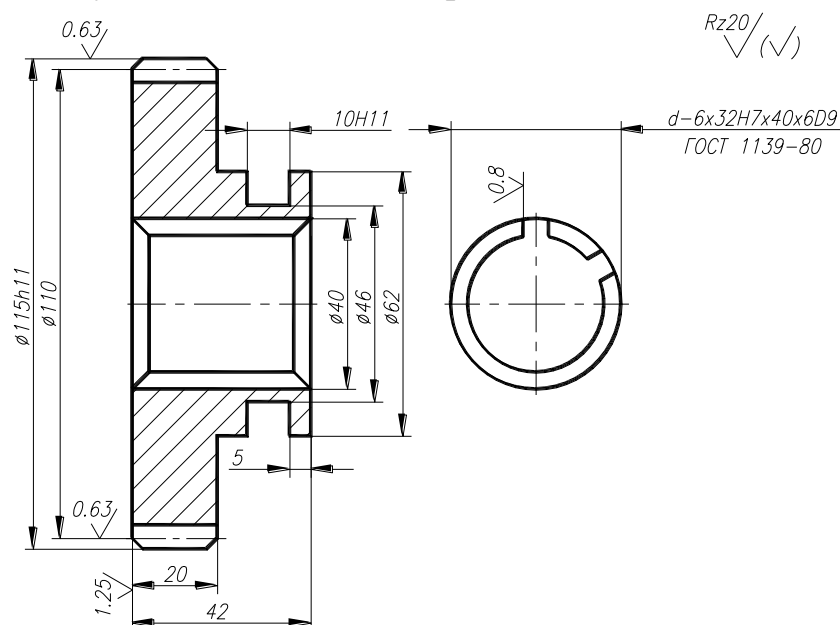
035	Зубозакругляющая	Закругление зубьев	
040	Контрольная	Контроль размеров и межцентрового расстояния	
045	Химико-термическая. Термическая Цементация. Нормализация		
050	Внутришлифовальная	Шлифование отверстия и торцов. (2 установка)	
055	Шевинговальная	Шевингование зубьев	
060	Термическая ТВЧ		
065	Калибровочная	Калибровать отверстие и шлицы	
070	Зубо-обкаточная	Обкатка зубьев	
075	Контрольная	Контроль размеров, технических требований и межцентрового расстояния. Испытания на шум и контакт зубьев.	

Таблица 4 - Маршрутный технологический процесс обработки венцовых конических зубчатых колес с цементацией и закалкой

Технологическая операция			Оборудование	Технологическая база	Операционный эскиз
П/п	Наименование	Содержание			
000	Заготовительная (штамповка)				
005	Термическая	Отжиг			
010	Токарная	Подрезка заднего торца, растачивание отверстия	Токарно-винторезный	Наружный диаметр	
015	Сверлильная	Сверление отверстий для крепления зубчатого венца	Вертикально-сверлильный	Внутренний диаметр (отверстие)	
020	Токарная	Подрезка переднего торца зубчатого колеса. Черновое обтачивание конусов зубчатого колеса.	Токарно-винторезный	Отверстие	
025	Круглошлифовальная	Шлифование заднего торца	Круглошлифовальный станок	Отверстие	
030	Протяжная	Протягивание отверстия	Протяжной станок	Задний торец	
035	Токарная	Чистовое обтачивание конусов зубчатого колеса	Токарно-винторезный	Отверстие с упором по заднему торцу	
040	Контрольная				
045	Зубострогальная	Строгание зубьев	Зубострогальный станок	Отверстие с упором по заднему торцу	

					
050	Термическая	Цементация и закалка Отверстия для крепления зубчатого венца на ступице термообработке не подвергаются, так как развертываются в сборе.			
055	Круглошлифовальная	Шлифование центрального отверстия и заднего торца	Круглошлифовальный станок	Задний конус и впадины между зубьями	
060	Контрольная				

ПРИМЕР. Деталь. Зубчатое колесо. Материал – Сталь 25ХГТ.



000 Заготовительная. Штамповка.

005 Термическая. Отжиг

010 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется в трехкулачковом патроне зубчатым венцом. 1. Подрезать торец в размер 43,4 (межоперационный размер с припусками на чистовую обработку торца ступицы и припуском на черновую и чистовую обработку торца зубчатого венца). 2. Точить $\varnothing 62,8 \times 22,4$ (42 – 20 межоперационный размер) и торец. 3. Расточить отверстие $\varnothing 31,1$ (межоперационный размер с припуском под протягивание) на проход. 4. Расточить фаску.

015 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру ($\varnothing 31,1$) в цанговой разжимной оправке. 1. Подрезать торец в размер

20,8 мм; подрезать торец в размер 20,4 (размер межоперационный). 2. Точить поверхность $\varnothing 115,8$ (межоперационный с припуском на чистовое точение и шлифование). 3. Точить фаску $2 \times 45^\circ$. 4. Расточить фаску до $\varnothing 40$ мм.

020 Протяжная. Протянуть восьмишлицевое отверстие (с припуском на калибровку по $\varnothing 38H11$ и на шлифование по $\varnothing 32H7 - \varnothing 31,66$).

025 Токарная. *Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на оправке (специальная) с упором по торцу зубчатого венца.* 1. Подрезать торец в размер 42,4 мм.. 2. Точить поверхность $\varnothing 62 \times 22,2$ (межоперационный). 3. Точить $\varnothing 115,3$ (межоперационный размер с припуском под шлифование, так как $Ra 0,63$). 4. Точить канавку $b = 10H11$ (за два прохода черновое и чистовое). 4. Точить фаску $1,5 \times 45^\circ$.

030 Контрольная.

035 Зубофрезерная. *Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на оправке (специальная) с упором по торцу зубчатого венца.* 1. Фрезеровать 44 зуба ($m = 2,5$) (припуск под шлифование 0,15).

040 Зубозакругляющая. *Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на оправке (специальная) с упором по торцу зубчатого венца.* 1. Закруглить 44 зуба ($m = 2,5$) радиусом $R11$.

045 Слесарная. 1. Опилить острые кромки.

050 Калибровочная. Калибровать восьмишлицевое отверстие (инструмент прошивка; оборудование пресс).

055 Термическая. Нитроцементация (глубина 0,3 – 0,5 мм). Закалка $HRC_{\text{э}} 56 - 60$.

060 Шлифовальная. *Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру в оправке.* 1. Шлифовать $\varnothing 115$ и торец.

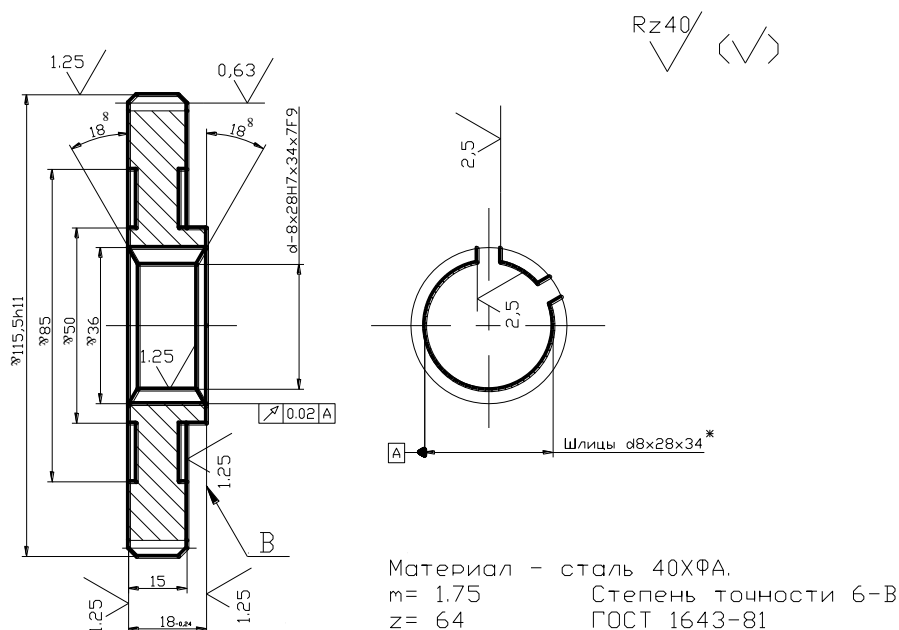
065 Шлифовальная. *Заготовка устанавливается и закрепляется по наружному диаметру.* 1. Шлифовать $\varnothing 32H7$ и торец.

070 Зубошлифовальная. *Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на оправке (специальная) с упором по торцу зубчатого венца.* 1. Шлифовать 44 зуба ($m = 2,5$).

075 Моечная.

080 Контрольная.

Деталь. Зубчатое колесо сменное. Материал – Сталь 40ХФА.



000 Заготовительная. Штамповка.

005 Термическая. Отжиг

010 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется в трехкулачковом патроне зубчатым венцом. 1. Подрезать торец в размер 21,4 (межоперационный размер с припусками на чистовую обработку торца и припуском на черновую и чистовую обработку торца зубчатого венца). 2. Расточить сквозное отверстие $\varnothing 27,2$ (межоперационный размер с припуском под протягивание) на проход. 3. Точить выточку с $\varnothing 50$ до $\varnothing 85$. 4. Расточить фаску $3 \times 18^\circ$.

015 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру ($\varnothing 27,2$) в цанговой разжимной оправке. 1. Подрезать торец в размер 20,4 мм; подрезать торец в размер 18,9 (размер межоперационный). 2. Точить поверхность $\varnothing 116,1$ (межоперационный с припуском на чистовое точение). 3. Точить выточку с $\varnothing 50$ до $\varnothing 85$. 4. Расточить фаску $3 \times 18^\circ$.

020 Протяжная. Протянуть шестищлицевое отверстие (с припуском на калибровку по $\varnothing 34H11$ и на шлифование по $\varnothing 28H7 - \varnothing 27,72$).

025 Токарная. *Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на оправке (специальная) с упором по торцу зубчатого венца.* 1. Подрезать торец в размер 18,4 мм.. 2. Точить Ø 115,5. 3. Точить две фаски $1,5 \times 45^\circ$.

030 Контрольная.

035 Зубофрезерная. *Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на оправке (специальная) с упором по торцу зубчатого венца.* 1. Фрезеровать 64 зуба ($m = 1,75$) (припуск под шлифование 0,10).

040 Слесарная. 1. Опилить острые кромки.

045 Калибровочная. Калибровать шестишлицевое отверстие (инструмент прошивка; оборудование пресс).

050 Термическая. Закалка зубьев ТВЧ (HRCэ 45 – 50).

055 Шлифовальная. *Заготовка устанавливается и закрепляется по наружному диаметру.* 1. Шлифовать Ø 28H7 и торец.

060 Плоскошлифовальная. *Заготовка устанавливается и закрепляется по магнитной плите по торцу (шлифованному).* 1. Шлифовать торец в размер 18.

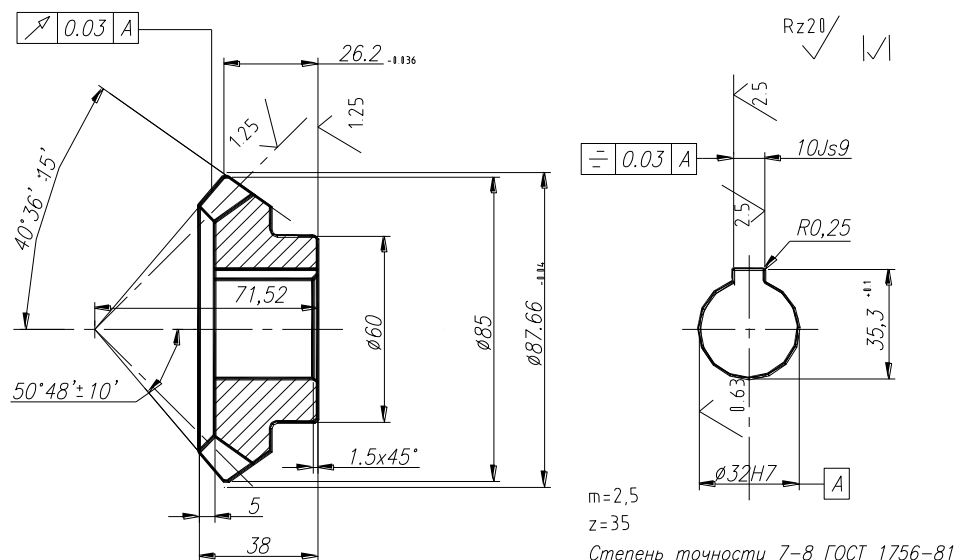
065 Зубошлифовальная. *Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на оправке (специальная) с упором по торцу венца.* 1. Шлифовать 64 зуба ($m = 1,75$) предварительно.

070 Зубошлифовальная. *Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на оправке (специальная) с упором по торцу венца.* 1. Шлифовать 64 зуба ($m = 1,75$) окончательно.

075 Моечная.

080 Контрольная.

Деталь. **Зубчатое колесо коническое.** Материал – Сталь 45.



000 Заготовительная. Прокат $\varnothing 95 \times 45$.

005 Термическая. Отжиг

010 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется в трехкулачковом патроне 1. Подрезать торец в размер 41,2 (межоперационный размер с припусками на чистовую обработку торца и припуском на черновую и чистовую обработку второго торца). 2. Точить поверхность $\varnothing 61,1$ 3. Сверлить сквозное отверстие $\varnothing 15$. 4. Рассверлить отверстие $\varnothing 32$. 5. Зенкеровать отверстие $\varnothing 33,7$. 5. Развернуть отверстие $\varnothing 33,9$. 6. Расточить фаску $1,5 \times 45^\circ$.

015 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по наружному диаметру ($\varnothing 61,1$) в трехкулачковом патроне. 1. Подрезать торец в размер 39,4 мм (размер межоперационный). 2. Точить поверхность $\varnothing 88,8$ (межоперационный с припуском на чистовое точение). 3. Точить угол $40^\circ 36'$. 4. Точить угол $50^\circ 46'$. 6. Точить выборку предварительно.

020 Протяжная. Протянуть шпоночный паз B = 10Js9.

025 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на разжимной оправке. 1. Подрезать торец в размер 38,8 мм. 2. Точить $\varnothing 60$. 3. Точить фаску $1,5 \times 45^\circ$.

030 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на разжимной оправке с упором в торец ($\varnothing 60$). 1. Подрезать торец в размер 38,5. 2. Точить поверхность $\varnothing 87,66$. 3. Точить угол $40^\circ 36'$. 4. Точить угол $50^\circ 46'$. 6. Точить выборку, выдерживая размер 5 мм.

035 Контрольная.

040 Зубострогальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на разжимной цанговой оправке с упором по торцу.

1. Строгать 35 зубьев ($m = 2,5$) (припуск под шлифование 0,10).

045 Слесарная. 1. Опилить острые кромки зубьев.

050 Шлифовальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по наружному диаметру. 1. Шлифовать $\varnothing 32H7$ и торец ($\varnothing 60$).

055 Шлифовальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по $\varnothing 32H7$ в разжимной цанговой оправке с упором по торцу ($\varnothing 60$). 1. Шлифовать торец в размер 38.

060 Зубошлифовальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по $\varnothing 32H7$ на оправке (специальная) с упором по торцу. 1. Шлифовать 35 зубьев ($m = 2,5$).

065 Моечная.

070 Контрольная.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. По заданию преподавателя разработайте маршрутно-операционный технологический процесс изготовления детали зубчатое колесо.
2. Каково назначение зубчатых передач?
3. Какие технологические задачи решаются при разработке технологических процессов изготовления зубчатых колес?
5. Какие основные операции механической обработки зубчатых колес Вы знаете?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилевский В. В. Технология машиностроения. – 5-е изд. перераб. и доп. Учебник для техникумов. – М.: Высшая школа, 1984. – 416 с.: ил.
2. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения». И. С. Добрынец. М., «Машиностроение». 1985 г. – 184 с.
3. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред: Учебное пособие для вузов. М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.

4. Справочник технолога–машиностроителя. В двух томах. Том 2. Под ред. А.Г. Косиловой. М.: «Машиностроение» 1985 г. –496 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 13

ИЗУЧЕНИЕ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЧЕРВЯЧНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ЧЕРВЯКОВ

Цель: научиться разрабатывать технологические процессы изготовления червячных зубчатых колес и червяков.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: технологические задачи при разработке технологических процессов изготовления червячных зубчатых колес и червяков; маршрутный технологический процесс обработки червячных зубчатых колес и червяков; основные схемы базирования червячных зубчатых колес и червяков.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: разрабатывать технологические процессы изготовления червячных зубчатых колес и червяков.

Актуальность темы: Червячные передачи применяют при небольших и средних мощностях, обычно не превышающих 100 кВт. Применение передач при больших мощностях неэкономично из-за сравнительно низкого к. п. д. и требует специальных мер для охлаждения передачи во избежание сильного нагрева. Червячные передачи широко применяют в подъемно-транспортных машинах, троллейбусах и там, где требуется высокая кинематическая точность (делительные устройства станков, механизмы наводки и т. д. Поэтому изучение технологии изготовления червячных зубчатых колес и червяков - актуальная задача.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Червячные зубчатые колеса и червяки. Червячные зубчатые колеса бывают в виде венцов и цельные при малых размерах червячных пар. При больших размерах венец изготавливают отдельно и фланцем крепят к ступице. Зубчатый венец центрируется относительно ступицы центрирующим пояском (рис. 1).

Червяки малого модуля изготавливают цельными. При большом модуле червяки обычно изготавливают с центральным отверстием (рис. 1).

Точность изготовления червяков и червячных зубчатых колес регламентирована ГОСТ 3675–81.

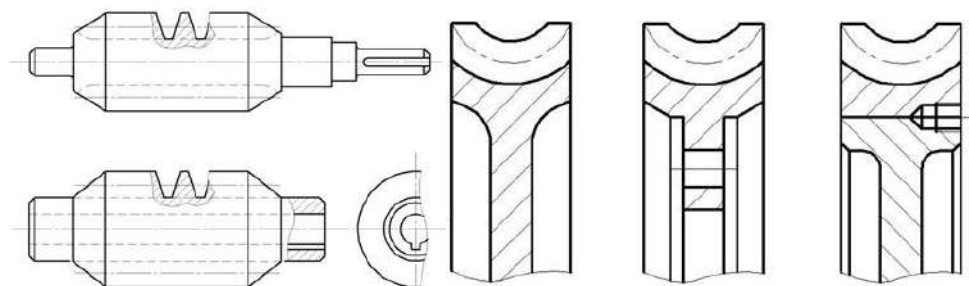


Рис. 1. Типы червяков и червячных колес:
червяки - цельные и с центральным отверстием;
червячные колеса – цельные, с фланцевым креплением венца на валу и
напрессовкой венца на ступицу.

Основные технологические задачи:

- обеспечение правильной геометрической формы и точности основных посадочных поверхностей (6 – 7 квалитет);
- равномерность угла поворота;
- обеспечение шероховатости поверхности $Ra=1,25...0,32$ мкм, что существенно влияет на к.п.д. червячной передачи;
- достижение концентричности отверстия и делительной окружности; концентричности отверстия и окружности выступов (радиальное биение по делительной окружности 0,03 – 0,04 мм);
- достижение перпендикулярности торцов к оси детали (торцовое биение 0,03-0,04 мм на диаметр 300-400 мм);
- обеспечение норм точности поверхностей зубьев (7 - 9 степени точности): равномерность углов поворота, определяемой допуском на шаг, накопленной ошибкой шага червяка и колеса, допуском на биение торца червяка и допуском на биении профиля (радиальное биение 0,005-0,02 мм);
- обеспечение полноты касания боковых поверхностей зубьев червяка и колеса что достигается совпадением профиля червяка и колеса;
- обеспечение твердости рабочих поверхностей.

Материалы, применяемые чаще всего:

- червяки – стали марок 15, 12ХН2, 12ХН3, 40Х, 40ХМ и других и во многих случаях, подвергают цементации и закалке до твердости HRCэ 60 – 62;
- червячные зубчатые колеса – бронза марок Бр.ОФ10-1, Бр.ОНФ; чугун марок СЧ 12, СЧ 15, СЧ 18, СЧ 21. С целью экономии бронзы применяют биметаллические отливки, представляющие собой стальную заготовку, залитую по ободу бронзой, или на стальную ступицу напрессовывают бронзовое кольцо.

Основные операции механической обработки червяков и червячных колес

Червяки и червячные зубчатые колеса до этапа нарезания ниток и зубьев обрабатывают теми же способами и на том же технологическом оборудовании, что и обработка двухсторонних ступенчатых валов и цилиндрических зубчатых колес.

Особенности механической обработки витков червяка и зубьев червячного колеса.

Нарезание ниток (витков) у червяков с архимедовой спиралью производят на резьбофрезерных или токарно-винторезных станках. Недостаток червяка, также как и червячного колеса, с архимедовой спиралью состоит в том, что ни сам червяк, ни червячные фрезы, применяемые для фрезерования, не удастся шлифовать. Поэтому точность червяков с архимедовой спиралью не высокая.

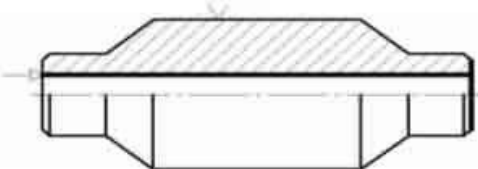
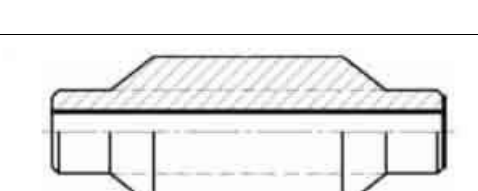
Зубья колеса архимедовой червячной передачи нарезают червячными фрезами с прямобочным профилем в осевом сечении. Основное условие нарезания зуба червячного колеса червячной фрезой или отдельным летучим резцом – соблюдение межцентрового расстояния «инструмент – колесо», равного межцентровому расстоянию «червяк – колесо».

Технологический маршрут обработки.

Червячные зубчатые колеса обрабатывают по технологическому маршруту, аналогичному обработке цилиндрических зубчатых колес (табл. 1).

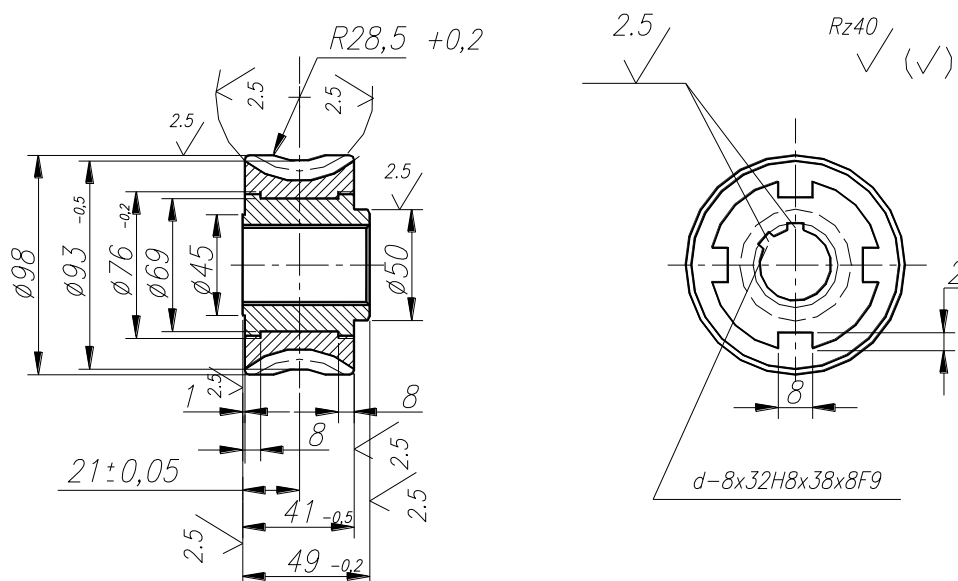
Таблица 1 - Технологический маршрут обработки червяка с центральным отверстием.

№	Операция		Операционные эскизы
	Наименование	Содержание	
000	Заготовительная	Прокат	

005	Токарная.	Подрезка торца, сверление, растачивание, развертывание отверстия.	
010	Протяжная.	Протягивание шпоночного паза.	
015	Токарная.	Черновое обтачивание и подрезание торцев детали, запрессованной на оправку. Чистовое обтачивание наружной поверхности и наружных поясков, подрезание торцев.	
020	Круглошлифовальная.	(Деталь неподвижно установлена на оправке). Шлифование наружной поверхности, контрольных поясков и торцов (два установа).	
025	Контрольная		
030	Резьбонарезная	Черновая и чистовая нарезка витков с припуском под шлифование.	
035	Термообработка		
040	Внутришлифовальная.	Предварительное шлифование отверстия и торца.	
045	Круглошлифовальная.	Предварительное шлифование наружной поверхности, контрольных поясков и второго торца.	
050	Внутришлифовальная.	Чистовое шлифование отверстия и торцов от контрольных поясков (два установа)	
055	Круглошлифовальная.	Чистовое шлифование наружной поверхности и контрольных поясков.	

060	Резьбошлифовальная	Предварительное шлифование витков червяка. (червячно-шлифовальный станок).	
065	Резьбошлифовальная	Окончательное шлифование витков червяка. (червячно-шлифовальный станок).	
070	Полировальная.	Полирование витков червяка.	
075	Контрольная.		

ПРИМЕР. Деталь. **Червячное колесо.** Материал: ступица – Сталь 45; зубчатый венец – Бр.А9Ж3А.



Ступица.

000 Заготовительная. Прокат $\text{Ø } 80 \times 56$.

005 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется в трехкулачковом патроне. 1. Подрезать торец в размер 52. 2. Сверлить сквозное отверстие $\text{Ø } 15$. 3. Рассверлить отверстие $\text{Ø } 30$. 4. Зенковать фаску $2,5 \times 45^\circ$. 5. Точить с $\text{Ø } 80$ до $\text{Ø } 52,6$, выдерживая размер 8 мм (49 – 41).

010 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по $\text{Ø } 30$ в разжимной цанговой оправке с упором по торцу ($\text{Ø } 52,6$). 1. Подрезать торец в размер 49,8. 2. Точить с $\text{Ø } 80$ до $\text{Ø } 47,6$, выдерживая размер 1 мм. 3. Точить $\text{Ø } 76$.

015 Фрезерная. Заготовка устанавливается и закрепляется по $\varnothing 30$ в разжимной цанговой оправке с упором по торцу ($\varnothing 52,6$). Оправка закрепляется в делительной головке. 1. Фрезеровать паз $B = 8$ на глубину 2 мм. 2. Переход повторить три раза.

020 Слесарная. Зачистить заусенцы.

Венец. Червячное колесо.

025 Литье. Залить бронзой.

030 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по $\varnothing 30$ в разжимной цанговой оправке с упором по торцу ($\varnothing 52,6$). Установ А. 1. Точить наружный $\varnothing 101$ на проход. Установ Б. Заготовка устанавливается и закрепляется в трехкулачковом патроне. 1. Подрезать торец в размер 51,2. 2. Зенкеровать сквозное отверстие $\varnothing 31,1$ (с припуском по протягиванию). 3. Зенковать фаску $2 \times 45^\circ$.

035 Протяжная. Протянуть восьмишлицевое отверстие $d - 8 \times 32H7 \times 38H12 \times 8F9$.

040 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по $\varnothing 32H7$ в разжимной цанговой оправке (специальной) с упором по торцу. 1. Подрезать торец в размер 49,4. 2. Точить $\varnothing 50$ и торец, выдерживая размер 8 мм (технологический). 3. Точить $\varnothing 98,7$.

045 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по $\varnothing 32H7$ в разжимной цанговой оправке (специальной) с упором по торцу. 1. Подрезать торец в размер 49. 2. Точить $\varnothing 45$ и торец, выдерживая размер 1 мм. 3. Точить $\varnothing 98$. 4. Точить радиус $R = 28,5$.

050 Контрольная.

055 Зубофрезерная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на разжимной цанговой оправке с упором по торцу. 1. Фрезеровать 29 зубьев ($m = 3,0$) (припуск под шевингование 0,09).

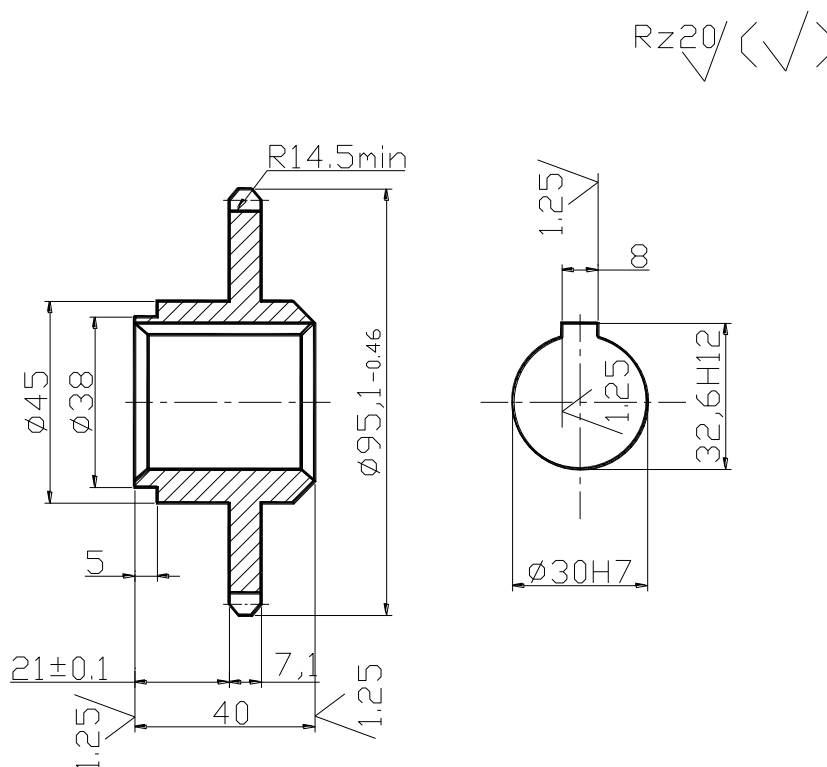
060 Слесарная. Зачистить заусенцы.

065 Шевинговальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на разжимной цанговой оправке с упором по торцу. 1. Шевинговать 29 зубьев ($m = 3,0$) окончательно.

070 Моечная.

075 Контрольная.

Деталь **Звездочка**. Материал – Сталь 45.



000 Заготовительная. Штамповка.

005 Термическая. Отжиг

010 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется в трехкулачковом патроне за ступицу большей высоты. 1. Подрезать торец в размер 41,4 (межоперационный размер с припусками на чистовую обработку торца и припуском на черновую и чистовую обработку торца ступицы большей высоты). 2. Точить $\varnothing 45,8 \times 12$ ($40 - 21 - 7,1$) и торец. 3. Точить $\varnothing 95,8$ на проход. 4. Расточить сквозное отверстие $\varnothing 29,2$ (межоперационный размер с припуском под протягивание) на проход. 5. Расточить фаску $2,5 \times 45^\circ$.

015 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру ($\varnothing 29,2$) в цанговой разжимной оправке. 1. Подрезать торец в размер 40,8 мм.. 2. Точить $\varnothing 45,8 \times 21$ и торец ($\varnothing 95,8$). 3. Точить выточку с $\varnothing 38,6 \times 5$. 4. Расточить фаску $2,5 \times 45^\circ$.

020 Протяжная. Протянуть отверстие $\varnothing 29,72$ (припуск под шлифование 0,28).

025 Протяжная. Протянуть паз $B = 8H9$.

030 Токарная. *Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на разжимной оправке с упором по торцу ступицы большей высоты.*

1. Подрезать торец в размер 40,4 мм. 2. Точить $\varnothing 45 \times 12$ и торец ($\varnothing 95,8$).

035 Токарная. *Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру ($\varnothing 29,72$) на разжимной оправке.* 1. Подрезать торец в размер 40 мм. 2. Точить $\varnothing 45 \times 21$ и торец ($\varnothing 95,8$). 3. Точить выточку с $\varnothing 38 \times 5$. 4. Точить $\varnothing 95,1$. 5. Точить радиус R 14,5. 6. Точить фаску $2,5 \times 45^\circ$.

040 Контрольная.

045 Зубофрезерная. *Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на оправке с упором.* 1. Фрезеровать 22 зуба ($m = 12,7$).

050 Слесарная. 1. Опиливать острые кромки.

055 Термическая. Закалка зубьев ТВЧ ($HRC_{\text{э}} 45 - 50$).

060 Шлифовальная. *Заготовка устанавливается и закрепляется по наружному диаметру.* 1. Шлифовать $\varnothing 30H7$.

065 Моечная.

070 Контрольная.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. По заданию преподавателя разработайте маршрутно-операционный технологический процесс изготовления детали червячное колесо.
2. Каково назначение червячных передач?
3. Какие технологические задачи решаются при разработке технологических процессов изготовления червячных колес?
5. Какие основные операции механической обработки червячных колес Вы знаете?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилевский В. В. Технология машиностроения. – 5-е изд. перераб. и доп. Учебник для техникумов. – М.: Высшая школа, 1984. – 416 с.: ил.
2. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения». И. С. Добрынец. М., «Машиностроение». 1985 г. – 184 с.
3. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. А. Ф. Гор-

бацевич, В. А. Шкред: Учебное пособие для вузов. М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.

4. Справочник технолога–машиностроителя. В двух томах. Том 2. Под ред. А.Г. Косиловой. М.: «Машиностроение» 1985 г. –496 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 14

ИЗУЧЕНИЕ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЫЧАГОВ

Цель: научиться разрабатывать технологические процессы изготовления червячных рычагов.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: технологические задачи при разработке технологических процессов изготовления рычагов; маршрутный технологический процесс обработки рычагов; основные схемы базирования рычагов.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: разрабатывать технологические процессы изготовления рычагов.

Актуальность темы: Рычаги, вилки, тяги являются звеньями систем машин и механизмов служащими для передачи силы и движения определенным деталям машин. Например, для переключения передач в машинах, станках, необходимо произвести перемещение зубчатого колеса в осевом направлении. Это перемещение производят через систему рычагов. Рычаги не менее часто, чем коленчатые валы, шатуны и ползуны используются в рычажных механизмах, поскольку позволяют не только обеспечивать выполнение механизмом его функционального назначения, будучи его выходным звеном, но помимо этого, будучи его промежуточным звеном, позволяют изменять величину и направление передаваемого движения, а в ряде случаев и переносить его в параллельную или перпендикулярную плоскость. Поэтому изучение технологии изготовления рычагов - актуальная задача.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

К рычагам относят детали, образованные из совокупности втулок, соединенных между собой стержнями, которые не обрабатываются или обрабатываются с невысокой точностью. К ним относятся рычаги, тяги, серьги, вилки, балансиры, шатуны, прихваты и т.п.

Основные технологические задачи:

- обеспечение правильной геометрической формы и точности основных отверстий и их торцов (7 – 9 квалитет);
- обеспечение точности межосевого расстояния основных отверстий и расстояние между торцами втулок ($\pm 0,3$);
- обеспечение параллельности осей основных отверстий (0,05 – 0,25 мм на 100 мм длины), перпендикулярности торцевых поверхностей втулок к осям основных отверстий (0,05 – 0,3 мм на 100 мм длины), параллельности торцов втулок между собой (0,05 – 0,25 мм на 100 мм длины);
- отклонение от соосности наружных поверхностей головок рычагов, тяг, серег и др. относительно основных отверстий 0,5 – 1 мм;
- шероховатость поверхности основных отверстий $Ra = 2,5 \dots 0,32$ мкм; торцевых поверхностей $Ra = 1,25$ мкм.

Твердость рабочих поверхностей 56 – 62 HRCэ.

Материалы, применяемые чаще всего:

- **без термообработки:** стали 45, 40Х, чугуны СЧ18, СЧ24, КЧ35–10, КЧ37–12
- **с термическим улучшением:** стали 20, 30, 35, 35Л, 45, 50, 50Г, 40Х, 40ХН;
- **закаленные:** стали 45, 40Х, 40ХН;
- **цементирование и закаленные:** стали 15Х, 20Х.

Значительное разнообразие конструкции рычагов вызывает необходимость их классификации с целью сужения типовых технологических процессов. С этой целью возможна следующая классификация:

- рычаги, у которых торцы втулок имеют общую плоскость или их торцы лежат в одной плоскости;
- рычаги, у которых торцы втулок лежат в разных плоскостях;
- рычаги, у которых имеется длинная втулка с отверстием и значительно более короткие втулки.

Основные схемы базирования

При фрезеровании торцов втулок за технологическую базу принимают или поверхности стержня рычага или противоположные торцы втулок. При их шлифовании за технологическую базу принимают противоположные торцы втулок.

При обработке основных отверстий, в качестве технологической базы выбирают обработанные торцы втулок и их наружные поверхности, что обеспечивает равенство втулок. Заключительные этапы обработки выполняют при использовании в качестве технологической базы одного или двух основных отверстий и торцов втулок. При обработке на автоматических линиях для соблюдения принципа постоянства баз рычаги базируют и закрепляют за стержень в приспособлениях-спутниках.

Таблица 1- Маршрутный технологический процесс обработки рычага

№	Операция		Оборудование	Технологическая база
	Наименование	Содержание		
000	Заготовительная			
005	Фрезерная	Фрезерование торцов бобышек	Фрезерный станок	Противоположные торцы и наружные поверхности бобышек
010	Сверлильная	Сверление отверстий основной и вспомогательной базы, зенкование фасок	Сверлильный станок	Обработанные торцы бобышек и их наружные поверхности
015	Сверлильная	Цекование торцов бобышек с другой стороны, зенкерование отверстий и зенкование фасок	Сверлильный станок	Обработанные торцы бобышек и отверстия в них
020	Сверлильная	Сверление, зенкерование фаски и нарезание резьбы в отверстиях под стопор	Сверлильный станок	Поверхности отверстий и торец бобышек
025	Сверлильная	Развертывание отверстий	Сверлильный станок	Торцы бобышек и отверстия

Основные операции механической обработки рычагов и вилок.

Заготовительная. Чугунные заготовки получают литьем в песчаные или оболочковые формы. Отливки из ковкого чугуна подвергают отжигу и последующей правке для уменьшения остаточных деформаций. Стальные заготовки получают ковкой, штамповкой, литьем по выплавляемым моделям, а в единичном производстве сваркой.

Фрезерная. Последовательная или одновременная обработка торцевых поверхностей основных отверстий. Торцы обрабатываются начерно и начисто или с припуском под шлифование (при необходимости);

Технологическая база (установочная) – поверхность стержня или противоположные торцы втулок.

Сверлильная (расточная, координатно-расточная). Обработка основных отверстий.

Протяжная (долбежная). Обработка шпоночных и шлицевых канавок в основных отверстиях.

Фрезерная. Обработка поверхностей стержня рычага, прорезей, пазов, фасонных исполнительных поверхностей рычагов и вилок.

Сверлильная. Обработка вспомогательных отверстий и нарезание резьб.

Термическая. Термическая обработка отдельных поверхностей.

Шлифовальная. Шлифование ответственных поверхностей.

Моечная.

Контрольная.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. По заданию преподавателя разработайте маршрутно-операционный технологический процесс изготовления детали рычаг.
2. Каково назначение рычагов?
3. Какие технологические задачи решаются при разработке технологических процессов изготовления рычагов?
5. Какие основные операции механической обработки рычагов Вы знаете?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилевский В. В. Технология машиностроения. – 5-е изд. перераб. и доп. Учебник для техникумов. – М.: Высшая школа, 1984. – 416 с.: ил.
2. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения». И. С. Добрынец. М., «Машиностроение». 1985 г. – 184 с.
3. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. А. Ф. Горбачев, В. А. Шкред: Учебное пособие для вузов. М.: ООО ИД «Альянс», 2007. –

256 с.

4. Справочник технолога–машиностроителя. В двух томах. Том 2. Под ред. А.Г. Косиловой. М.: «Машиностроение» 1985 г. –496 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 15

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФАКТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Цель: научиться определять характер распределения размеров при механической обработке деталей.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: виды погрешностей, возникающие при механической обработке, законы их распределения.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методами математической статистики рассчитать поле рассеивания размеров, средний арифметический размер, среднее квадратичное отклонение, вероятность получения брака.

Актуальность темы: При механической обработке действует большое количество факторов, вызывающих погрешности, которые оказывают существенное влияние на точность обработки. Все погрешности при механической обработке подразделяются на систематические и случайные.

Случайные погрешности в совокупности с систематическими вызывают рассеивание размеров деталей в партии, обработанной на станке. Вот почему действительные размеры деталей, взятых из одной партии, различны. Научиться определять вероятность получения брака при механической обработке методами математической статистики является актуальной задачей.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Систематической называется такая погрешность, которая остаётся постоянной или же изменяется закономерно (погрешности в результате неточности изготовления и настройки станка, износа инструмента и т.п.). Систематические погрешности можно устранить или уменьшить, например, поднастройкой системы СПИД (станок, приспособление, инструмент, деталь).

Случайной называется погрешность, точное значение которой заранее определить невозможно (погрешности в результате колебания припуска на обработку, колебания механических свойств обрабатываемого материала и др.).

Разность максимального и минимального размеров партии деталей называют *полем рассеивания размеров*. Поле рассеивания размеров характеризует точность обработки: чем меньше поле рассеивания, тем точнее принятый метод и условия обработки.

Точность обработки характеризуется также законом распределения размеров (кривой распределения). Для построения кривых распределения размеров измеряют данный размер у определенного числа деталей N (от 50 до 250). Совокупность измерений размеров деталей разбивают на ряд групп размеров с одинаковыми интервалами. Число групп размеров n определяют по приближённой формуле

$$n \cong \sqrt{N}, \quad (1)$$

где N – число измеренных деталей.

Полученные данные представляют в виде графика, называемого гистограммой распределения, в котором по оси абсцисс откладывают размеры групп, а по оси ординат – число деталей m , чьи размеры лежат в пределах соответствующих групп. После нанесения на график точек получают ломанную линию, называемую *полигоном распределения*. Число m – абсолютная частота в данном интервале размеров, по оси ординат можно откладывать отношение этого числа m к общему числу деталей N в партии. Отношение m/N называют *относительной частотой*.

Распределение размеров обрабатываемых деталей в партии может подчиняться различным законам (закон равной вероятности, закон Симпсона, закон нормального распределения и др.).

Опыт показывает, что при работе на настроенных станках, когда обработка протекает в нормальных стабильных условиях (система СПИД находится в исправном состоянии), распределение действительных размеров деталей в партии, обработанной на станке, подчиняется закону нормального распределения (закону Гаусса) (рис. 1).

Закон нормального распределения описывается уравнением

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}},$$

где y – плотность вероятностей;

σ – среднее квадратичное отклонение;

e – основание натурального логарифма;

x – отклонение конкретного размера « X » от среднего арифметического:

$$x = X - \bar{X},$$

где X – измеренный размер;

$\bar{X}$ – среднее арифметическое значение размера

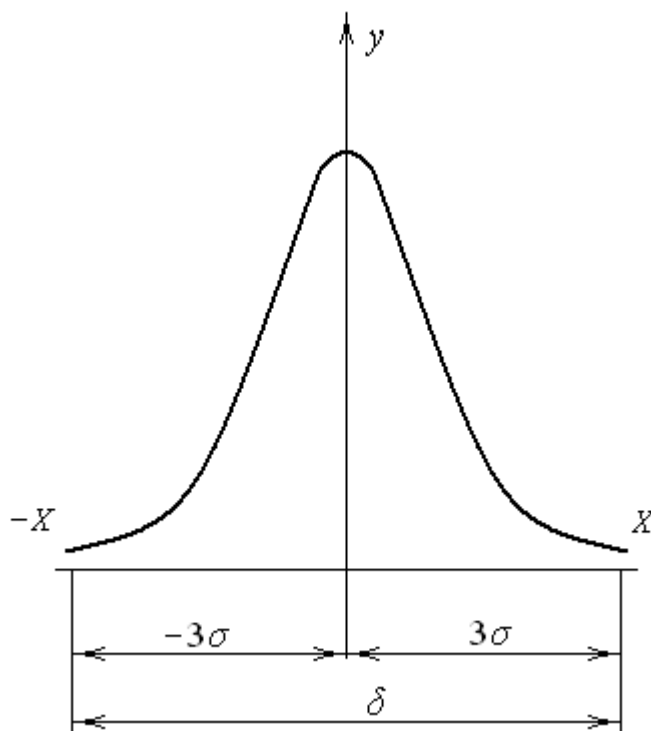


Рисунок 1 – Кривая нормального распределения (Гаусса)

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_N}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N},$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N}}.$$

Величина $\bar{X}$ соответствует максимуму кривой $y_{\max}$. В этом случае $X = \bar{X}$.

$$y_{\max} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cong \frac{0,4}{\sigma}.$$

Точки перегиба кривой Гаусса находятся на расстоянии $+\sigma$ и $-\sigma$ от $\bar{X}$ (оси симметрии кривой). Если $\bar{X} = 0$, $X = \sigma$, то

$$y_{\text{пер}} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\sigma^2}{2\sigma^2}} = \frac{y_{\max}}{\sqrt{e}} \cong 0,6y_{\max} = \frac{0,24}{\sigma}.$$

Ветви кривой Гаусса уходят в бесконечность, асимптотически приближаясь к оси X . Приближённое построение теоретической кривой Гаусса возможно по 5 точкам, координаты которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Координаты точек для приближённого построения кривой Гаусса

Номер точки	X_i	y_i
1	$X_1 = -3\sigma$	$y_1 = 0$
2	$X_2 = -\sigma$	$y_2 = 0,6y_{\max} = \frac{0,24}{\sigma}$
3	$X_3 = 0$	$y_3 = y_{\max} = \frac{0,4}{\sigma}$
4	$X_4 = \sigma$	$y_4 = 0,6y_{\max} = \frac{0,24}{\sigma}$
5	$X_5 = 3\sigma$	$y_5 = 0$

Из уравнения кривой распределения Гаусса следует, что форма кривой определяется величиной среднего квадратичного отклонения σ . При уменьшении величины σ кривая получается менее растянутой, что соответствует меньшему рассеиванию размеров.

При помощи кривой распределения можно определить вероятные числа годных и бракованных деталей, размеры которых выходят за поле допуска.

Если отложить по оси X (по обе стороны от нуля) величину $\pm 3\sigma$, то оказывается, что в данном интервале содержится 99,73% всех величин (отклонений), относящихся к данной кривой (рис. 1). Участками кривой Гаусса $X > 3\sigma$ и $X < -3\sigma$ можно пренебречь. На основании этого поле допуска на размер должно быть равно или более 6σ , т.е. $\delta \geq 6\sigma$. При расширении поля допуска сверх 6σ вероятность появления брака снижается незначительно.

В результате действия систематических причин (например, подналадки станка) кривая распределения может быть двухвершинной (рис. 2), в этом случае поле рассеивания увеличивается на величину E , и допуск на размер (без опасности появления брака) должен быть равен

$$\delta \geq 6\sigma + E.$$

Определим вероятность возникновения брака при обработке. Брак возникает, если допуск на обработку меньше поля рассеивания размеров. Предположим, что поле допуска δ установлено двумя размерами X_1 и X_2 границ этого допуска от среднего размера (рис. 3).

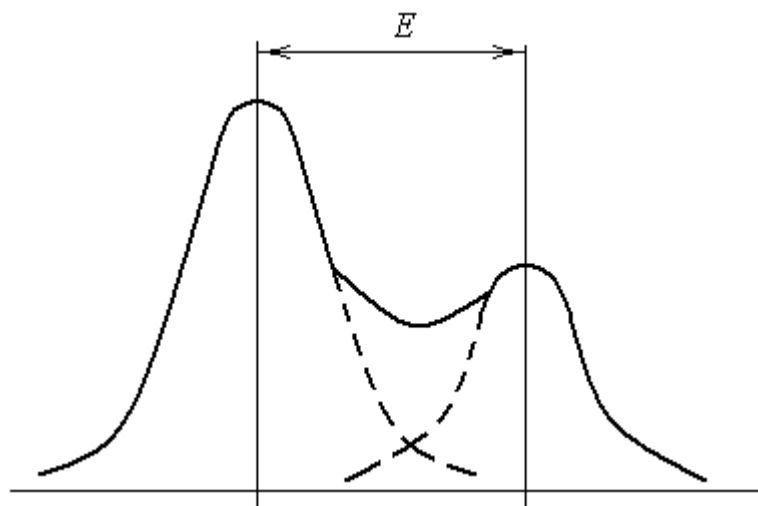


Рисунок 2 – Двухвершинная кривая распределения (Гаусса)

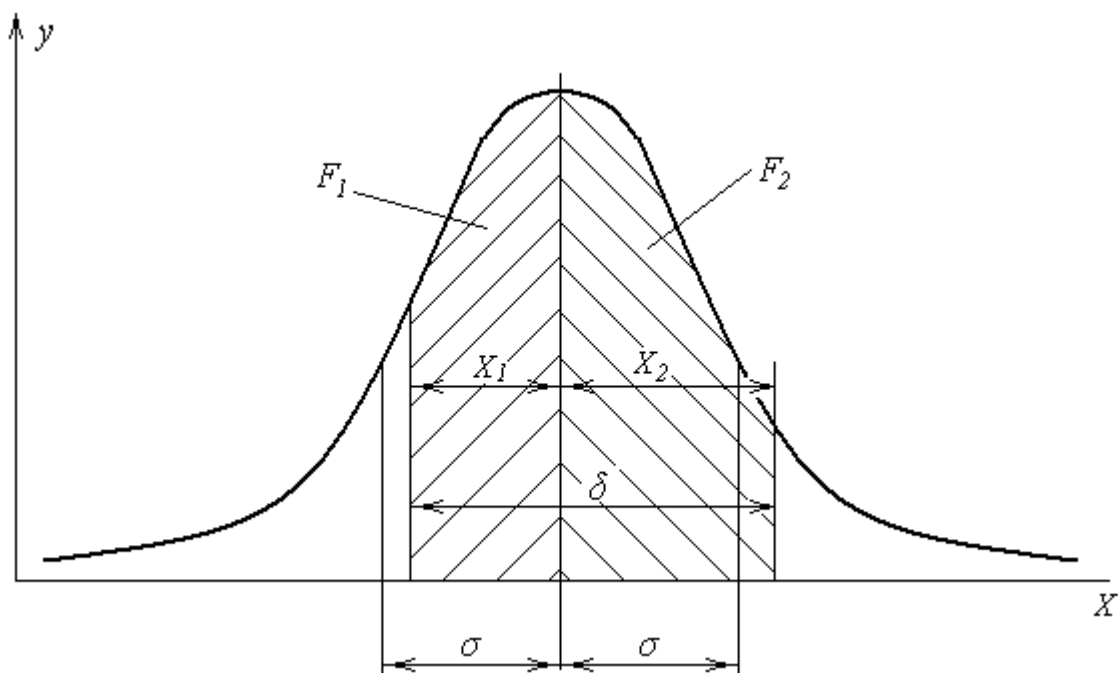


Рисунок 3 – Кривая нормального распределения
с полем допуска $\delta < 6\sigma$

Вероятное число годных деталей в этом случае определяется отношением

$$\frac{F_1 + F_2}{F},$$

где F_1 и F_2 – площади между участками кривой Гаусса и осью абсцисс при размерах X_1 и X_2 ;

F – площадь между всей кривой Гаусса и осью абсцисс.

При значительном расширении поля допуска ($X_1 = X_2 = 3\sigma$) отношение площадей приближается к единице, так как $F_1 + F_2 = F$. В этом случае считают, что вероятность данного достоверного события равна единице.

Определим площади заштрихованных участков F_1 и F_2 при симметричном расположении кривой распределения относительно оси ординат:

$$F_1 = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{X_1} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx,$$

$$F_2 = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{x_2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx.$$

Эти интегралы представляют в виде функции $\Phi(z)$, где $z_1 = \frac{X_1}{\sigma}$, $z_2 = \frac{X_2}{\sigma}$:

$$F_1' = 0,5\Phi(z_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{z_1} e^{-\frac{z^2}{2}} dz,$$

$$F_2' = 0,5\Phi(z_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{z_2} e^{-\frac{z^2}{2}} dz.$$

Величины F_1' и F_2' меньше единицы. Площадь между всей кривой Гаусса и осью абсцисс F при этом принимают за единицу.

Значения функции $\Phi(z)$ через десятую долю аргумента приведены в таблице 2. При $z = \pm 3$ функция $\Phi(z) = 0,9973$. Это значит, что из всей партии обработанных деталей размеры только 0,27% выходят за пределы допуска $\delta = 6\sigma$.

Таблица 2 – Значения функции $\Phi(z)$

z	$\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$
0,0	0,0000	1,2	0,7699	2,4	0,9836
0,1	0,0797	1,3	0,8064	2,5	0,9876
0,2	0,1585	1,4	0,8385	2,6	0,9907
0,3	0,2358	1,5	0,8664	2,7	0,9931
0,4	0,3108	1,6	0,8904	2,8	0,9949
0,5	0,3829	1,7	0,9109	2,9	0,9963
0,6	0,4515	1,8	0,9281	3,0	0,9973
0,7	0,5161	1,9	0,9426	3,1	0,99806
0,8	0,5763	2,0	0,9545	3,2	0,99862
0,9	0,6319	2,1	0,9643	3,3	0,99903
1,0	0,6827	2,2	0,9722	3,4	0,99933
1,1	0,7287	2,3	0,9786	3,5	0,99953

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Получить у преподавателя результаты замеров 50 деталей из одной партии, обработанных на металлорежущем станке.

2. По формуле (1) определяем число интервалов, затем величину одного интервала A , мм,

$$A = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{n} = \frac{\nu}{n}, \quad (2)$$

где $X_{\max}$ и $X_{\min}$ – максимальные и минимальные размеры дисков, мм;

ν – поле рассеивания размеров, мм.

3. Значение опытной вероятности определяем по формуле

$$P_{on.i} = \frac{m_{on.i}}{N}, \quad (3)$$

где $m_{on.i}$ – частота в i -ом интервале (число случаев появления значений размеров в каждом интервале).

4. Составляем статистический ряд размеров диска (табл. 3).

5. Определяем среднее арифметическое значение измерений и среднее квадратическое отклонение методом сумм. Для этого из статистического ряда (табл. 3) выписываются два столбца: середины интервала и соответствующие им частоты (табл. 4).

Таблица 3 – Статистический ряд размеров диска

№ интервала	Интервалы значений размеров, мм		Середина интервала, мм	Количество деталей по размерам:		Накопленная вероятность ΣP_{oni}
	от	до		частота, m_{oni}	опытная вероятность P_{oni}	
1						

2						
3						
4						
5						
6						
7						

К этим строкам приписывают ещё два, при этом в третьей строке, на её середине ставится прочерк одного интервала, а в четвертой строке – три прочерка: средний против прочерка третьей строки и ещё два слева и справа от среднего.

В третьей и четвертой строках производят последовательное сложение частот от начала строк и до прочерков и соответственно от конца и до прочерков. Суммы чисел подсчитываются и обозначаются соответственно коэффициентами K_1 и L_1 , K_2 и L_2 .

Таблица 4 – Определение коэффициентов K и L

Середина интервала, мм								
Частота, m_{oni}								$N = 50$
Коэффициент K_1				—				Коэффициент L_1
Коэффициент K_2			—	—	—			Коэффициент L_2

Определяем момент суммы частот третьей строки M_1

$$M_1 = K_1 - L_1 \quad (4)$$

Определяем среднее арифметическое значение размера $\bar{X}$, мм,

$$\bar{X} = d_{серед} - \frac{A \cdot M_1}{N}, \quad (5)$$

где $d_{серед}$ – значение средней величины середины интервала, мм.

Определяем момент суммы частот третьей и четвертой строк M_2

$$M_2 = K_1 + L_1 + 2K_2 + 2L_2. \quad (6)$$

6. Определяем среднее квадратическое отклонение σ , мм, по формуле

$$\sigma = A \cdot \sqrt{\frac{M_2 - \frac{M_1^2}{N}}{N}}. \quad (7)$$

7. Строим эмпирическую кривую распределения (рис. 5).

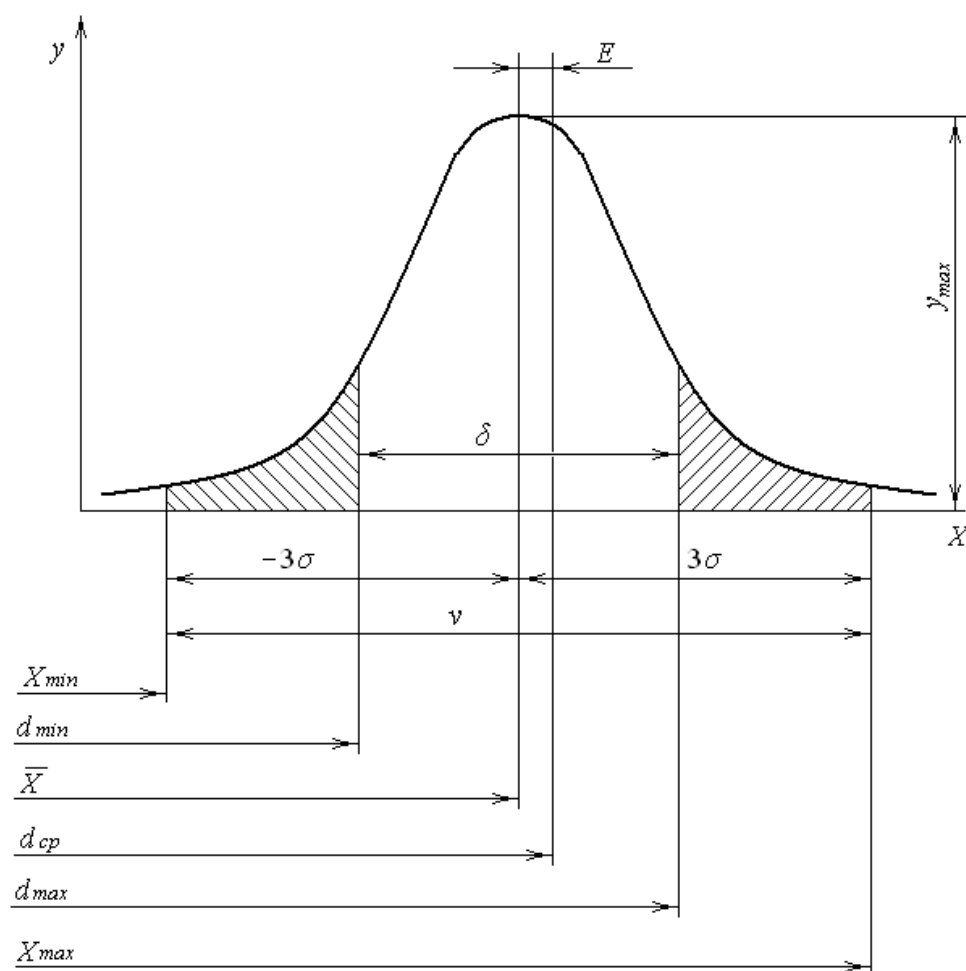


Рисунок 5 – Эмпирическая кривая

Находим и наносим на график поле допуска детали по чертежу δ , мм, и средний размер диаметра d_{cp} , мм,

$$\delta = d_{max} - d_{min}, \quad (8)$$

$$d_{cp} = \frac{d_{\max} + d_{\min}}{2} . \quad (9)$$

где $d_{\max}$ и $d_{\min}$ – соответственно максимальный и минимальный размеры диаметра по чертежу, мм.

Подсчитываем и наносим на график смещение E , мм, действительного среднего размера от середины поля допуска по чертежу

$$E = \bar{X} - d_{cp} . \quad (10)$$

8. Находим фактический коэффициент точности настройки l_{ϕ}

$$l_{\phi} = \frac{E}{\delta} . \quad (11)$$

Определяем коэффициент точности настройки μ

$$\mu = \frac{6 \cdot \sigma}{\delta} . \quad (12)$$

$\mu = 1$ – точность процесса удовлетворительная,

$\mu < 1$ – точность процесса хорошая,

$\mu > 1$ – точность процесса неудовлетворительная.

Находим допустимый коэффициент точности настройки $l_{\text{доп}}$

$$l_{\text{доп}} = \frac{1 - \mu}{2} . \quad (13)$$

Сравниваем фактический коэффициент точности настройки с допустимым: $l_{\phi} < l_{\text{доп}}$.

9. Определяем вероятность получения брака, в том числе исправимого. Для этого находим сначала значения начала и конца координат кривой

$$z_1 = \frac{ls}{\sigma} , \quad (14)$$

$$z_2 = \frac{li}{\sigma} , \quad (15)$$

где ls и li – значения верхнего и нижнего отклонения размера.

Значения функций $\Phi(z_1)$ и $\Phi(z_2)$ находим по таблице 2.

Вероятность получения брака

$$W = 1 - (F_1' + F_2'). \quad (16)$$

$(0,5 - F_1') \cdot 100\%$ - исправимый брак,

$(0,5 - F_2') \cdot 100\%$ - неисправимый брак. (17)

10. Ответьте на вопросы

1. Каковы виды погрешностей при механической обработке?
2. Что означает понятие «поле рассеивания размеров»?
3. Чем характеризуется точность обработки?
4. Что такое гистограмма, полигон распределения?
5. Что такое абсолютная и относительная частоты в данном интервале размеров?
6. По каким точкам Вы построили кривую Гаусса?
7. Чем определяется форма кривой Гаусса?
8. Как Вы определили вероятность возникновения брака при обработке?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Некрасов, С.С. Практикум и курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения / С.С. Некрасов. – М. : Мир, 2004. – 240 с.
2. Медведев, А.И. Сборник практических работ по технологии сельскохозяйственного машиностроения : учебное пособие / А.И. Медведев, В.А. Шкред, В.В. Бабук и др.; под ред. И.П. Филонова. – Мн. : БНТУ, 2003. – 486 с.
3. Зуев, А.А. Технология машиностроения / А.А. Зуев – СПб. : Лань, 2003. – 496 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 16

ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ И УСТРОЙСТВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРУЖИН СЖАТИЯ

Цель работы: изучить способы и устройства для восстановления и повышения работоспособности пружин.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: термомеханическая обработка, упрочнение пружин, восстановление пружин, устройства для восстановления и упрочнения пружин.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: выбирать способ и оснастку для восстановления и упрочнения пружин сжатия.

Актуальность темы. Практика показывает, что ремонтные и машиностроительные предприятия испытывают потребность в винтовых цилиндрических пружинах. Они являются важнейшими деталями узлов, агрегатов и механизмов технических систем и эксплуатируются в условиях высоких температур, при динамическом, статическом и асимметричном циклическом нагружении. Например, пружины клапанные и форсунок двигателей тракторов, комбайнов и автомобилей, пружины муфты, термостата, клапана смазочной системы, маслоотражателя и фильтра тонкой очистки топлива, топливного насоса, секции насоса высокого давления, топливоподающей помпы, и т. д. Поэтому изучение способов и устройств для повышения работоспособности пружин является актуальной задачей.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Неблагоприятные условия при эксплуатации приводят к значительным остаточным деформациям пружин, к развитию скрытых дефектов металла пружин и их поломке. Например, при разрушении и осадке пружины гидрозамка (рис. 1) при эксплуатации «Подъёмника автомобильного трехколенного» возникает аварийная ситуация.

Разрушение пружины клапана двигателей автомобилей семейства ВАЗ ведёт к аварийному выходу из строя всего двигателя с поломкой других деталей. Осадка

пружины задней и передней подвесок автомобилей в результате соударения витков сопровождается преждевременным разрушением лонжеронов и кузова.



Рисунок 1 – Дефектные пружины гидрозамков подъёмника:

1, 2 – разрушенные пружины; 3 – осевшая пружина

Для восстановления осевших пружин рекомендуется применять технологические процессы, основанные на использовании высокотемпературной или низкотемпературной термомеханической обработки (ВТМО или НТМО) в сочетании с контактным заневоливанием, а также соответствующие приспособления для растяжения пружин при восстановлении и для упрочнения их контактным заневоливанием.

Известно, что после НТМО проволоки растёт циклическая прочность и релаксационная стойкость изготовленных из неё пружин в условиях статического или циклического нагружения, а после ВТМО обеспечивается рост прочности, повышается усталостная прочность (в том числе и малоцикловая), а так же сопротивление разрушению, пластичность и ударная вязкость, понижается температура хладноломкости, практически устраняется обратимая отпускная хрупкость и уменьшается водородное охрупчивание. Проведение ВТМО создаёт структуру отпускаемого мартенсита с высокой дисперсностью и фрагментацией, однородную по сечению проволоки. Учитывая особый характер субструктуры, формирующийся в процессе ВТМО, следует считать, что в этом случае должно повыситься сопротивление малым пластическим деформациям в условиях кратковременного и длительного нагружения.

Всё больше находят применение пружинные материалы, прошедшие ВТМО, основанную на совмещении операций горячей обработки металлов давлением

(прокатка, волочение, гибка или навивка на малые радиусы) с последующим немедленным закаливанием при регламентированных температурно-временных параметрах. При пластических деформациях происходит диспергирование структурных составляющих и их фрагментация. Увеличение плотности дислокаций приводит к упрочнению проволоки, а образование ячеистой структуры с незначительной разориентировкой субзёрен способствует повышению её пластических свойств. Последующее закаливание наследует эту благоприятную структуру, если оно проведено не позднее нескольких секунд после пластической деформации. Учитывая сказанное, процессы растяжения, навивки, сжатия витков нагретой пружины соответствуют условиям ВТМО.

Для упрочнения пружин при восстановлении рекомендуется применять контактное заневоливание, которое заключается в том, что после сжатия пружины до соприкосновения витков к пружине прикладывается дополнительная осевая нагрузка, приводящая к сжатию витков по линии контакта. Благодаря этому на поверхности витков и в витках пружины возникают сложные остаточные напряжения, обуславливающие упрочнение и осевую осадку пружины.

Эффективность контактного заневоливания объясняется изменением механических свойств материала пружин. При этом повышаются показатели прочностных свойств, в то же время несколько снижаются показатели пластических свойств. Процесс упрочнения сопровождается структурными изменениями в деформированном слое с соответствующим повышением его твёрдости и прочности, образованием благоприятных остаточных напряжений сжатия и формированием качественно новой макро- и микрогеометрии поверхности.

Применение контактного заневоливания повышает ресурс пружин, работающих при динамических нагрузках и больших скоростях нагружения. Также рекомендовано использовать контактное заневоливание для: более жесткой отбраковки пружин; замены отбивки на копрах и стендах; замены испытаний пружин в изделиях испытаниями на прессах; уменьшения отклонений геометрических и силовых параметров пружин от номинальных значений.

Контактное заневоливание осуществляют плавным приложением нагрузки на тарированных гидравлических прессах или на разрывных машинах (рис. 2).



Рисунок 2 – Машина разрывная Р-20

При восстановлении пружин термическая обработка (нагрев, закалка и отпуск) пружин производится в печах и ваннах, имеющихся на каждом ремонтном предприятии, а станочный парк обеспечивает изготовление соответствующих приспособлений.

Пружины, изготовленные из углеродистых и легированных сортов стали, подвергаются термической обработке – закалке и отпуску. Пружины из патентованной углеродистой проволоки, имеющей сорбитную структуру, подвергаются только отпуску.

Высокое качество термической обработки пружин обеспечивается при условии однородности нагрева и охлаждения. Для нагрева пружин применяют камерные и муфельные печи, а также свинцовые и соляные ванны. Нагревательные печи работают на жидком и газообразном топливе или на электроэнергии. Наибольшее распространение имеют газовые и электрические печи.

Термическая обработка может обеспечить оптимальные свойства деталей только в том случае, если при нагреве взаимодействие поверхности металла с окружающей атмосферой строго ограничено.

Химический состав атмосферы для предохранения от окисления и обезуглероживания зависит от температуры, длительности выдержки при нагреве и химического состава обрабатываемой стали. Чем выше содержание углерода в стали, тем ниже должно быть содержание углекислого газа, чтобы воспрепятствовать обезуглероживанию. Допустимое содержание углекислого газа, тем больше, чем ниже температура обработки.

Контролируемая атмосфера готовится в отдельных установках и подается в рабочее пространство печи. Химический состав атмосферы регулируется в

узких пределах; особенно тщательно контролируется содержание кислорода, углекислоты, паров воды и аммиака.

Пружины, изготовленные холодной навивкой из патентированной проволоки, подвергают только низкому отпуску с температурой нагрева 200...350 °С. В большинстве случаев температуру отпуска для пружин из патентированной проволоки по ГОСТ 9389-90 выбирают в диапазоне 200...260 °С с допуском + 10 °С.

Отпуск пружин из патентированной проволоки обеспечивает снятие остаточных внутренних напряжений, вызывает деформационное старение и перераспределение дислокаций по типу полигонизации. В результате этих процессов сталь приобретает более высокие упругие свойства и меньшую склонность к деформации ползучести, но при этом несколько увеличивается хрупкость. Оптимальная температура отпуска для пружин того или иного назначения определяется условиями их нагружения.

Термической обработке, заключающейся в закалке и отпуске, подвергают пружины, изготавливаемые из широкого ассортимента углеродистых и легированных сталей, навиваемые в холодном и горячем состоянии. В результате термической обработки в виде закалки с последующим отпуском сталь должна иметь мелкозернистую структуру, незначительные зональные внутренние напряжения и минимальное количество остаточного аустенита. Эти условия способствуют высокому сопротивлению стали малым пластическим деформациям.

Минимальное содержание остаточного аустенита должно быть обеспечено в процессе самой закалки, так как последующий отпуск, вызывающий распад остаточного аустенита, не устраняет полностью отрицательного влияния продуктов его распада на сопротивление стали малым пластическим деформациям и течению релаксационных процессов.

В практике термической обработки пружин ответственного назначения в ряде случаев применяется обработка пружин холодом (охлаждение до –70...–80 °С) после закалки, резко снижающая содержание остаточного аустенита.

Режимы термической обработки пружинной стали различных марок и достигаемые при этом механические свойства предусмотрены ГОСТ 2052–83.

Способ восстановления пружин из холоднодеформированной предварительно термически обработанной, обычно патентированной проволоки за-

ключается в том, что пружину нагревают до температуры отпуска и в нагретом состоянии растягивают с шагом витков, превышающим шаг витков готовой пружины, фиксируют витки, производят отпуск неостывшей пружины и выдерживают на оправке до остывания. Производят дробемётный наклёп и прессовку пружины (контактное заневоливание) осевой нагрузкой, составляющей $10...300F_3$, где F_3 – сила пружины при максимальной деформации, в том числе с предварительным обычным заневоливанием, и повторно прессовку нагрузкой, увеличенной пропорционально отношению требуемой осадки к осадке от приложения первой нагрузки. При этом нагрузки могут быть вибрационными. При достижении заданной высоты пружины повторная прессовка не обязательна. При необходимости перед термообработкой пружины правят.

Способ восстановления пружин из закаливаемой проволоки заключается в том, что перед растяжением пружину нагревают до температуры закалки, и в нагретом состоянии растягивают с шагом, превышающим шаг готовой пружины, фиксируют витки, непосредственно сразу производят термообработку неостывшей пружины, совмещая операции нагрева для растяжения и термообработки, производят дробемётный наклёп остывшей пружины, затем пластическое упрочнение (контактное заневоливание) её витков путём сжатия пружины осевой нагрузкой, составляющей $(10...300)F_3$, в том числе с предварительным обычным заневоливанием силой F_3 (6...48 ч). Пластическое упрочнение витков пружины осуществляют путём приложения к ней первоначальной нагрузки, обеспечивающей минимально допустимую осадку, и последующего приложения повторной нагрузки, увеличенной пропорционально отношению требуемой осадки к осадке от приложения первой нагрузки. При этом нагрузки могут быть вибрационными. При достижении заданной высоты пружины повторная прессовка не обязательна. При необходимости перед термообработкой пружины правят.

Устройства для растяжения должны обеспечивать правильную геометрическую форму пружин при восстановлении. Поэтому желательно, чтобы растяжение и термообработка пружин проводилась на оправках. При этом необходимо, чтобы витки растянутой пружины опирались на цилиндрическую часть оправки, а крайние витки были зафиксированы.

Наиболее приемлемой для ремонтных предприятий является конструкция (патент RU 2447963) на основе которой разработано простое в изготовлении и в эксплуатации устройство для растяжения пружин (рис. 3).

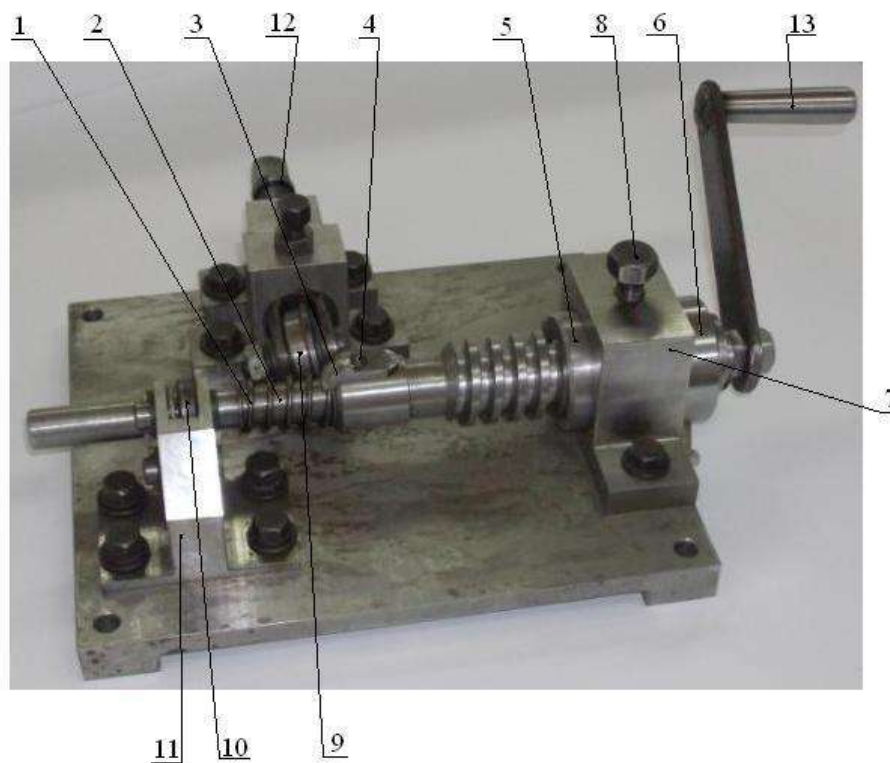


Рисунок 3 – Устройство для растяжения внутренней пружины клапана двигателя автомобилей семейства ВАЗ

При этом учтены следующие требования:

- обеспечение наименьшей себестоимости растяжения пружины;
- простота в обслуживании устройства и возможность использования кадров низкой квалификации;
- обеспечение высокого качества пружины после растяжения.

Диаметр цилиндрической части оправки равен внутреннему диаметру пружины в растянутом состоянии.

Работает устройство следующим образом. Пружину 1 насаживают на вынутую из устройства оправку 2 с навинченной на неё до упора в кольцо 6 гайкой 5, и заземляют на оправке 2 первый рабочий виток пружины прижимом 3, затягивая болт 4. Затем вставляют гайку 5 с резьбовой оправкой 2 в отверстие стойки 7, затягивают винт 8, осуществляя, таким образом, правильное расположение начала пер-

вого витка пружины относительно ролика 9. При этом конец оправки 2 опирается на ролики опорные 10 люнета 11, обеспечивая её жесткость, а ролик 9 отведён от неё. После этого вращением винта нажимного 12 съёмной рукояткой 13 прижимают через вилку роликом 9 первый рабочий виток пружины к оправке 2, чем достигается плотный контакт ролика 9 с витком пружины. Затем вращают резьбовую оправку 2 в резьбе гайки 5 съёмной рукояткой 13 по ходу навивки пружины, осуществляя, таким образом, перемещение оправки 2 совместно с насаженной на неё пружиной относительно неподвижного ролика 9 вилки. При этом ролик 9, вращаясь по каждому рабочему витку перемещаемой с оправкой 2 пружины и оставаясь неподвижным, осуществляет, таким образом, растяжение пружины. Закрепляют последний виток пружины винтом фиксирующим, ввинчивая его в оправку 2. Затем обратным вращением нажимного винта 12 воздействуют тянущим усилием на запрессованные в вилку штифты, отводя, таким образом, вилку с роликом 9 от пружины 1, выкручивают винт 8 из стойки 7 и вынимают гайку 5 в сборе с кольцом 6 и резьбовой оправкой 2 с закреплённой на ней растянутой пружиной. После этого растянутую горячую или не нагретую пружину или снимают с оправки 2, или закреплённую на оправке 2 отправляют на термообработку.

Устройство пригодно для растягивания пружин с иными шагом витков и диаметра, для чего следует изготовить соответствующие гайку с резьбовой оправкой и кольцом и ролик для прижима пружины, не изготавливая устройство вновь, что даёт экономический эффект. Устройство позволяет использовать методы и технологии высокотемпературной термомеханической обработки при растяжении пружин и при термообработке для увеличения ресурса пружин. Применение представленного устройства для растяжения пружин позволяет повысить ресурс и снизить стоимость восстановленных пружин в соответствии с применяемыми операциями технологического процесса.

Восстановлению подлежат пружины как из холоднодеформированной предварительно термически обработанной обычно патентованной проволоки, так и из закаливаемой проволоки.

Операции нагрева, растяжения, отпуска, закаливания, упрочнения поверхности и пластическим упрочнением пружины производятся в различных сочетаниях в зависимости от материала пружины. При этом необходимо производить термо-

обработку восстанавливаемой пружины в соответствии с режимами, принятыми для определенной марки пружинных сталей.

Для пластического упрочнения винтовых цилиндрических пружин сжатия рекомендуется применять соответствующие *устройства для контактного заневоливания*.

Наиболее приемлемой для ремонтных предприятий является конструкция (патент RU 2393042) на основе которой разработано и изготовлено простое в эксплуатации устройство для заневоливания внутренней пружины клапана двигателя автомобилей семейства ВАЗ (рис. 4).

Работает устройство следующим образом. Устройство устанавливают на стол пресса, а пуансон закрепляют к верхней подвижной плите пресса. Во втулку вставляют испытываемую пружину таким образом (рис. 5), чтобы торцы пружины контактировали с кольцевыми проточками торцов верхнего и нижнего вкладышей. Затем пуансон посредством движения пресса опускают, отчего пружина, сжимаясь, увеличивает свой наружный диаметр до тех пор, пока все её витки не придут в непрерывный контакт с внутренней поверхностью втулки. Благодаря контакту торцов пружины с кольцевыми проточками торцов вкладышей и контакту витков пружины с внутренней поверхностью втулки сжатая пружина займёт правильную геометрическую форму.



Рисунок 4 – Детали устройства для заневоливания внутренней пружины клапана двигателя автомобилей семейства ВАЗ



Рисунок 5 – Устройство для заневоливания внутренней пружины клапана двигателя автомобилей семейства ВАЗ в сборе

Благодаря наличию шаровой поверхности на пуансоне и верхнем вкладыше усилие прессы равномерно распределится по диаметру сжатой пружины. После требуемой выдержки под нагрузкой величиной $10...300F_3$ пуансон поднимают, пружину вынимают из устройства.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучить теоретическое обоснование способов восстановления и упрочнения пружин сжатия.
2. В отчете дать обоснование необходимости применения ВТМО или НТМО к пружинам, изготовленным из упрочненной или из закаливаемой проволоки.
3. Изучить конструкцию и принцип действия устройства для растяжения пружин при восстановлении.
4. Изучить конструкцию и принцип действия устройства для контактного заневоливания пружин.
5. Зарисовать схему и описать принцип работы устройства для растяжения пружин при восстановлении. Отметить преимущества и недостатки устройства.
6. Зарисовать схему и описать принцип работы устройства для контактного заневоливания пружин при восстановлении. Отметить преимущества и недостатки устройства.
7. Сделать выводы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Землянушнова, Н. Ю. Восстановление винтовых цилиндрических пружин сжатия. Монография / Н. Ю. Землянушнова, Ю. М. Тебенко., Н.А. Землянушнов. – Ставрополь : АГРУС, 2012. – 88 с.
2. Землянушнова, Н. Ю. Расчёт винтовых цилиндрических пружин сжатия при контактном заневоливании. Монография / Землянушнова Н. Ю. — Ставрополь: АГРУС, 2008. — 136 с.
3. Рахштадт, А. Г. Пружинные стали и сплавы. – 3-е изд. перераб. и доп. / А. Г. Рахштадт. – М. : Металлургия, 1982. – 400 с.
4. Пат. RU 2393042 C1, 21F35/00 – Устройство для контактного заневоливания пружин / Тебенко Ю.М., Землянушнова Н.Ю., Землянушнов Н.А. № 2009119496/02; заявлено 22.05.2009; опубл. 27.06.2010. Бюл. № 18 — 4 с.
5. Пат. RU 2447963 C1, МПК B21F 35/00 – Устройство для растяжения пружин / Тебенко Ю. М., Землянушнова Н. Ю., Землянушнов Н. А. – № 2010140929/02; заявлено 06.10.2010; опубл. 20.04.2012, Бюл. № 11. – 7 с.
6. Пат. RU 2251036 C1, МПК F 16 F 1/04, B 21 F 35/00. Устройство для контактного заневоливания пружин / Землянушнова Н. Ю. – № 2003130451/11; заявлено 14.10.03; опубл. 27.04.05, Бюл. № 12. – 3 с.
7. Землянушнова, Н. Ю. Классификация и испытание пружин / Н. Ю. Землянушнова, Ю. М. Тебенко // Вестник машиностроения. – 2002. – № 5. – С. 8–13.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 17

ИЗУЧЕНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ФИНИШНОГО ПЛАЗМЕННОГО УПРОЧНЕНИЯ

Цель работы: ознакомление с сущностью и целью финишного плазменного упрочнения. Ознакомление с особенностями финишного плазменного упрочнения и примерами его применения. Изучение конструкции и принципа действия оборудования для финишного плазменного упрочнения.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: цель, сущность финишного плазменного упрочнения, оборудование для ФПУ.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: использовать финишное плазменное упрочнение для повышения ресурса деталей машин.

Актуальность темы. Специалисту в области машиностроения необходимо знать современные методы и оборудование для упрочнения деталей машин.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Финишное плазменное упрочнение (ФПУ) - новая технология для многократного повышения работоспособности инструмента, штампов, пресс-форм и деталей машин, рассчитанная на массовое применение в промышленности.

ФПУ подвергаются изделия из инструментальных сталей, твердых сплавов, а также из других сталей и сплавов.

ФПУ является заключительной операцией и проводится после окончательной механической, термической и абразивной обработки изделий. ФПУ не подлежат изделия, имеющие на упрочняемых зонах следы окисления, прижоги, заусенцы, сколы, затупления, а также оксидные и органические покрытия.

Цель ФПУ - изготовление инструмента, штампов, прессформ, ножей, фильер, подшипников и других деталей машин со специальными свойствами поверхности: высокими износостойкостью, антифрикционностью, коррозионностойкостью, жаростойкостью, разгаростойкостью, антисхватыванием, стойкостью против фреттинг - коррозии и др.

Сущность ФПУ состоит в нанесении износостойкого покрытия с одновременным осуществлением процесса повторной плазменной закалки приповерхностного слоя (на глубину нескольких микрон). Покрытие является продуктом плазмохимических реакций реагентов, прошедших через дуговой плазмотрон. Закалка происходит за счет локального воздействия высококонцентрированной плазменной струи.

Эффект от ФПУ достигается за счет изменения физико-механических свойств поверхностного слоя: увеличения микротвердости, уменьшения коэффициента трения, создания сжимающих напряжений, заживления микродефектов, образования на поверхности диэлектрического и коррозионностойкого пленочного покры-

тия с низким коэффициентом теплопроводности, химической инертностью и специфической топографией поверхности.

Оборудование для ФПУ включает в себя переносной блок аппаратуры с жидкостным дозатором (рис. 1), малогабаритный плазмотрон с плазмохимическим генератором (рис. 2) и источник питания (рис. 3). Дополнительно данное оборудование может комплектоваться манипулятором (рис. 4) для вращения изделий, перемещения и позиционирования плазмотрона в процессе ФПУ, блоком автономного охлаждения, мобильной вытяжной системой и прибором контроля качества нанесения покрытия. Основной комплект оборудования для ФПУ показан на рисунке 5.



Рисунок 1 - Блок аппаратуры с жидкостным питателем



Рисунок 2 - Плазмотрон с плазмохимическим генератором



Рисунок 3 - Источник тока

Технологический процесс ФПУ проводится при атмосферном давлении в воздушной среде и состоит из операций предварительной очистки (любым известным методом) и непосредственно упрочнения обрабатываемой поверхности путем воздействия на неё плазменной струи при взаимном перемещении изделия и плазмотрона.

Параметры процесса: относительная скорость перемещения – $1 \dots 10$ мм/с, расстояние между плазмотроном и изделием – $10 \dots 15$ мм, диаметр пятна упрочнения

– 12...15 мм, толщина покрытия - 0,5...3 мкм. Температура нагрева деталей при ФПУ не превышает 100...150°C.

Параметры шероховатости поверхности после ФПУ не изменяются. В качестве плазмообразующего газа используется аргон, исходным материалом для прохождения плазмохимических реакций и образования покрытия является специальный жидкий двухкомпонентный препарат сетол. Его расход не превышает 0,5 г/ч (не более 0,5 литра в год при определённой интенсивности работы).

Требования безопасности при ФПУ аналогичны применяемым при сварочных источниках нагрева и не накладывают ограничений для широкого использования.



Рисунок 4 – Манипулятор



Рисунок 5 – Основной комплект оборудования для ФПУ

Отличительные особенности процесса ФПУ. По сравнению с аналогами - ионно-плазменным напылением, лазерным и электроискровым упрочнением, эпиламинированием, нанесением кластерных покрытий - ФПУ имеет следующие преимущества:

- высокая воспроизводимость и стабильность упрочнения за счёт двойного эффекта - от нанесения износостойкого покрытия и структурных изменений в тонком приповерхностном слое;
- процесс упрочнения проводится на воздухе при температуре окружающей среды, не требует применения вакуумных или других камер и ванн, а также защитной среды;
- вследствие нанесения тонкоплёночного покрытия (толщиной не более 3 микрометров), укладываемого в допуски на размеры деталей, процесс упрочнения используется в качестве окончательной операции;
- отсутствие изменений параметров шероховатости поверхности после процесса упрочнения;
- минимальный нагрев в процессе обработки (не более 100...120 °С) не вызывает деформаций деталей, а также позволяет упрочнять инструментальные стали с низкой температурой отпуска;
- возможность упрочнения локальных (по глубине и площади) объемов деталей в местах износа с сохранением исходных свойств материала в остальном объёме;
- тонкоплёночное покрытие по микротвёрдости наиболее близко к алмазоподобным покрытиям;
- образующиеся на поверхности упрочнения сжимающие остаточные напряжения при циклической нагрузке повышают усталостную прочность изделия (для сравнения: после операции шлифования возникают растягивающие напряжения, ведущие к снижению усталостной прочности);
- высокая адгезионная прочность сцепления покрытия с основой обеспечивает максимальную сопротивляемость истиранию (в том числе - при взаимодействии инструмента с обрабатываемым материалом);
- низкий коэффициент трения способствует подавлению процессов наростообразования при резании или налипания при штамповке и прессовании;
- формирование специфического микрорельефа поверхности способствует эффективному его заполнению смазочно-охлаждающей жидкостью при эксплуатации инструмента и деталей машин;
- образующееся на поверхности тонкоплёночное аморфное (стеклообразное) покрытие защищает изделие от воздействия высокой температуры (испытания на высо-

котемпературную воздушную коррозию в течение 100 часов при температуре 800 °С);

- простота операций по очистке и обезжириванию перед упрочнением (отсутствие специальной предварительной подготовки);
- возможность упрочнения поверхностей деталей любых габаритов в ручном или автоматическом режимах;
- минимальное потребление и низкая стоимость расходных материалов;
- низкая потребляемая мощность установки для упрочнения - менее 6 кВт;
- незначительная площадь, занимаемая оборудованием - 1...2 м²;
- малогабаритный плазмотрон для упрочнения (массой около 1 кг) может быть легко закреплён на манипуляторе, в руке робота, а также позволяет вести обработку вручную;
- транспортабельность и маневренность оборудования (масса блока аппаратуры менее 15 кг, источника питания - 100...200 кг);
- экологическая чистота процесса в связи с отсутствием отходов при упрочнении;
- в отличие от методов упрочнения с использованием поверхностно-активных веществ в данной технологии отсутствуют особые требования к помещению, нет контактирования с токсичными материалами, не требуется затрат времени на выдержку в растворах и сушку обработанных деталей.

К недостаткам ФПУ следует отнести сравнительно невысокую производительность, повышенные уровни шума и ультразвукового излучения.

Экономическая эффективность ФПУ штампов, инструмента и других изделий, как известно, определяется повышением их работоспособности и износостойкости, сокращением необходимого количества для заданной производственной программы, экономией инструментальной стали, уменьшением объёма заточных операций, сокращением времени и средств, связанных с настройкой прессов и металлообрабатывающих станков, возможностью интенсификации режимов работы. Поэтому внедрение ФПУ на предприятиях России, стран СНГ и зарубежья повышает стойкость упрочненных изделий в 2...10 раз.

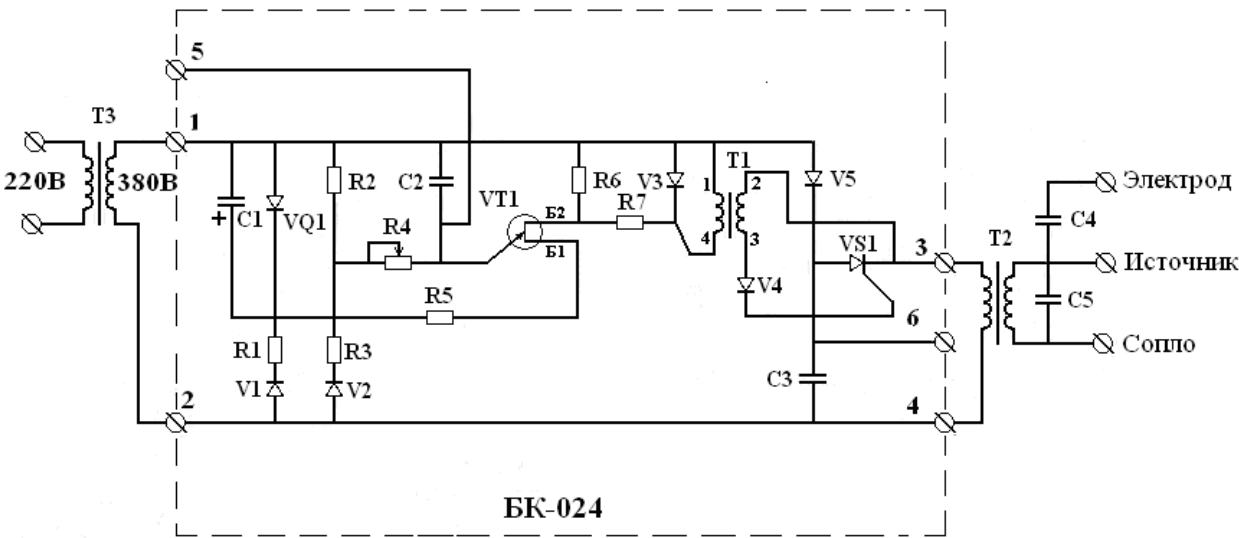
Конструкция установки УФПУ - 111

Установка предназначена для плазменного безвакуумного нанесения тонкопленочного (толщиной от 0,1 до 2 мкм) алмазоподобного (кремнийуглеродосодер-

жащего) покрытия методом финишного плазменного упрочнения на инструмент, технологическую оснастку и детали машин.

Блок аппаратуры (рис. 1) содержит: жидкостный питатель ПЖ-3-01; системы газораспределения и регулировки; блок поджига дуги, включающий повышающий трансформатор; блок формирования импульса (схема блока показана на рисунке 6) и импульсный трансформатор, а также коммуникации для связи с другими элементами установки.

На передней панели блока аппаратуры (рис. 7) располагается тумблер «Сеть» 18 и лампа контроля включения сетевого напряжения «Сеть» 1, лампа контроля «Наличие воды» 2, клапан «Подача реагентов» 5, кнопка «Пуск» 16, жидкостный питатель 7, газовые ротаметры № 1 и № 2 – плазмообразующего и транспортирующего газов 3 и 4 соответственно, ниппель «Защитный газ» 6, ниппели «Транспортирующий газ» 14 и «Плазмообразующий газ» 15, а также разъемы для подключения плазмотрона и плазмохимического генератора 10, 11, 12, 17.



Обозначение	Наименование и тип	Кол-во
C1	Конденсатор К50-35 - 25В - 22 мкФ	1
C2	Конденсатор К10-7В - 50В - 0,22 мкФ	1
C3	Конденсатор К73-17-630В - 0,47 мкФ	3
C4	Конденсатор К73-17 - 250В - 1 мкФ	1
C5	Конденсатор КВИ-2- 10кВ-20 пФ	1
R1	Резистор МЛТ - 1 62 кОм	1
R2	Резистор МЛТ-0,5 10 кОм	1
R3	Резистор МЛТ - 1 150 кОм	1
R4	Резистор 3296W 10 кОм	1
R5	Резистор МЛТ-0,5 1 кОм	1
R6	Резистор МЛТ-0,5 510 Ом	1
R7	Резистор МЛТ-0,5 220 Ом	1

T1	Трансформатор МИТ - 4 В	1
T2	Трансформатор ТВЧ - 7 - 12	1
T3	Трансформатор ОСМ1-0,063 380/220 В	1
V1,V2,V3,V4	Диод 1N4007(КД105Б)	4
V5	Диод D112-10-7	1
VQ1	Стабилитрон КС522А	1
VS1	Тиристор Т122-25- 10	1
VT1	Транзистор КТ117Г	1

Рисунок 6 – Схема блока формирования импульса

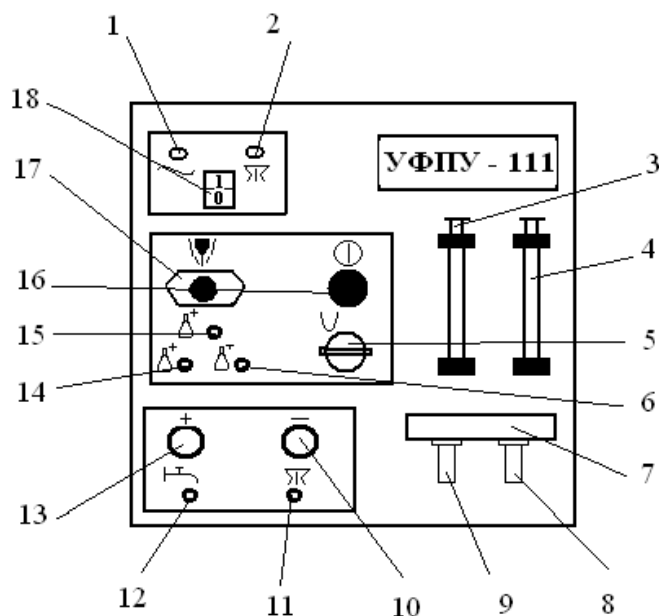


Рисунок 7 – Передняя панель блока аппаратуры БА-УФПУ-111:

1 – лампа «Сеть»; 2 – лампа «Наличие воды»; 3 - ротаметр № 1 «Плазмообразующий газ»; 4 – ротаметр № 2 «Транспортирующий газ»; 5 – клапан «Подача реагентов»; 6 – ниппель «Защитный газ»; 7 – жидкостной питатель; 8 – технологический препарат «Сетол 2»; 9 - технологический препарат «Сетол 1»; 10 – разъем «-» на плазмотрон; 11 – разъем «Слив воды с плазмотрона»; 12 – разъем «Подвод воды на плазмотрон»; 13 – разъем «+» на плазмотрон; 14 – ниппель «Транспортирующий газ»; 15 – ниппель «Плазмообразующий газ»; 16 – кнопка «Пуск»; 17 – разъем «Дежурная дуга»; 18 – тумблер «Сеть»

На рисунке 8 показана задняя панель блока аппаратуры БА-УФПУ-111, содержащая разъёмы «-» и «+» к источнику питания (1 и 2 соответственно), ниппели «Слив воды» 3 и «Подвод воды» 4, разъем подключения прибора контроля качества нанесения покрытия 5, ниппель подвода газа 6 и разъем питания 7.

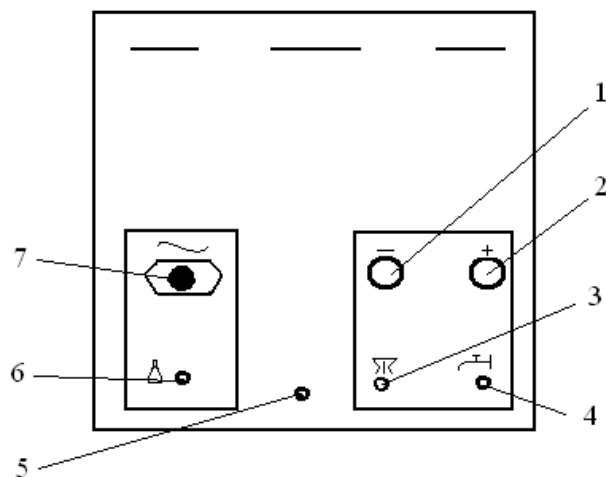


Рисунок 8 – Задняя панель блока аппаратуры БА-УФПУ-111:

1 – разъем «-» к источнику питания; 2 – разъем «+» к источнику питания; 3 – ниппель «Слив воды»; 4 – ниппель «Подвод воды»; 5 – разъем подключения прибора контроля нанесения покрытия; 6 – ниппель подвода газа; 7 – разъем питания 220 В, 50 Гц

Плазмотрон ПС-3-02 (рис. 9) содержит сопловую часть, включающую корпус 2 и электродную часть, включающую корпус 6, электрод и устройство закрепления электрода, которое состоит из цанги, вставленной в держатель и зажимной втулки 7. Корпуса сопловой и электродной частей соединены с помощью накидной гайки 5 и резьбовой изолирующей втулки 4. Плазмообразующее сопло 1 закреплено в корпусе 2 сопловой части на резьбе. Внутри сопловой части вставлена изолирующая втулка. Для правильной работы плазмотрона требуется предварительная настройка радиального и осевого положения конца вольфрамового электрода относительно наружного торца плазмообразующего сопла 1. Осевое заглубление торца электрода относительно среза сопла 1 должно быть в пределах 2...2,5 мм.

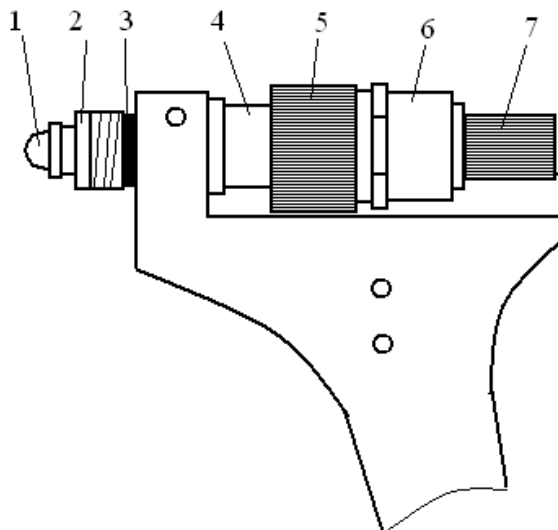


Рисунок 9 – Плзмотрон ПС-3-02: 1 – сопло; 2 – корпус сопла;
 1 – кольцо резиновое; 4 – втулка резьбовая изолирующая;
 2 5 – накидная гайка; 6 – корпус электрода; 7 – втулка зажимная

Перед зажиганием дежурной дуги в плазммотрон подается охлаждающая вода и плазмообразующий газ. Дежурная дуга между вольфрамовым электродом и соплом 1 возбуждается при помощи высоковольтного искрового разряда блока поджига дуги. Для надежной работы плазммотрона с плазмохимическим генератором ток дежурной дуги должен быть в пределах 10...20 А.

Плазммотрон с плазмохимическим генератором имеет последовательную систему охлаждения.

Плазмохимический генератор НПХ-5-01 (рис. 10), выполненный в виде насадки на плазммотрон, имеет корпус 9, закрепляемый с помощью накидной гайки 1 и изолирующей втулки 25 на плазммотроне ПС-3-02.

Расположенные в верхней части корпуса 9 изолирующая втулка 2 и медное опорное кольцо 22, изолированное от корпуса втулкой 3, предназначены для фиксации плазмохимического генератора относительно корпуса плазммотрона. Межэлектродные вставки 7, расположенные в изоляторе 18, отделены друг от друга, а также от анода 8, находящегося под потенциалом корпуса 9, и кольца 22, находящегося под потенциалом плазмообразующего сопла плазммотрона, изолирующими опорными шайбами 5. Изолятор 18 ориентирован в корпусе 9 по фаске относительно отверстий для воды. Фиксация анода 8 и втулки-формирователя 14 в корпусе 9 осуществляется с помощью резьбового кольца 15, а вставок 7, кольца 22, изо-

лирующих втулок 2 и 3 – с помощью резьбовой втулки 23. Резиновые кольца 4, 6, 16, 21 обеспечивают герметизацию канала водяного охлаждения. Для уплотнения охлаждающего канала во втулке 3 и для уплотнения газовой полости в резьбовой втулке 23 используется один типоразмер резинового кольца 24. Для подвода и отвода воды и тока служат ниппели 19 и 20, закрепленные в корпусе 9.

Шланги присоединяются к ниппелям накладными гайками с резьбой М16×1,5. Подвод транспортирующего аргона с парами реагентов осуществляется через ниппель 10 и каналы во втулке 14. Неиспользуемые отверстия в корпусе 9 заглушаются резьбовыми пробками. Уплотнение ниппеля 10 и пробок осуществляется резиновыми кольцами 12. Подача защитного газа производится через ниппель 17, установленный под входным (нижним) водяным ниппелем, и далее через каналы во втулке 14 и резьбовом кольце 15. Ориентация втулки 14 осуществляется с помощью фиксирующего винта в корпусе 9, установленного под углом 45° к оси ниппеля подачи воды 19. Подача плазмообразующего аргона производится по каналам плазмотрона ПС-3-02.

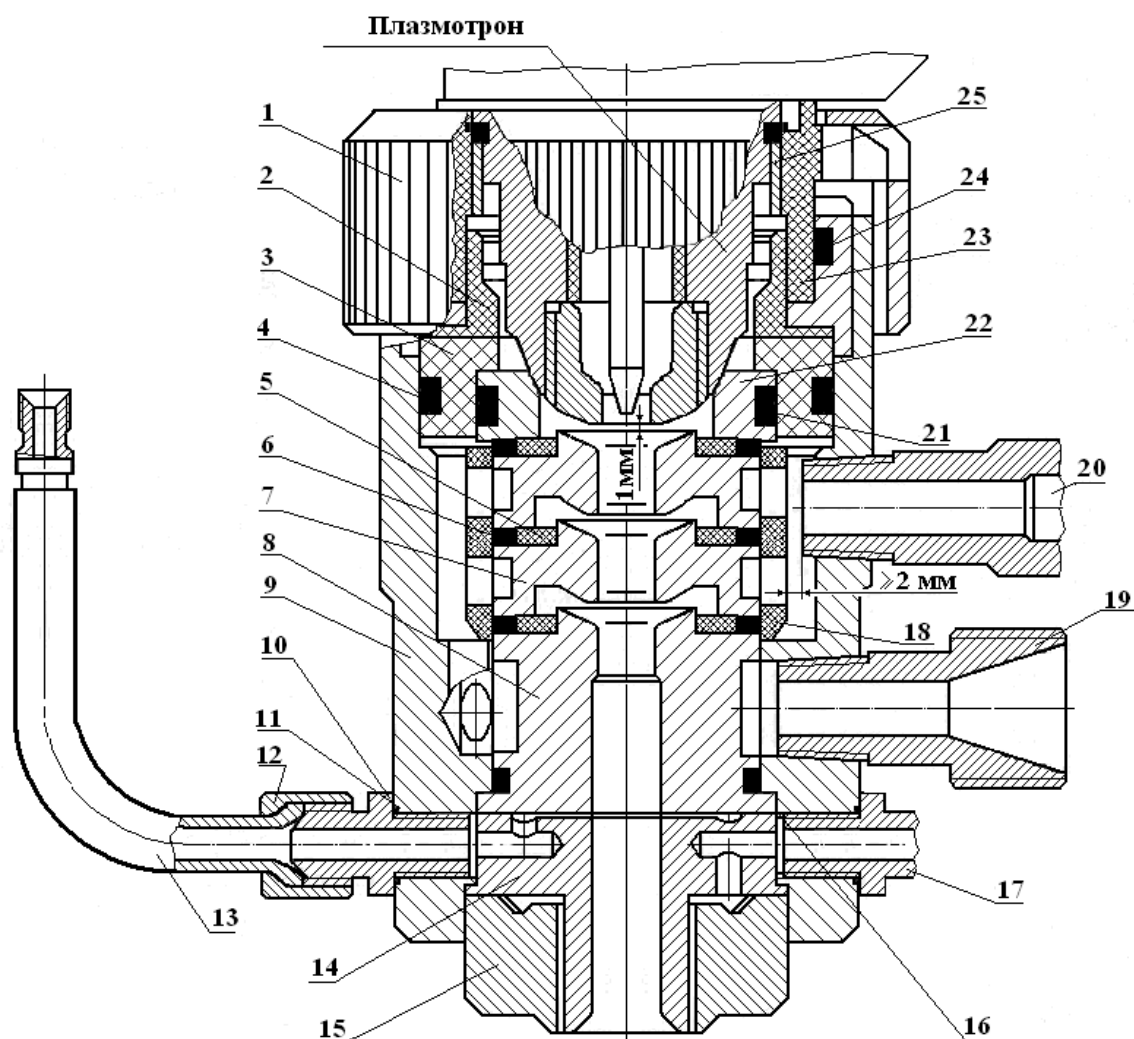


Рисунок 10 – Плазмохимический генератор НПХ-5-01:

1 – накидная гайка; 2, 3, 25 – втулки изолирующие; 4, 6, 11, 16, 21, 24 – резиновые кольца; 5 – опорная шайба; 7 – межэлектродная вставка; 8 – анод; 9 – корпус; 10, 19, 20 – ниппели; 12 – накидная гайка; 13 – трубка для ввода транспортирующего газа; 14 – втулка-формирователь; 15 – резьбовое кольцо; 17 – ниппель для ввода защитного газа; 18 – изолятор; 22 – кольцо; 23 – резьбовая втулка.

Жидкостной питатель ПЖ-3-01 (рис. 11) имеет корпус, на котором закреплены емкости для двухкомпонентного технологического препарата Сетол (Сетол 1 и Сетол 2), в нём также имеются каналы для прохождения газов и паров реагентов. Емкости для технологических препаратов фиксируются накидными гайками (резьбовыми втулками) и герметизируются резиновыми кольцами. В нерабочем состоянии емкости питателя герметично закрыты специальными клапанами. Контакт жидких препаратов с воздухом должен быть исключен, что обеспечивается с помощью обратных клапанов, а также с помощью запорного клапана «Подача реагентов» (рис. 7).

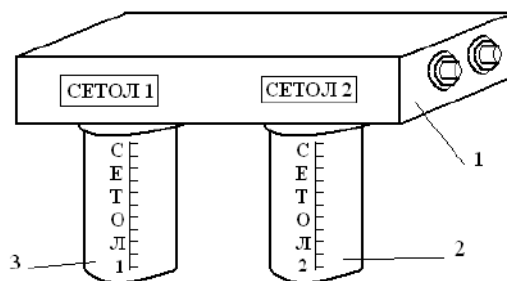


Рисунок 11 – Жидкостный питатель ПЖ-3-01: 1 – корпус;

2 – емкость для Сетол 2; 3 – емкость для Сетол 1

Система водяных коммуникаций (рис. 12) обеспечивает водяное охлаждение плазмотрона и плазмохимического генератора. В шлангах также располагается гибкий многожильный токоведущий провод.

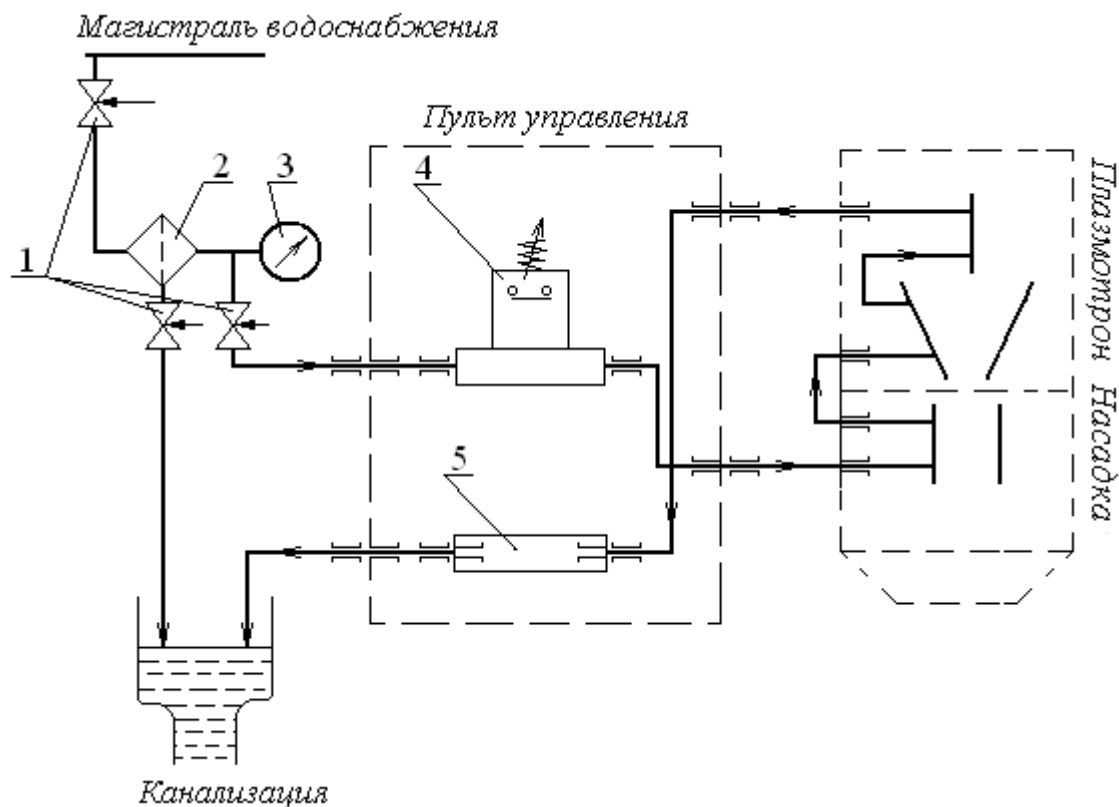


Рисунок 12 – Схема водяных коммуникаций

№	Наименование	Кол.	Примечание
1	Вентиль (клапан)	3	Ду25
2	Фильтр очистки воды	1	Для грубой и тонкой очистки
3	Манометр	1	0...5 атм.
4	Гидрореле	1	PM11-NA
5	Сопротивление дежурной дуги	1	K-11

Система электропитания плазматрона с плазмохимическим генератором (рис. 13 и рис. 14) обеспечивает:

- бесконтактное возбуждение дежурной дуги с помощью блока её поджига;
- стабильное горение дежурной дуги при токе 10...20 А;
- горение дежурной дуги при пониженном токе после зажигания основной сжатой дуги, горящей между вольфрамовым электродом плазматрона и анодом плазмохимического генератора (после отпускания кнопки «Пуск»);
- блокировку включения блока поджига дежурной дуги при отсутствии охлаждающей воды.

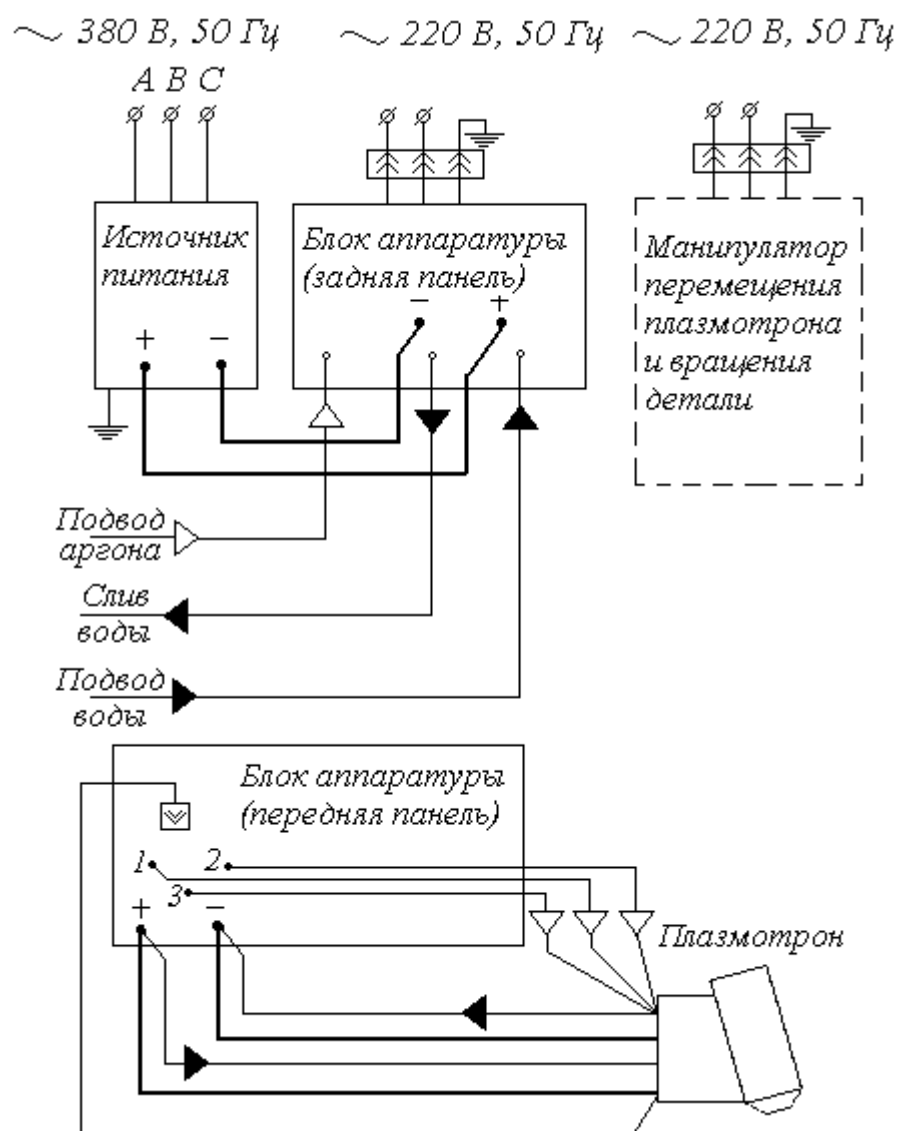
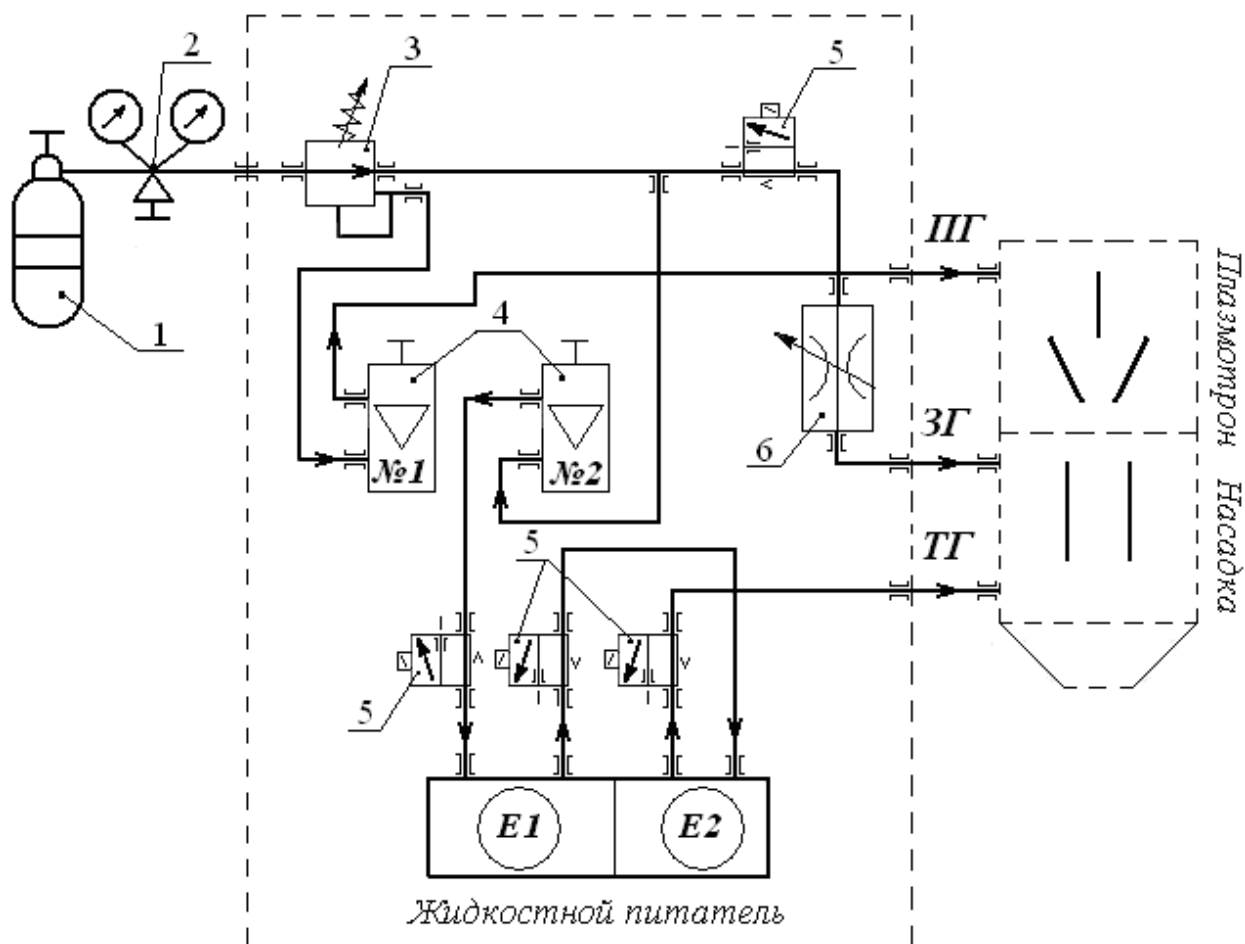


Рисунок 13 – Схема внешних соединений



№	Наименование	Кол	Примечание
1	Баллон аргоновый	1	ГОСТ 949-73
2	Редуктор газовый кислородный	1	БКО 50-4
3	Микрорегулятор давления (стабилизатор)	1	М 008-R10 1/8
4	Ротаметр с регулируемым вентилем	2	РМ-А-0,063 ГУЗ ГОСТ 13045
5	Электропневматический распределитель прямого действия	4	638-150-А6Е
6	Управляемый дроссель	1	RF0 352-М5

Рисунок 15 – Схема газовых коммуникаций

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Оформить отчет, ответив в отчете на контрольные вопросы.

1. Что такое ФПУ? Приведите примеры применения ФПУ.
2. В чем цель и сущность ФПУ?
3. Что входит в основной комплект оборудования для ФПУ?
4. Какие Вы знаете отличительные особенности ФПУ по сравнению с аналогичными методами упрочнения?
5. Какие Вы знаете недостатки ФПУ?
6. Чем определяется экономическая эффективность ФПУ?
7. Каковы основные параметры установки для ФПУ?
8. Из каких основных деталей состоит плазмотрон?
9. Из каких основных деталей состоит плазмохимический генератор?
10. Каков принцип работы установки для ФПУ?
11. Как изменяются свойства поверхности деталей при упрочнении ФПУ?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трибологические основы повышения ресурса машин : лабораторный практикум / А.Т. Лебедев, Н.Ю. Змлянушнова, П.А. Лебедев и др. – Ставрополь : АГРУС, 2014. – 120 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 18

ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ФИНИШНОГО ПЛАЗМЕННОГО УПРОЧНЕНИЯ

Цель работы: Изучить методику определения режимов ФПУ.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: рабочие параметры УФПУ. Методы контроля качества процесса ФПУ. Методика расчета режимов ФПУ.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определять режимы финишного плазменного упрочнения различных поверхностей деталей машин..

Актуальность темы. Специалисту в области машиностроения необходимо знать современные методы и оборудование для упрочнения деталей машин.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Методы контроля качества процесса ФПУ

При выполнении технологического процесса ФПУ с нанесением тонкопленочного покрытия контролю подлежат:

- материалы, используемые для процесса;
- состояние упрочняемых кромок и поверхностей;
- подготовка поверхности под нанесение покрытия;
- режим технологического процесса;
- процесс нанесения покрытия;
- вид и свойства поверхностного слоя после нанесения покрытия.

Материалы, применяемые в технологическом процессе ФПУ, должны соответствовать техническим условиям на их изготовление.

Следует проверить герметичность упаковки препаратов «Сетол» - при закрытых емкостях не должен обнаруживаться их запах.

Сжатый воздух, используемый для охлаждения обрабатываемых изделий, должен быть очищен от влаги и масла и соответствовать 7...9 классу загрязненности по ГОСТ 17433-80. Перед началом процесса ФПУ следует проверить сжатый воздух на чистоту. Для этого на расстоянии 100...150 мм от выходного отверстия вентиля из магистрали перед струей сжатого воздуха установить лист фильтровальной бумаги и произвести его обдувку в течение 30...60 с. На бумаге не должно быть следов масла, влаги, грязи. При их наличии следует проверить систему масловлагоотделения.

Обрабатываемые поверхности не должны иметь следов влаги, масла, грязи. Контроль следует производить визуально и с помощью белой бязи. ***Состояние режущих кромок*** инструмента необходимо также контролировать визуально при освещенности не менее 300 лк и с использованием лупы семикратного увеличения.

Контроль режимов ФПУ. Расход газов необходимо осуществлять по показаниям ротаметров на блоке аппаратуры. При отклонении расхода на 10 % и более от

номинального значения следует произвести его регулировку вентилем соответствующего ротаметра.

Контроль за величиной тока дуги при плазменной обработке необходимо вести по показаниям амперметра источника тока. При отклонении величины тока более чем на 10 % произвести его регулировку.

В процессе нанесения покрытия контролируются:

- нанесение покрытия по всей площади, подлежащей упрочнению;
- общее время нанесения покрытия и время в каждом цикле;
- температура изделия (среднемассовая или на отдельных участках);
- изменение толщины покрытия в процессе его нанесения.

Контроль нанесения покрытия по всей площади, подлежащей упрочнению, осуществляется визуально по однотипной цветовой гамме покрытия. Предельные размеры отверстий и пазов инструмента и технологической оснастки (рис. 1), для которых обеспечивается качественное нанесение покрытия на всей поверхности следующие:

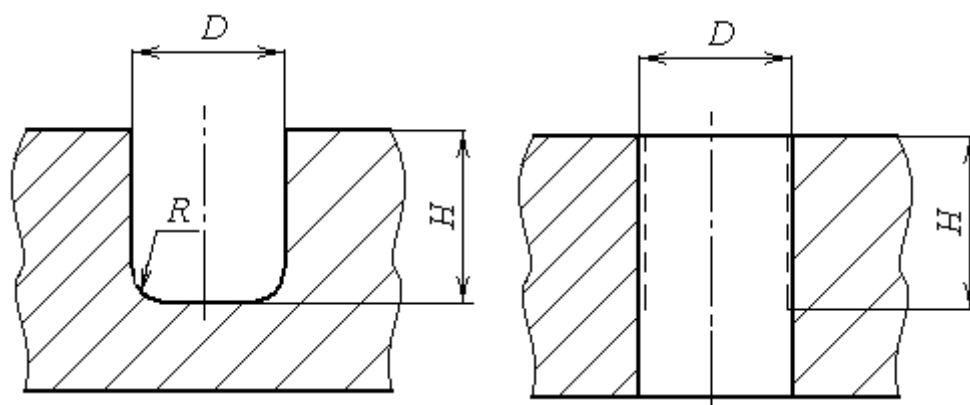


Рисунок 1 – Обозначение отверстий и пазов при ФПУ:

D – диаметр отверстия или ширина паза, мм; H – ширина полосы покрытия на стенках узких пазов или отверстий малых диаметров, мм; R – радиус скругления, мм.

D – не менее 4 мм (глухие отверстия, пазы);

D – не менее 1 мм (сквозные отверстия, пазы);

$H = D$, но не более 15 мм; R – не менее 3 мм.

Общее время нанесения покрытия проверяется с помощью секундомера или часов с секундной стрелкой (с помощью таймера, установленного на пульте управления манипулятором). Температура изделия или его отдельных участков контролируется с помощью контактной термопары перед нанесением покрытия, после окончания процесса ФПУ или между циклами обработки. Контроль изменения толщины покрытия в процессе его нанесения осуществляется только при механизированном ведении процесса ФПУ с использованием прибора контроля качества нанесения покрытия. Пороговые значения показаний прибора, соответствующие окончанию процесса обработки, устанавливаются пользователем ФПУ по эталонным образцам. Эталонные образцы должны иметь одинаковую с упрочняемыми изделиями конфигурацию и шероховатость поверхности и быть протестированными на повышение эксплуатационной стойкости.

Вид обработанной поверхности должен соответствовать радужной цветовой гамме (преимущественно – розово-зеленой) и не должен иметь белого налета, шелушений и отслоений. Контролировать следует визуально при освещенности не менее 300 лк путем сравнения с эталоном качества покрытия и с использованием лупы семикратного увеличения. Аттестацию эталонов качества покрытия необходимо производить ежегодно.

Контроль микротвердости поверхности после ФПУ производить в соответствии с ГОСТ 9450-86. Для получения достоверных результатов нагрузка на индентор должна быть минимальной – не более 5×10^{-3} Н. Микротвердость поверхностного слоя с покрытием после ФПУ должна превышать исходную микротвердость не менее чем в 1,2 раза.

Контроль толщины покрытия можно производить по косому микрошлифу с использованием металлографического микроскопа или с использованием профилографа-профилометра на образцах – свидетелях. Толщина покрытия должна быть в пределах 0,1...2 мкм. Контроль твердости подложки необходимо производить замером в соответствии с ГОСТ 23677-89 (твердость по Роквеллу). После ФПУ не должно наблюдаться уменьшение значения твердости по сравнению с исходной.

Цель расчета режимов состоит в определении основных параметров нанесения тонкопленочного упрочняющего покрытия при ФПУ, а именно, общего вре-

мени нанесения и числа проходов плазматрона для получения покрытия заданной толщины.

В процессе ФПУ значение тока, расхода плазмообразующего и транспортирующего газов, дистанции обработки устанавливаются и поддерживаются постоянными: ток – 100 А; расход плазмообразующего газа – 1,5...2,0 л/мин; расход транспортирующего газа – 0,9...1,2 л/мин; дистанция обработки – 10...20 мм. Точные значения расходов газов устанавливаются в соответствии с рекомендациями инструкции. Значение дистанции обработки в заданном диапазоне незначительно влияет на качество нанесенного покрытия.

Скорость перемещения плазматрона относительно изделия и производительность нанесения покрытия выбирается с учетом заданной его толщины на основании характеристик упрочняемых поверхностей и объектов упрочнения (табл. 1 и 2).

В таблице 4 представлены типовые модели, которые используются для определения режимов ФПУ, и соответствующие примеры объектов упрочнения.

Таблица 1 – Рекомендуемая толщина покрытия и производительность нанесения покрытия для различных изделий

Объекты упрочнения	Толщина покрытия, мкм	Производительность нанесения покрытия, мм²/с
Безазорные штампы, мелкоразмерный и высокоточный режущий инструмент	0,2...0,5	11,0...4,4
Типовой режущий инструмент, вырубные штампы	0,5...1,0	4,4...2,2
Формообразующая оснастка (литейные формы, прессформы)	1,0...2,0	3,4...1,7

Таблица 2 – Скорость перемещения плазматрона относительно изделия в зависимости от характеристик упрочняемой поверхности

Характеристики упрочняемой поверхности	Скорость перемещения плазматрона, мм/с
Поверхности массивных изделий (формообразующие поверхности форм, прессформ,	3...10

штампов и т.п.)	
Режущие кромки вырубных штампов и крупногабаритного режущего инструмента	10...30
Поверхности типового режущего инструмента	30...40

Максимальная скорость перемещения не должна превышать 150 мм/с, что обусловлено газодинамическими процессами взаимодействия поверхности и плазменной струи.

В таблице и дальнейших расчетах приняты условные обозначения:

F – толщина покрытия, мкм;

S – площадь поверхности, на которую требуется нанесение покрытия, мм²;

b_p – ширина полосы покрытия, принимаемая в расчетах 8 мм (в пределах этой ширины обеспечивается равномерность свойств покрытия по толщине и микротвердости), мм;

S_p – площадь поверхности, принимаемая в расчет при определении общего времени нанесения покрытия. Учитывая, что ширина полосы покрытия принимается 8 мм, S_p всегда больше или равна S , мм²;

l – длина полосы непрерывного перемещения плазмотрона (условная часть площади S_p , разбитой на полосы), на которую будет наноситься покрытие, определяемая удобством непрерывного перемещения плазмотрона, мм;

t – общее время нанесения покрытия на площадь S_p без учета времени промежуточного охлаждения, с;

v – скорость перемещения плазмотрона относительно обрабатываемой поверхности, мм/с;

P – производительность нанесения покрытия, принимаемая с учетом заданной его толщины, мм²/с;

L_o – длина однократного прохода плазмотрона над площадью S_p , равная сумме длин полос непрерывного перемещения плазмотрона l , мм;

t_1 – время однократного прохода плазмотрона над площадью S_p , равное L_o/v , с;

n – число проходов плазмотрона для нанесения покрытия заданной толщины на площадь S_p ;

R – радиус кольца упрочнения, мм.

При расчетах необходимо придерживаться следующей последовательности.

1. Определить общее время t , с, нанесения покрытия на площадь S_p

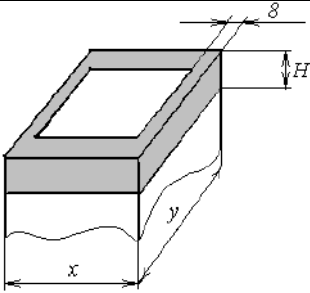
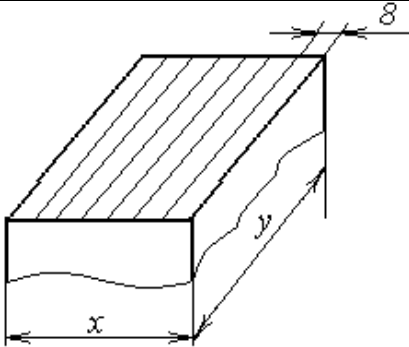
$$t = \frac{S_p}{P}.$$

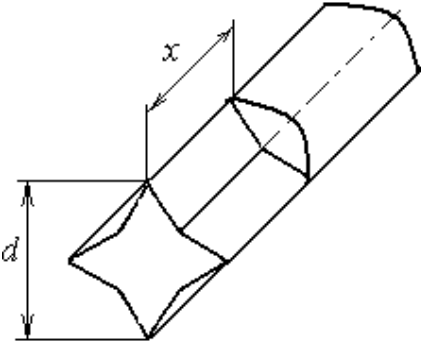
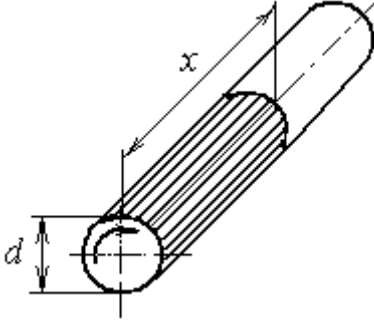
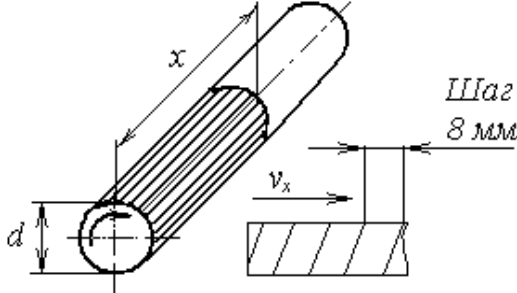
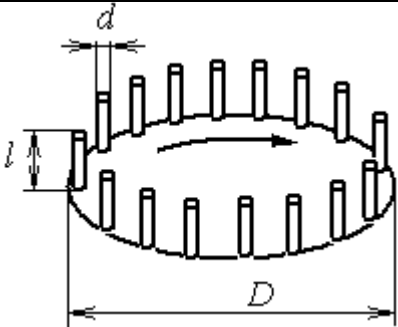
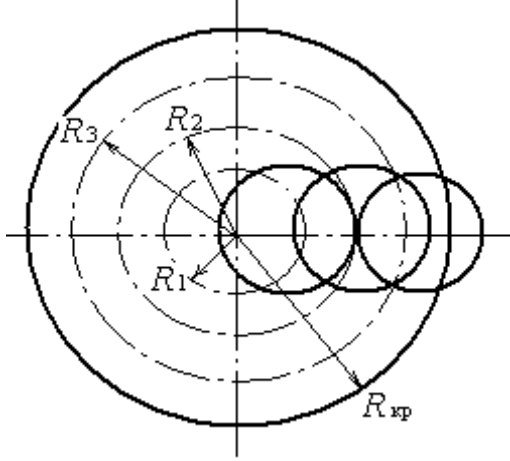
2. Определить число проходов плазмотрона для нанесения покрытия заданной толщины на площадь S_p

$$n = \frac{t}{t_1} = \frac{t \times v}{L_o} = \frac{t \times v \times 8}{S_p}.$$

Значения производительности нанесения покрытия P и скорости перемещения плазмотрона v выбираются из таблиц 2 и 3. Определение S_p основывается на геометрических размерах поверхности, на которую будет наноситься покрытие с учетом того, что ширина полосы покрытия равна 8 мм, а также на основании выбранной типовой модели объекта упрочнения (табл. 3).

Таблица 3 – Типовые модели - примеры объектов упрочнения

Номер модели	Типовые модели	Примеры объектов упрочнения
1		Штамп вырубной (упрочняется поверхность по периметру режущей кромки)
2		Штамп формообразующий, детали форм, прессформ (упрочняется формообразующая поверхность)

3		Фреза концевая, сверло, метчик, нож (упрочняются поверхности режущих кромок без вращения инструмента)
4		Развертка, метчик, многолезвийный инструмент (упрочняются цилиндрические поверхности режущих кромок при вращении инструмента и торцевая поверхность)
5		Детали типа «вал» (упрочняется цилиндрическая поверхность при перемещении плазмотрона по винтовой линии)
6		Мелкогабаритный инструмент – сверла, метчики и т.п. (упрочняются поверхности режущих кромок при установке инструмента в оснастку)
7		Формообразующие изделия с поверхностью в виде круга (при перемещении плазмотрона по радиусу упрочняется торцевая поверхность с максимальной равномерностью наносимого покрытия по толщине)

**Рекомендации по расчету площади поверхности, принимаемой в расчет
при определении общего времени нанесения покрытия,
с использованием типовых моделей**

1. Штамп вырубной (модель № 1).

Упрочняются поверхности режущих кромок. Длина полосы непрерывного перемещения плазмотрона вдоль режущих кромок, мм,

$$l = 2x + 2y.$$

Если упрочняется пуансон и матрица для вырубки изделия сложной конфигурации, то l определяется как периметр кромок.

Площадь

$$S_p = 8 \times l + H \times l, \text{ мм}^2.$$

H принимается равной b_p , т.е. 8 мм (если в чертеже или задании не указано большее значение), или кратное b_p . В большинстве случаев

$$S_p = 16 \times l.$$

2. Штамп формообразующий, детали форм, пресс-форм (модель № 2).

Площадь

$$S_p = x \times y,$$

при этом x всегда кратно 8.

3. Сверло или фреза с числом лезвий k ($k \geq 2$), нож ($k=1$) (модель № 3).

Использование данной модели для цилиндрического инструмента целесообразно при диаметре

$$d \geq \frac{8}{\sin(180/k)}, \text{ мм.}$$

Перемещение плазмотрона осуществляется вдоль режущей кромки лезвия. С учетом винтовой линии инструмента и нанесения покрытия на торцевую поверхность можно принять

$$l = 1,2 \times x + d / 2;$$

$$L_o = k \times l.$$

Для данного инструмента площадь

$$S_p = 8 \times L_o = 8 \times k \times l = 8 \times k \times (1,2 \times x + d / 2).$$

При упрочнении плоских ножей

$$S_p = x \times y,$$

где y – ширина зоны упрочнения, кратная 8.

4. Развертка, многолезвийный инструмент с числом лезвий k (модель № 4).

Эта модель расчета применяется при механизированной обработке инструмента с диаметром

$$d \leq \frac{8}{\sin(180/k)};$$

Площадь

$$S_p = \pi \times d \times l + \frac{\pi \times d^2}{4},$$

где $l = x$; если $d \leq 8$, то $S_p = 2 \times d \times l$.

При обработке во вращателе скорость вращения не зависит от скорости перемещения плазматрона и составляет 30...90 об/мин.

Таблица 4 - Справочная

k	2	3	4	5	6	8	12	16
$\frac{8}{\sin(180/k)}$	8	9,2	11,3	13,6	16	20,9	30,9	41

5. Детали типа «вал» (модель № 5).

Площадь цилиндрической поверхности упрочняемого участка вала определяется как

$$S_p = \pi \times d \times l,$$

где $l = x$.

Процесс ФПУ осуществляется при вращении вала. При этом покрытие наносится при непрерывном перемещении плазматрона по спирали с шагом 8 мм, с осевой скоростью v_x , мм/с и временем одного оборота

$$t_{об} = \frac{8}{v_x}.$$

Тогда скорость вращения ω , об/мин,

$$\omega = 7,5 \times v_x.$$

6. Мелкоразмерный инструмент (модель № 6).

При диаметрах инструмента менее 6 мм целесообразна их групповая обработка, например, при расположении упрочняемых изделий в приспособлении по окружности диаметром D . В этом случае площадь

$$S_p = 2 \times \pi \times D \times l,$$

где l – выступающая их приспособления часть инструмента. При этом поворот инструмента может осуществляться вручную однократно на 180° или при постоянном вращении инструмента вокруг собственной оси.

7. Формообразующие поверхности в виде круга (модель № 7).

Для получения покрытия с максимальной равномерностью толщины на всей поверхности круга требуется знать шаг перемещений, количество шагов и время выдержки на каждом шаге. Для этой цели следует использовать программу ФПУ. S_p при этом значительно превышает S .

ПРИМЕРЫ расчета режимов ФПУ

Для нанесения равномерного по толщине покрытия на всей длине полосы упрочнения, в том числе на краях, рекомендуется в процессе ФПУ выводить плазменную струю за пределы обрабатываемой полосы как минимум на 4 мм в каждую сторону. Это необходимо учитывать при расчете общего времени нанесения покрытия.

1. Упрочнение пуансона вырубного штампа (модель № 1).

Пусть длина периметра равна 200 мм, толщина покрытия $F = 0,3$ мкм, вырубная фигура имеет 4 угла. Тогда

$$l = 200 + 4 \times 8 = 232 \text{ мм.}$$

Принимаем $H = 8$ мм. Площадь

$$S_p = 8 \times 232 + 8 \times 232 = 3712_{\text{мм}^2}.$$

Производительность нанесения покрытия по данным таблицы 2 для заданной толщины покрытия составляет $P = 5 \text{ мм}^2/\text{с}$, тогда общее время нанесения покрытия

$$t = \frac{3712}{5} = 742,4 \text{ с} = 12,4 \text{ мин.}$$

Принимаем скорость перемещения плазмотрона согласно таблице 3 $v = 4$ мм/с, тогда время однократного прохода плазмотрона

$$t_1 = \frac{3712}{8 \times 4} = 116 \text{ с}$$

и число проходов плазмотрона составит

$$n = \frac{742,4}{116} = 6,4 \approx 6_{\text{проходов.}}$$

2. Фреза четырехлезвийная (модель № 3 или № 4).

Диаметр фрезы $d = 14$ мм, длина рабочей части $x = 30$ мм, толщина покрытия $F = 0,3$ мкм.

Возможны два варианта расчета режима упрочнения: с использованием модели 3 или 4.

Определим целесообразность использования модели 3: при числе лезвий $k = 4$

$$\frac{8}{\sin(180/k)} = 11,3 < d,$$

т.е. обработка этой фрезы по модели 3 должна дать некоторую экономию времени, а потому целесообразна при упрочнении небольшой партии инструмента.

Длину режущей кромки с учетом винтовой линии можно принять

$$l_{\text{л}} = 1,2 \times x,$$

длина режущей кромки на торце

$$l_{\text{т}} = \frac{14}{2} = 7 \text{ мм},$$

тогда общая длина составит

$$L_{\text{о}} = 4 \times (1,2 \times 30 + 8 + 8) = 208 \text{ мм.}$$

Площадь

$$S_{\text{р}} = 208 \times 8 = 1664 \text{ мм}^2.$$

Общее время нанесения покрытия

$$t = \frac{1664}{5} = 332,8 \text{ с} = 5,5 \text{ мин.}$$

Примем скорость перемещения $v = 10$ мм/с, тогда

$$t_1 = \frac{208}{10} = 20,8 \text{ с.}$$

Число проходов плазмотрона составит

$$n = \frac{332,8}{20,8} = 16.$$

Целесообразно разделить их на 4 цикла по 4 прохода с промежуточным охлаждением.

Модель 4 предполагает закрепление нерабочей части фрезы в патроне вращателя или в приспособлении. Длина полосы непрерывного перемещения плазмотрона принимается

$$l = x + 8 = 38 \text{ мм.}$$

Площадь цилиндрической поверхности

$$S_{PC} = \pi \times d \times 38 = 3,14 \times 14 \times 38 = 1671 \text{ мм}^2.$$

Общее время нанесения покрытия

$$t = 334,2 \text{ с} = 5,6 \text{ мин.}$$

При скорости перемещения плазмотрона $v = 10 \text{ мм/с}$ время однократного прохода плазмотрона

$$t_1 = \frac{38}{10} = 3,8 \text{ с.}$$

Число проходов

$$n = \frac{334,2}{3,8} = 88$$

обеспечивается механическим перемещением.

Площадь торца

$$S_{PT} = \frac{\pi \times d^2}{4} = 201 \text{ мм}^2$$

($d/2 < 8$, принимаем $d/2 = 8$), общее время нанесения покрытия на торец $l_T = 40 \text{ с}$. Процесс необходимо вести с промежуточным охлаждением четырьмя циклами по 10 с или пятью циклами по 8 с. Таким образом, полное время обработки по модели 4, без учета времени промежуточного охлаждения, составит

$$t = 334,2 + 40 = 374,2 \text{ с} = 6,2 \text{ мин.}$$

3. Упрочнение рабочей поверхности штемпеля юбилейной медали (модель № 7).

Диаметр штемпеля $d = 32$ мм, толщина наносимого покрытия $F = 1$ мкм. Упрочнение производится в специальной оснастке. Применим программу ФПУ. В результате расчета получим: площадь $S_p = 1194,6$ мм²; диапазон допустимых скоростей вращения изделия $\omega = 6 \dots 53$ об/мин; общее время нанесения покрытия (без учета времени промежуточных охлаждений) $t = 821$ с = 13,7 мин; число колец упрочнения 4; радиус R_k и время обработки каждого кольца;

$R_1 = 5,6$ мм	$t_1 = 71,4$ с
$R_2 = 12,6$ мм	$t_2 = 160,6$ с
$R_3 = 19,6$ мм	$t_3 = 249,9$ с
$R_4 = 26,6$ мм	$t_4 = 339,1$ с

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучить теоретическую часть работы, законспектировать. Ответить на контрольные вопросы.
2. Изучить примеры определения режимов ФПУ. По заданию преподавателя определить режимы ФПУ поверхностей деталей.
3. Какие материалы применяются в технологическом процессе ФПУ?
4. Какие требования предъявляются к материалам, используемым в технологическом процессе ФПУ?
5. Какие требования предъявляются к упрочняемым ФПУ поверхностям?
6. Как контролируются режимы ФПУ?
7. Какова должна быть толщина покрытия при ФПУ?
8. Какова цель расчёта режимов ФПУ?
9. Для чего необходимы плазмообразующий и транспортирующий газы?
10. Какие Вы знаете типовые модели, которые используются для определения режимов ФПУ?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологическая инструкция «Финишное плазменное упрочнение инструмента, технологической оснастки и других изделий». – Санкт-Петербург, ООО «НПФ «Плазмоцентр», 2007 – 35 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 19

ПРАВИЛА ЗАПОЛНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Цель работы: Научиться оформлять технологическую документацию.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: Оформление операционных карт. Запись технологических переходов. Оформление эскизов.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: Оформление технологической документации.

Актуальность темы. Все решения, принятые в процессе технологической подготовки производства изделия должны быть документально оформлены. К технологическим документам (ТД) относят текстовые и графические документы отдельно или в совокупности определяющие ТП изготовления или ремонта изделия с учетом контроля и перемещения, комплектацию деталей и сборочных единиц и маршрут прохождения изготавливаемого или ремонтируемого изделия по службам предприятия. Создаваемая технологическая документация выполняет две основные функции – организационную и информационную. В рамках организационной функции ТД обеспечивает изготовление деталей и сборочных единиц, служит средством организации труда всех участников производственного процесса. Информационная функция заключается в том, что ТД содержит необходимую информацию для различных служб предприятия, в частности, используемую для определения загрузки оборудования участков, цехов и предприятия, установления потребности в средствах технологического оснащения и материалах, расчета себестоимости изделия.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Оформление операционных карт

Заполнение граф и строчек операционной карты

Для эффективного использования ТД необходима ее стандартизация и унификация. Создание и оформление технологической документации производят в соответствии с Единой системой технологической документации. Единая система технологической документации (ЕСТД) – комплекс государственных стандартов и рекомендаций, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, комплектации, оформления и обращения технологической документации, применяемой при изготовлении и ремонте изделий (включая сбор и сдачу технологических отходов).

Формы и правила оформления документов на технологические процессы (ТП) и операции обработки резанием устанавливаются ГОСТ 3.1404-86. Общие требования к формам, бланкам и документам – по ГОСТ 3.1104-81. Комплектность документов и правила оформления документов на ЕТП – по ГОСТ 3.1119-83. При маршрутно-операционном описании ТП для описания операций применяются формы ОК – 2, 2а, 3. В курсовом и дипломном проектировании для большей наглядности рекомендуется применение операционной карты (ОК) по форме 3 ГОСТ 3.1404-86. Комплектность документов и правила оформления документов на ТТП (ГТП) – по ГОСТ 3.1121-84.

Структура построения ОК идентична МК. Запись информации выполняется построчно с привязкой к соответствующим служебным символам. Правила и порядок применения служебных символов устанавливаются по ГОСТ 3.1118-82.

Правила записи содержания операций и переходов – по ГОСТ 3.1702-79.

Графические обозначения опор, зажимов и установочных устройств – по ГОСТ 3.1107-81. Отражение требований по охране труда в документах – по ГОСТ 3.1120-83.

Указание единиц величины в документах следует выполнять в заголовках или подзаголовках соответствующих граф. Допускается указывать единицы величины параметров технологических режимов после их числовых значений, например: 40 мм; 0,2 мм/об; 315 об/мин; 36 мм/мин.

Содержание перехода следует указывать по всей длине строки с возможностью переноса информации на последующие строки. При описании содержания перехода необходимо указывать данные по норме основного и вспомогательного времени на операцию. Указание этих данных следует производить на уровне строки, где заканчивается описание содержания перехода.

Указание данных по технологическим режимам следует выполнять после записи состава применяемой технологической оснастки. При указании данных по технологической оснастке следует руководствоваться требованиями соответствующих классификаторов, государственных и отраслевых стандартов на кодирование (обозначение) и наименование технологической оснастки, при этом информацию следует записывать в последовательности:

- приспособления;
- вспомогательный инструмент;
- режущий инструмент;
- средства измерения.

Запись информации следует выполнять по всей длине строки с возможностью переноса информации на последующие строки. Допускается обозначение каждой составной части технологической оснастки приводить на одной строке. В целях разделения информации по группам технологической оснастки и поиска необходимой информации допускается перед указанием состава применять условное обозначение их видов:

- приспособлений – ПР; вспомогательного инструмента – ВИ; режущего инструмента – РИ;
- средств измерений – СИ.

Например: СИ. АБВГ. XXXXXX.XXX Пробка.

Разделение информации по каждому средству ТО следует выполнять через знак «;».

Графические иллюстрации к операциям следует выполнять на КЭ или непосредственно в документах, предусматривающих внесение данной информации.

Большинство граф ОК соответствует аналогичным графам МК. Информацию по дополнительным графам следует вносить в соответствии с таблицей 1, 3 и рисунком 3.

Таблица 1 – Информация по дополнительным графам операционной карты

№ п/п	Наименование (условное обозначение графы)	Содержание информации
1	2	3
1	–	Графы для записи содержания перехода, информации по оснастке, режущему и измерительному инструменту
2	ПИ	Номер позиции инструментальной наладки. Графа для станков с ЧПУ
3	То	Норма основного времени на операцию, мин
4	D или B	Расчетный размер обрабатываемой поверхности (диаметра, ширины) детали
5	Тв	Норма вспомогательного времени на операцию, мин
6	L	Расчетный размер длины рабочего хода с учетом величины врезания и перебега
7	t	Глубина резания
8	i	Число рабочих ходов
9	s	Подача
10	n	Частота вращения шпинделя
11	v	Скорость резания
12	–	Номер операции
13	СОЖ	Информация по применяемой смазочно-охлаждающей жидкости

Запись технологических переходов

В содержание перехода (операции) должно быть включено: ключевое слово, характеризующее метод обработки, выраженное глаголом в неопределенной форме (например, точить, сверлить, фрезеровать и т.п.); наименование обрабатываемой поверхности конструктивных элементов или предметов производства (например, цилиндр, галтель, заготовка и т.п.); дополнительная информация, характеризующая количество одновременно или последовательно обрабатываемых поверхностей, характер обработки (например, предварительно, одновременно, по копиру и т.п.).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Форма 3
Дубл.										
Взам.										
Подл.										
Разраб.	Карпихина									
Провер.	Плеханов									
Принял										
Утв.	Сидоренко									
Н. контр.	Большаков									
Наименование операций	Сев.-Кав. ГТУ									7
4268 Горизонтально-фрезерная										
Оборудование, устройство ЧПУ	Материал	Твердость	EB	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД			
Горизонтально-фрезерный 6Р82	Ст 3кп ГОСТ 380-71	131НВ	166	0,054	50х30х5	0,064	5			
	Обозначение программы	То	Тв	Тпз	Тшт	СОЖ				
		0.27	0.8	7.5	1.15	Сульфидфрезерл				
Р	ПИ	Д или В	L	t	i	s	n	v		
001	А. Набрать пакет из пяти заготовок;									
02										
003	Б. Установить, выверить и закрепить заготовки;									
Т04	Тиски 7200-0223 ГОСТ 14904-80;									
05										
006	1. Фрезеровать 2 фаски 5х45° на длине 20 мм. (высота пакета);									
Т07	Оправка 6225-0143 ГОСТ 15067-75; втулка цеховая, (2) фреза одноугловая ТУ2-035-526-76, шаблон;									
Р08		30	43	3,5	1	160	160	30		
09										
010	В. Снять заготовки.									
11										
12										
13										
OK										

Рисунок 3 - Пример заполнения операционной карты

Порядок формирования полной записи содержания перехода (операции) можно условно выразить в виде следующего кода:

Таблица 2 – Ключевые слова технологических переходов

Условный код	Ключевое слово
1	2
01	Вальцевать
02	Врезаться
03	Галтовать
04	Гравировать
05	Довести
06	Долбить
07	Закруглить
08	Заточить
09	Затыловать

1	2
10	Зенкеровать, зенковать
11	Навить
12	Накатать
13	Нарезать
14	Обкатать
15	Опилить
16	Отрезать
17	Подрезать
18	Полировать
19	Притирать
20	Приработать
21	Протянуть
22	Развернуть
23	* Развальцевать
24	* Раскатать
25	Рассверлить
26	Расточить
27	Сверлить
28	Строгать
29	Суперфинишировать
30	Точить
31	Хонинговать
32	Шевинговать
33	Шлифовать
34	Цековать
35	Центровать
36	Фрезеровать

80	Выверить
81	Закрепить
82	Настроить
83	Переустановить
84	Переустановить и закрепить
85	Переустановить, выверить и закрепить
86	Переместить
87	Поджать
88	Проверить
89	Смазать
90	Снять
91	Установить
92	Установить и выверить
93	Установить и закрепить
94	Установить, выверить и закрепить

Таблица 3 – Дополнительная информация и ее коды

Часть	Условный код	Наименование дополнительной информации	
		Полное	Сокращенное
1	2	3	4
1	01	п – количество последовательно обрабатываемых поверхностей	
	02	п – количество одновременно обрабатываемых поверхностей	
2	01	Внутренняя	Внутр.
	02	Глухое	Глух.
	03	Кольцевая	Кольц.
	04	Коническая	Конич.
	05	Криволинейная	Криволин.
	06	Наружная	Нар.
	11	Сквозное	Сквозн.
	12	Спиральная	Спир.
	15	Ступенчатая	Ступ.
	16	Уплотнительная	Уплотн.
	20	Фасонная	Фасон.
	25	Шлицевая	Шлиц.
	26	Шпоночный	Шпон.
	27	Т-образный	—
	28	«Ласточкин хвост»	—

3	01	Окончательно	Оконч.
	02	Одновременно	Одноврем.
	03	По копиру	По копир.
	04	По программе	По прогр.
	05	Последовательно	Посл.
	06	Предварительно	Предв.
	07	С подрезкой торца	С подрез. торц.
	08	С подрезкой торцев	С подрез. торцев
	09	Согласно чертежу	Согл. черт
	10	Согласно эскизу	Согл. эск.

Таблица 4 – Наименование предметов производства, обрабатываемых поверхностей конструктивных элементов. Коды

Условный код	Наименование		Условный код ключевого слова
	полное	сокращенное	
1	2	3	4
001	Буртик	Бурт.	01, 05, 14, 15, 17-21, 23, 24, 30, 33, 36
002	Буртики	—	
003	Выточка	Выт-ка	30
004	Выточки	—	
005	Галтель	Галт.	05, 07, 15, 18-20, 26, 30, 33
006	Галтели	—	
007	Деталь	Дет.	01, 03-10, 14-36, 80-94
008	Детали	—	
009	Заготовка	Загот.	02, 15-17, 28, 30, 36, 80, 81, 83-94
010	Зуб	—	06, 07, 09, 13-15, 18-21, 28, 32, 33, 36
011	Зубья	—	
012	Канавка	Канав.	06, 15, 18-21, 28, 30, 31, 33, 36
013	Канавки		
014	Контур	К-р	04-06, 15, 18-21, 28, 33, 36
015	Конус	Кон.	04, 05, 10, 14-16, 18-20, 22, 24, 26, 30, 33
016	Лыска	—	05, 15, 18-21, 28, 33, 36
017	Лыски	—	
018	Отверстие	Отв.	05, 06, 10, 18-22, 24-27, 29, 30, 31, 33-36
019	Отверстия	—	
020	Паз	—	05, 06, 15, 18-21, 28, 33, 36
021	Пазы	—	
022	Поверхность	Поверхн.	01, 02, 04-10, 14, 15, 18-26, 28, 30-36
023	Поверхности	—	
024	Пружина	Пруж.	11
025	Пружины	—	

026	Резьба	—	12, 13, 18, 30, 33, 36
027	Рифление	Рифл.	12, 13, 30, 33, 36
028	Ступень	Ступ.	15, 18-20, 30, 33, 36
029	Сфера	—	05, 14, 15, 18-20, 30, 33
030	Торец	—	04, 05, 17-19, 33, 36
031	Торцы	—	
032	Фаска	—	05, 15, 18, 19, 26, 28, 30, 33, 36
033	Фаски	—	
034	Червяк	Черв.	13, 33
035	Цилиндр	Цил.	05, 18-21, 29-31, 33

При записи содержания перехода допускается три формы записи: полная запись перехода без эскиза, полная запись перехода с эскизом, сокращенная запись перехода с эскизом.

При отсутствии графических изображений в технологической документации, т.е. КЭ следует применять полную текстовую запись перехода по схеме, указанной на рисунке 4. В этом случае перечисляют все выдерживаемые размеры и технические требования, выполняемые в описываемом переходе. Например, «Точить поверхность $\varnothing 25_{-0,13}^{+0,13}$ мм, $R_a=2,5$ мкм, выдерживая размер $42\pm 0,31$ мм». Т.е. Информация в технологическом переходе должна быть согласована с требованиями, указанными на рабочем чертеже детали. При выполнении промежуточных переходов (предварительных, черновых, получистовых) следует указывать исполнительные размеры с допусками и техническими требованиями, установленными технологом. Например: «Точить поверхность $\varnothing 26_{-0,52}^{+0,52}$ мм, $R_a = 10$ мкм, выдерживая размер $40\pm 0,31$ мм (размеры технологические)». Т.е. Размеры и технические требования, которые не содержатся в рабочем чертеже детали, а определены технологом, отмечают в тексте.

Полную запись перехода (операции) без эскиза следует применять при маршрутном описании технологического процесса или при описании простых операций.

В записи операции или перехода не рекомендуется указывать шероховатость обрабатываемых поверхностей. Разработчиком документов такая информация используется при маршрутном описании из конструкторского до-

кумента, а при операционном описании указывается на КЭ или ОК, имеющей зону для графической иллюстрации. Обязательно в тексте указывать информацию о шероховатости поверхности, если она относится к предварительно обрабатываемым поверхностям и не может быть указана на КЭ или ОК.

При текстовой записи рекомендуется применять допускаемые сокращения слов и словосочетаний в соответствии с рекомендуемыми таблицами и приложениями. Дополнительная информация при записи операций и переходов выбирается разработчиком документов по рекомендуемой таблице 8. Дополнительная информация применяется только при необходимости указания количества последовательно или одновременно обрабатываемых поверхностей или конструктивных элементов.

Например, «Точить две канавки, согласно эскизу». Дополнительная информация применяется при уточнении названия обрабатываемой поверхности или конструктивного элемента, выбранных по рекомендуемой таблице 9. Например, «Фрезеровать криволинейную поверхность 1».

Дополнительная информация применяется в следующих случаях: «Согласно чертежу» или «Согласно эскизу» – при неполном изложении информации в текстовой записи.

Ссылка на указанные документы должна расширять требования по выполнению операции или перехода с указанием в них дополнительных требований, размеров, особых указаний и т.п. Например, «Протянуть поверхность 1, согласно эскизу»; «Предварительно» или «Окончательно» – при предварительной или окончательной обработке поверхности или конструктивных элементов. Допускается для действий исполнителя, связанных с окончательной обработкой изделия и получением соответствующих размеров согласно документам, термин «Окончательно» не указывать. Например, «Точить поверхности 1, 2, 3 и 4 предварительно»;

«Точить поверхности 1, 2, 3 и 4»; «Последовательно» или «Одновременно» – при последовательной или одновременной обработке поверхностей или конструктивных элементов; «По копиру»; «С подрезкой торца»; «С подрезкой торцев»; «По разметке» – при маршрутном изложении технологических операций.

Информацию, не вошедшую в таблицы и приложения, допускается устанавливать в отраслевых стандартах.

Вторую и третью форму записи переходов следует выполнять при наличии графических изображений, которые достаточно полно отражают всю необходимую информацию по обработке резанием. Эти формы следует применять при маршрутно-операционном (для сложных операций) и операционном описании технологических процессов.

При описании переходов (операций) с эскизами в технологической документации следует использовать карты эскизов по ГОСТ 3.1105-84 (например: формы 7 и 7а) или операционные карты по ГОСТ 3.1404-86 форма 2 (см. рисунок 5).

Для полной записи перехода (операции) на эскизе обрабатываемые поверхности выделяют утолщенной линией и каждому параметру присваивают порядковый номер. При сокращенной записи перехода (операции) на эскизе несколько поверхностей объединяют в конструктивный элемент, которому присваивается порядковый номер. При полной и сокращенной записи перехода порядковые номера обводят окружностью диаметром 6...8 мм.

Установление полной или сокращенной записи перехода (операции) для каждого случая определяется разработчиком технологического процесса.

При выполнении курсовых и дипломных проектов следует применять полную форму записи переходов (операций) с оформлением эскиза.

Запись вспомогательных переходов

Запись вспомогательных переходов следует выполнять в соответствии с указанными выше правилами для технологических переходов.

Выбор соответствующих ключевых слов следует производить по обязательной таблице 1 (начиная с условного кода 80). Запись вспомогательных переходов допускается не выполнять:

при маршрутном описании технологических операций;

при операционном описании и применении карты эскизов (КЭ) или соответствующих операционных карт (ОК), имеющих место для графического изображения обрабатываемой заготовки с указанием условных обозначений применяемых баз и опор.

При соблюдении указанных требований разработчик обязан заполнить соответствующие графы в документах, предусматривающих запись вспомогательного времени.

Примечание. Требования данного пункта не распространяются на запись вспомогательных переходов, предусматривающих переустановку заготовок (деталей) при отсутствии соответствующих графических изображений и условных обозначений применяемых баз и опор. В данном случае следует выполнять соответствующую запись.

Например, «Переустановить и закрепить деталь».

Установление полной или сокращенной записи перехода для каждого случая определяется разработчиком документов.

Перечень вспомогательных переходов (выборочно):

Установить заготовку в патроне

- без выверки;
- с выверкой на биение мелом;
- с выверкой на биение индикатором;
- с центром задней бабки при подводе пиноли вращением маховичка;
- с центром задней бабки при подводе пиноли рукояткой;
- с разрезной втулкой;
- с разъемным вкладышем;
- на столе станка вертикальная ось;

Снять заготовку.

Установить заготовку (пруток) в патроне

- по упору;
- по линейке;

Снять заготовку.

Установить (штучную) заготовку в цанговом патроне

- с креплением рукояткой рычага;
- с креплением маховичком через шпиндель;

Снять заготовку.

Установить заготовку (пруток) в цанговом патроне

- с креплением рукояткой рычага;

-с креплением ключом;

Снять заготовку.

Установить заготовку в центрах

Установить (штучную) заготовку в цанговом патроне

-с креплением рукояткой рычага;

-с креплением маховичком через шпиндель;

Снять заготовку.

Установить заготовку (пруток) в цанговом патроне

-с креплением рукояткой рычага;

-с креплением ключом;

Снять заготовку.

Установить заготовку в центрах

-с надеванием хомутика и подводом пиноли маховичком;

-с надеванием хомутика и подводом пиноли рукояткой;

-без надевания хомутика и подводом пиноли маховичком;

-без надевания хомутика и подводом пиноли рукояткой;

Снять заготовку.

Установить (штучную) заготовку в цанговом патроне

-с креплением рукояткой рычага;

-с креплением маховичком через шпиндель;

Снять заготовку.

Установить заготовку (пруток) в цанговом патроне

-с креплением рукояткой рычага;

-с креплением ключом;

Снять заготовку.

Установить заготовку в центрах

-с надеванием хомутика и подводом пиноли маховичком;

-с надеванием хомутика и подводом пиноли рукояткой;

-без надевания хомутика и подводом пиноли маховичком;

-без надевания хомутика и подводом пиноли рукояткой;

Снять заготовку.

Установить заготовку на центральной оправке

- без крепления;
- с креплением гайкой и шайбой при подводе пиноли маховичком;
- с креплением гайкой и шайбой при подводе пиноли рукояткой;
- разжимной;

Снять заготовку.

Установить заготовку на концевой оправке

- без крепления;
- с креплением гайкой и быстросъемной шайбой;
- с креплением гайкой и простой шайбой;
- с креплением гайкой и быстросъемной шайбой с поджатием центров;
- с креплением гайкой и простой шайбой с поджатием центров;
- разжимной оправке с креплением гайкой;
- разжимной оправке с креплением через шпиндель;
- разжимной оправке с креплением ключом;
- резьбовой оправке без контргайки;
- резьбовой оправке с контргайкой;

Снять заготовку

- с винтовым зажимом устан. поверхность обработанная или прокат;
- с винтовым зажимом устан. поверхность отливка необработанная;
- с эксцентриковым зажимом;

Снять заготовку.

Установить заготовку на столе

- с креплением болтом с планкой;
- с креплением двумя болтами и планками на необработанную поверхность. Выверка без разметки;

- с креплением двумя болтами и планками на обработанную поверхность.

Выверка по разметке;

- с креплением двумя болтами и планками на необработанную поверхность.

Выверка без разметки;

- с креплением двумя болтами и планками на обработанную поверхность.

Выверка по разметке;

-с креплением двумя болтами и планками с выверкой;

Снять заготовку.

Установить заготовку на магнитном столе

-без крепления планками;

-с креплением планками;

Снять заготовку.

Установить заготовку в специальном приспособлении

-на плоскость или призму;

-на палец или в отверстие;

-на два пальца;

Снять заготовку.

Как видно из перечня установочных переходов, текст состоит из основной и дополнительной информации. Дополнительную информацию в переходе можно не указывать, но ее необходимо учитывать при определении нормы вспомогательного времени при нормировании операции.

Допускается в тексте указывать информацию о шероховатости поверхности, если она относится к предварительно обрабатываемым поверхностям и не может быть указана на КЭ или ОК.

При текстовой записи рекомендуется применять допускаемые сокращения слов и словосочетаний в соответствии с рекомендуемыми таблицами и приложениями.

Дополнительная информация применяется только при необходимости указания количества последовательно или одновременно обрабатываемых поверхностей или конструктивных элементов.

Например, «Точить две канавки, согласно эскизу».

Дополнительная информация применяется при уточнении названия обрабатываемой поверхности или конструктивного элемента.

Например, «Фрезеровать криволинейную поверхность 1».

Дополнительная информация применяется в следующих случаях: «Согласно чертежу» или «Согласно эскизу» – при неполном изложении информации в текстовой записи.

Ссылка на указанные документы должна расширять требования по вы-

полнению операции или перехода с указанием в них дополнительных требований, размеров, особых указаний и т.п.

Например, «Протянуть поверхность 1, согласно эскизу»; «Предварительно» или «Окончательно» – при предварительной или окончательной обработке поверхности или конструктивных элементов.

Допускается для действий исполнителя, связанных с окончательной обработкой изделия и получением соответствующих размеров согласно документам, термин «Окончательно» не указывать.

Например, «Точить поверхности 1, 2, 3 и 4 предварительно»;

«Точить поверхности 1, 2, 3 и 4»; «Последовательно» или «Одновременно» – при последовательной или одновременной обработке поверхностей или конструктивных элементов; «По копиру»; «С подрезкой торца»; «С подрезкой торцев»; «По разметке» – при маршрутном изложении технологических операций.

Информацию, не вошедшую в таблицы и приложения, допускается устанавливать в отраслевых стандартах.

Оформление эскизов

Для разработки графических иллюстраций, таблиц к текстовым документам, операционных карт применяют карты эскизов (КЭ) по ГОСТ 3.1105-84. Для формата А4 с горизонтальным расположением поля подшивки применяются формы 7 и 7а (эскизы на операцию могут оформляться на ОК по форме 2 ГОСТ 3.1404-86).

Оформление КЭ не зависит от применяемых методов проектирования. Требования к оформлению КЭ по ГОСТ 3.1104-81. При разработке КЭ графу 9 (см. таблицу 1) не заполняют. При проектировании КЭ к нескольким операциям номера операций проставляются под основной надписью, а при нескольких эскизах – над каждым эскизом.

Эскизы следует выполнять с соблюдением масштаба или без соблюдения масштаба, но с соблюдением пропорций. При разработке технологической операции сначала разрабатывается и полностью оформляется эскиз на КЭ, затем заполняется текстовая ОК. Требования к оформлению графических документов регламентируются ГОСТ 3.1104-81 (см. пункт 1.2).

На каждом эскизе необходимо показать:

1 Заготовку в рабочем положении на операции. Её контур изображают в таком виде, в каком она получается в конце данной операции или установа. Если операция выполняется за несколько установов, то на каждый установ оформляют отдельный эскиз. Каждому эскизу присваивают номер операции и через черточку – номер вспомогательного перехода на перезакрепление заготовки. Например, 20-А, 20-Б, и т.д.

2 Поверхности, обрабатываемые на данной операции, выделяются утолщенными черными линиями. При выполнении КЭ и ОК в курсовом и дипломном проектах обрабатываемые поверхности выделять красным цветом.

3 Условное обозначение опор, зажимов, установочных устройств выполняется согласно ГОСТ 3.1107-81.

4 Размеры, получаемые на данной операции с указанием допусков и шероховатости поверхности. На эскизе проставляются только те размеры, которые обеспечиваются на данной операции. При простановке размеров следует соблюдать принцип единства баз (технологическая база должна быть совмещена с измерительной).

5 Допускается указывать габаритные размеры заготовки в качестве справочных данных.

6 Допуски на погрешности формы, взаимного расположения поверхностей, если их необходимо выдержать на данной операции.

7 Режущий инструмент показывают по мере необходимости, предпочтительно в конце рабочего хода (или отведенным от заготовки).

Последовательность простановки номеров в кружочках рекомендуется вести по ходу часовой стрелки. Нумерация относится только к конкретной операции (установу).

На последующих операциях нумерацию опять начинают с цифры 1. При этом одна и та же поверхность на разных операциях (установках) может иметь различный номер. Пример КЭ представлен на рисунке 6.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучить теоретическую часть работы, законспектировать. Ответить на контрольные вопросы.
2. Заполнение граф и строчек операционной карты.
3. Запыление граф и строчек маршрутной карты.
4. Оформление операционных эскизов.
5. Запись технологических переходов.
6. Запись вспомогательных переходов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Некрасов, С.С. Практикум и курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения. – М.: Мир, 2004. – 240 с.
2. Можин, Н.А. Оформление технологической документации и технологических наладок /Н.А. Можин, Д.А. Бекташов. – Иваново: ИГТА, 2011. – 64с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 20

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МАРШРУТНО-ОПЕРАЦИОННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Цель работы: Изучить правила оформления технологической документации при проектировании маршрутно-операционного технологического процесса.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: общие требования к технологическим документам, обозначение технологических документов, правила оформления маршрутных карт

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: Оформлять технологическую документацию.

Актуальность темы. Все решения, принятые в процессе технологической подготовки производства изделия должны быть документально оформлены. К технологическим документам (ТД) относят текстовые и графические документы отдельно или в совокупности определяющие ТП изготовления или ремонта изделия с учетом контроля и перемещения, комплектацию деталей и сборочных единиц и маршрут прохождения изготавливаемого или ремонтируемого изделия по службам предприятия. Создаваемая технологическая документация выполняет две основные функции – организационную и информационную.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Разработка технологического процесса механической обработки детали заканчивается составлением и оформлением комплекта документов технологического процесса.

Состав и формы карт, входящих в комплект документов, зависят от вида технологического процесса. Согласно ГОСТ 3.1109-82 различают единичный, типовой и групповой технологические процессы.

Единичный технологический процесс (ЕТП) - это процесс изготовления или ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения, независимо от типа производства.

Типовой технологический процесс (ТТП) - это процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

Групповой технологический процесс (ГТП) - это процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

По степени детализации информации каждый из указанных видов технологических процессов предусматривает различное изложение содержания операции и комплектность документов. Согласно ГОСТ 3.1109-82 различают маршрутное, операционное и маршрутно-операционное описания технологического процесса.

Маршрутное описание технологического процесса подразумевает сокращенное описание всех технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов.

Операционное описание технологического процесса подразумевает полное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов.

Маршрутно-операционное описание подразумевает сокращенное описание технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения с полным описанием отдельных операций в других технологических документах.

Маршрутное описание технологического процесса применяется в мелко-серийном и единичном типах производства. Операционное описание характерно для крупносерийного и массового производства.

При выполнении курсового и дипломного проектирования рекомендуется операционная или маршрутно-операционная степень детализации описания технологического процесса.

1 Общие требования к технологическим документам

Формы технологических документов, применяемые для разработки технологических документов в организациях и на предприятиях, должны соответствовать требованиям стандартов системы технологической документации ЕСТД.

Общие требования к формам, бланкам и документам регламентированы ГОСТ 3.1104-81.

В разрабатываемых документах информацию следует записывать следующими способами: машинописным или с применением других печатающих устройств - шаг письма 2,54 или 2,6 мм; рукописным - высота букв и цифр по ГОСТ 2.304-81; типографским - в соответствии с требованиями, предъявляемыми к типографским изданиям; вычерчиванием от руки; вычерчиванием на графопостроителях.

При разработке форм следует: выбирать оптимальный состав информации, необходимой для изготовления изделия высокого качества; учитывать применение двухсторонней записи информации; учитывать возможность применения средств оргтехники для построения и заполнения производственных документов учитывать удобство восприятия и обработки содержащейся информации.

Расстояние между строками должно соответствовать межстрочному интервалу 4,25 или 4,23 мм применяемых пишущих машинок и печатающих устройств.

Ширина поля подшивки должна быть не менее 20 мм. Текстовые и графические технологические документы в зависимости от вида должны разрабатываться на соответствующих бланках.

Термины, определения и условные обозначения, наименования, сокращения слов и словосочетаний, применяемые в документах, должны соответствовать требованиям государственных стандартов и руководящих нормативных документов Госстандарта и записываться в бланках без разъяснений.

Условные обозначения и термины, применяемые в документах, не предусмотренные государственными стандартами, необходимо применять с обязательной ссылкой на отраслевые стандарты или стандарты предприятия. При ссылках на отраслевые стандарты или стандарты предприятия копии этих стандартов должны быть приложены к комплекту технологических документов при передаче его другим предприятиям отрасли или предприятиям другой отрасли.

Обозначение технологических документов

Условное обозначение вида документа по ГОСТ 3.1102-81 «Стадии разработки и виды документов» проставляется в блоке 24 (см. рисунок 1) по ГОСТ 3.1103-82, расположенном в нижней части формы. Оно записывается заглавными буквами русского алфавита. Примеры условных обозначений документов выборочно сведены в таблицу 1, так же в таблицу А1.

Допускается вводить через дробь в условные обозначения дополнительные признаки, раскрывающие специальное назначение документа, в виде букв русского алфавита, например, для ведомости применяемости (ВП), предназначенной для указания данных о технологической оснастке - ВП/О.

Правила оформления маршрутных карт

Маршрутная карта является основным и обязательным документом любого технологического процесса. Формы и правила оформления маршрутных карт, применяемых при отработке технологических процессов изготовления или ремонта изделий в основном и вспомогательном производствах, регламентированы согласно ГОСТ 3.1118-82.

Таблица 1 - Обозначение технологических документов (выборочно)

Вид документа	Условное обозначение документа
1	2
Документы общего назначения	
Титульный лист	ТЛ
Карта эскизов	КЭ
Технологическая инструкция	ТИ
Документы специального назначения	
Маршрутная карта	МК
Карта технологического процесса	КТП
Карта типового (группового) технологического процесса	КТТП
Операционная карта	ОК
Карта типовой (групповой) операции	КТО
Комплектовочная карта	КК
Карта наладки	КН
Ведомость оснастки	ВО
Ведомость оборудования	ВОБ
Ведомость материалов	ВМ
Ведомость деталей (сборочных единиц) к типовому (групповому) технологическому процессу (операции)	ВТП (ВТО)
Ведомость дефектации	ВД
Ведомость технологических документов	ВТД

Для изложения технологических процессов в МК используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ (см. таблицу 3). Служебные символы условно выражают состав информации, разме-

щаемой в графах данного типа строки формы документа, и предназначены для обработки содержащейся информации средствами механизации и автоматизации. Простановка служебных символов является обязательной и не зависит от применяемого метода проектирования документов. В качестве служебных символов приняты буквы русского алфавита, проставляемые перед номером соответствующей строки и выполняемые прописной буквой, например, М01, А12 и т. д. Указание соответствующих служебных символов для типов строк в зависимости от размещаемого состава информации в графах МК следует выполнять в соответствии с таблицей 4.

При заполнении информации на строках, имеющих служебные символы А, Б, В, Г, Д, Е, К, Л, М, Н следует руководствоваться правилами заполнения соответствующих граф, расположенных на этих строках. При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ О, следует руководствоваться требованиями государственных стандартов ЕСТД седьмой классификационной группы, устанавливающих правила записи операций и переходов.

Запись информации следует выполнять в технологической последовательности по всей длине строки с возможностью, при необходимости, переноса информации на последующие строки. При операционном описании технологического процесса на МК номер перехода следует проставлять в начале строки. При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ Т, следует руководствоваться требованиями соответствующих классификаторов, государственных и отраслевых стандартов на кодирование и наименование технологической оснастки. Информацию по применяемой на операции технологической оснастке записывают в следующей последовательности:

- приспособления;
- вспомогательный инструмент;
- режущий инструмент;
- слесарно-монтажный инструмент;

специальный инструмент, применяемый при выполнении специфических технологических процессов (операций), например, при сварке, штамповке и т. п.; средства измерения.

Запись выполняется по всей длине строки с возможностью переноса информации на последующие строки. Разделение информации по каждому средству технологической оснастки выполняется знаком «;». Количество одновременно применяемых единиц технологической оснастки следует указывать после кода (обозначения) оснастки, заключая в скобки, например,

АБВГ ХХХХХХ.ХХХ (2) фреза дисковая.

Последовательность заполнения информации для каждой операции по типам строк приведена в таблице 3.

В случае отсутствия информации с каким-либо служебным символом, записывается информация со следующим служебным символом по порядку. Для единичных технологических процессов, выполняемых с применением различных методов обработки, при маршрутно-операционном описании по форме 1 по ГОСТ 3.1118-82 заполнение строк со служебными символами производится в порядке: М01, М02, А, Б, О, Т.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучить теоретическую часть работы, законспектировать. Ответить на контрольные вопросы.

1. Для разработанного технологического процесса выбрать форму карты;
2. Заполнить все графы маршрутной карты.
3. Единая система технологической документации.
4. Виды и комплектность технологических документов.
5. Карта технологического процесса. Формы и правила оформления КТП.
6. Возможность Автоматизации и компьютеризации ТП изготовления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Некрасов, С.С. Практикум и курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения. – М.: Мир, 2004. – 240 с.
2. Можин, Н.А. Оформление технологической документации и технологических наладок /Н.А. Можин, Д.А. Бекташов. – Иваново: ИГТА, 2011. – 64с.

Таблица 3 - Сведения, вносимые в графы с соответствующим служебным символом

Обозначения служебного символа	Содержание информации, вносимой в графы, расположенные на строке (для форм с горизонтальным расположением поля подшивки)
1	2
А	Номер цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция, номер операции, код и наименование операции, обозначение документов, применяемых при выполнении операции.
Б	Код, наименование оборудования и информация по трудозатратам.
К	Информация по комплектации изделия (сборочной единицы) составными частями с указанием наименования деталей, сборочных единиц, их обозначений, обозначения подразделений, откуда поступают комплектующие составные части, кода единицы величины, единицы нормирования, количества на изделие и нормы расхода.
М	Информация о применяемом основном материале и исходной заготовке, о вспомогательных и комплектующих материалах, кода единицы величины, единицы нормирования, количества на изделие и нормы расхода.
О	Содержание операции (перехода).
Т	Информация о применяемой при выполнении операции технологической оснастке.
Р	Информация о режимах обработки. с

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 21

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВИНТА

Цель работы: Изучить технологический маршрут изготовления винта

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
служебное назначение, технические требования, технологический маршрут изготовления ходовых винтов.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
составлять маршрут обработки ходового винта.

Актуальность темы. Ходовые винты в металлорежущих станках предназначены для преобразования вращательного движения в поступательное прямолинейное перемещение при помощи связанной с ним гайки различных деталей и узлов станка с требуемой точностью. Ходовой винт включается в размерную цепь технологической системы, определяющей точность перемещения суппорта, а, следовательно, точность обработки. Поэтому важно научиться разрабатывать технологический процесс изготовления ходовых винтов.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Профиль резьбы ходовых винтов может быть трапецеидальный, треугольный, прямоугольный. Наибольшее распространение получила трапецеидальная резьба, т.к. технология ее изготовления проще и обеспечивается возможность регулирования осевых зазоров. При прямоугольной резьбе погрешности перемещения, обусловленные радиальным биением ходового винта, будут меньше, чем у трапецеидальной резьбы и поэтому она применяется в точных передачах.

Резьбы нормальной и пониженной точности изготавливают с нормальным и крупным шагом, резьбы высокоточных станков – с мелким шагом для снижения деформации, а тем самым погрешности перемещения.

Исходя из служебного назначения, различают 5 классов точности ходовых винтов: 0, 1, 2, 3, 4. Винты нулевого и первого класса применяют в резьбошлифовальных, высокоточных токарно-винторезных, координатно-расточных, координатно-шлифовальных станках. Резьбы второго класса точности – в токарно-винторезных станках повышенной точности, токарно-затыловочных и других станках. Резьбы третьего класса – в токарно-винторезных, зубофрезерных и других станках. Резьбы четвертого класса – в консольно-фрезерных и других станках.

Основные технические требования на изготовление ходовых винтов определяются классом точности.

Например, основными техническими требованиями при изготовлении ходовых винтов нормальной точности (3 класса точности) являются:

1. Допускаемая ошибка шага не более $\pm 0,012$ мм.
2. Наибольшая накопленная ошибка шага не более 0,03 мм на длине 300 мм и не более 0,08 мм на всей длине резьбы.
3. Допускаемая овальность сечения, соответствующая среднему диаметру резьбы при длине винта 1 - 2 м не более 0,15 мм, при длине 2 - 4 м не более 0,2 мм.
4. Отклонение половины угла профиля резьбы при шаге 6 – 10 мм не более 25', при шаге 3 – 5 мм не более 30'.
5. Радиальное биение наружной поверхности резьбы относительно оси вала не более 0,2 мм.
6. Шероховатость рабочих поверхностей резьбы $Ra = 1,6 - 0,63$ мкм.

К материалам ходовых винтов предъявляются повышенные требования по однородности и стабильности структуры, высокой износостойкости, хорошей обрабатываемости.

Нетермообрабатываемые винты станков нормальной точности (3 класс) изготавливают из среднеуглеродистой стали А40Г с добавлением серы для улучшения обрабатываемости и снижения шероховатости и стали 45 с добавлением свинца для улучшения обрабатываемости.

Термообрабатываемые ходовые винты высокоточных станков изготавливают из инструментальных сталей У10А и У12А, характеризующихся небольшими деформациями после термообработки. Упрочняемые азотированием ходовые винты изготавливают из легированных сталей, например 18ХГТ и др.

Гайки ходовых винтов изготавливают из бронзы.

Заготовки получают резкой горячекатанного или калиброванного проката. Биение заготовок ходовых винтов не должно превышать 0,5 мм.

Технологический маршрут изготовления ходовых винтов

За технологические базы на большинстве операций обработки винтов принимают поверхности центровых отверстий.

Для снижения деформаций ходовых винтов длиной больше 1 метра от сил резания и собственного веса предусматривается дополнительная двойная упорная технологическая база под люнет, получаемая обтачиванием с последующим шлифованием.

Технологический маршрут изготовления ходовых винтов третьего класса точности станков типа 16К20 из калиброванного проката включает в себя следующие основные этапы:

1. Подрезание торцов, снятие фасок и зацентровка (обычно за два установа).
2. Протачивание малой шейки и прорезка канавки для выхода шлифовального круга.
3. Протачивание шейки для захода резьбы.
4. Предварительное шлифование большой опорной шейки.
5. Черновое нарезание резьбы.
6. Полуистовое нарезание резьбы.

7. Окончательное шлифование большой опорной шейки.
8. Контроль прямолинейности винта и при необходимости его правка.
Допускаемое биение 0,05 мм.
9. Окончательное нарезание резьбы.
10. Окончательное шлифование малой опорной шейки.

В технологическом маршруте может предусматриваться многократная правка винта для обеспечения требуемой прямолинейности.

Токарная обработка наружных поверхностей ходового винта аналогична обработке валов.

Нарезание резьбы на ходовых винтах может производиться резьбофрезерованием, вихревым нарезанием, нарезанием резцами, иногда резьбошлифованием.

Резьбофрезерование применяют для нарезания винтов 3 - 4 классов точности или для предварительного нарезания высокоточных винтов.

Вихревое нарезание предусматривается на специальных или модернизированных токарных, резьбофрезерных станках с помощью вращающихся резцовых головок с 2, 4 и 6 резцами, профиль которых соответствует профилю нарезаемой резьбы.

Производительность вихревого нарезания выше резьбофрезерования, при этом получается меньшая шероховатость, снижается деформация резьбовой части винта. Нарезание резьбы производится за один рабочий ход.

Наибольшее распространение получило нарезание резьбы резцами вследствие универсальности метода. Резцами можно нарезать резьбы 2, 3 и 4 классов точности.

Отделочная обработка резьбы производится на токарно-винторезных станках повышенной точности твердосплавными резцами (Т15К6) и тщательно доведенными режущими кромками.

При изготовлении ходовых винтов могут применяться операции термической обработки для снятия остаточных напряжений и стабилизации размеров детали.

Так как термические операции вызывают деформации винтов, то в технологический процесс включают операции контроля и проверки правильности центровых отверстий с выполнением при необходимости их перецентровки путем шлифования центровых отверстий на центрошлифовальных станках или их притиркой чугунными притирами на токарных станках.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Винт - краткая характеристика детали.
2. Режимы резания и нормирование технологического процесса
3. Влияние условий и режима обработки на шероховатость поверхности.
4. Обоснование лучшего варианта заготовки для детали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилевский В. В. Технология машиностроения. – 5-е изд. перераб. и доп. Учебник для техникумов. – М.: Высшая школа, 1984. – 416 с.: ил.
2. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения». И. С. Добрынцев. М., «Машиностроение». 1985 г. – 184 с.
3. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред: Учебное пособие для вузов. М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
4. Справочник технолога–машиностроителя. В двух томах. Том 2. Под ред. А.Г. Косиловой. М.: «Машиностроение» 1985 г. –496 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 22

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШАТУНА

Цель работы: Изучить технологический процесс изготовления шатуна.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: служебное назначение, технические требования и заготовки шатунов; технологический маршрут изготовления шатунов;

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: разрабатывать технологический процесс изготовления шатуна.

Актуальность темы: Шатуны являются звеньями шатунно-кривошипных механизмов поршневых двигателей внутреннего сгорания (служат для передачи силы от поршня и преобразования его возвратно-поступательного движения во вращательное движение коленчатого вала) и компрессоров (вращательное движение вала преобразуется в возвратно-поступательное движение поршня, осуществляющего сжатие воздуха для подачи его под давлением). При работе шатуны подвержены действию значительных знакопеременных нагрузок и сил инерции. Для этого шатун должен обладать достаточной прочностью и жесткостью при наименьшей возможной массе. Вопрос изучения технологии изготовления шатунов является актуальным.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Служебное назначение, технические требования и заготовки шатунов

Шатуны являются передаточными звеньями кривошипно-шатунных механизмов различных машин, главным образом поршневых двигателей внутреннего сгорания и компрессоров.

Шатуны двигателя служат для преобразования возвратно-поступательного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала.

Конструкция шатунов характеризуется наличием большой (кривошипно-шатунной) и малой (поршневой) головок, соединенных стержнем. Кривошипная или шатунная головка обычно имеет плоскость разъема для облегчения монтажа шатуна на коленвал. Крышка шатуна соединяется с самим шатуном с помощью болтов или шпилек.

Шатуны изготавливают цельными или с отдельными крышками. Стержень шатуна обычно имеет двутавровое сечение.

Основные технические требования на изготовление шатунов определяются соответствующими ГОСТами на автомобильные, тракторные и стационарные двигатели.

Таковыми требованиями могут быть:

1. Точность отверстия поршневой головки и во втулке поршневой головки по 6 – 7 качеству, $R_a = 0,63 \div 0,10$ мкм, отклонение от цилиндричности отверстия во втулке не более 0,0025 мм.

2. Точность отверстия в кривошипной головке по 6 качеству и выше, $R_a = 0,63 \div 0,10$ мкм, отклонение от цилиндричности 0,003 ÷ 0,005 мм.

3. Отклонение от параллельности оси отверстия поршневой втулки относительно отверстия в кривошипной головке не более 0,02 ÷ 0,04 мм на длине 100 мм.

4. Отклонение от перпендикулярности торцов кривошипной головки относительно оси отверстия не более 0,1 ÷ 0,05 мм на длине 100 мм.

5. Отклонение межосевого расстояния отверстий в поршневой и кривошипной головках в пределах $\pm 0,03 \div 0,01$ мм.

6. Отверстия под шатунные болты изготавливают по 6 – 8 качествам.

И другие технические требования.

В поршневую головку обычно запрессовывается бронзовая или биметаллическая втулка. Заготовки шатунов изготавливают из конструкционных легированных сталей. В ряде случаев применяют высокопрочные чугуны.

Заготовки в крупносерийном и массовом производстве получают молотах и прессах, а также поперечно-винтовой прокаткой. В ряде случаев заготовки шатунов подвергают калибровке и чеканке, что обеспечивает повышение их точности и снижению последующего объема механической обработки.

Технологический маршрут изготовления шатунов

На построение маршрута обработки шатунов оказывает влияние конструкция шатуна и требования по точности изготовления.

В качестве примера рассмотрим маршрут обработки цельноштампованного шатуна после чеканки:

1. Шлифование плоских поверхностей шатунной и поршневой головок с двух сторон последовательно.
2. Протягивание боковых установочных плоскостей и площадок под головки болтов и гаек.
3. Растачивание отверстия кривошипной головки и черновое растачивание отверстия в поршневой головке.
4. Отрезание крышки от шатуна.
5. Раздельное сверление и развертывание отверстий под болты в шатуне и в крышке, фрезерование паза под замок вкладыша.
6. Шлифование плоскости разъема у шатуна и крышки.
7. Окончательное развертывание отверстий под болты совместно в шатуне и крышке и сборка шатуна с крышкой.
8. Окончательное шлифование плоских поверхностей шатунной и поршневой головок с двух сторон.

9. Окончательная обработка отверстия под втулку поршневой головки, получистовое растачивание отверстий в кривошипной головке, запрессовка и уплотнение поршневой втулки.

10. Подгонка шатунов по весу.

11. Хонингование отверстий в кривошипной головке.

12. Мойка и сушка.

13. Контроль.

Маршрут обработки отдельно штампованных шатуна и крышки включает следующие основные операции:

1. Шлифование торцевых поверхностей шатунных и поршневых головок с двух сторон последовательно.

2. Шлифование торцевых поверхностей крышки с двух сторон последовательно.

3. Протягивание боковых установочных площадок у шатуна и крышки, а также площадок под головки болтов и гаек.

4. Протягивание в кривошипной головке и в крышке плоскостей разъема и полуокружности под вкладыш.

5. Предварительная обработка отверстий под болты шатуна и крышки отдельно, отверстия в поршневой головке и фрезерование паза под замок вкладыша.

6. Шлифование плоскости разъема у шатуна и крышки.

7. Окончательное развертывание отверстий под болты совместно в шатуне и крышке, сборка шатуна с крышкой.

8. Окончательное шлифование торцевых поверхностей кривошипной и поршневой головок с двух сторон одновременно.

9. Окончательная обработка отверстия в поршневой головке под втулку, получистовое растачивание отверстий в кривошипной головке, запрессовка и уплотнение поршневой втулки.

10. Тонкое растачивание отверстия в кривошипной головке и поршневой втулке.

11. Подгонка шатунов по весу.

12. Хонингование отверстия в кривошипной головке.

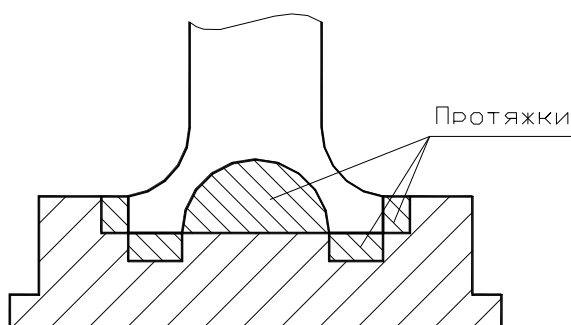
13. Мойка и сушка.

14. Контроль.

Обработка плоских поверхностей шатунов в зависимости от точности изготовления заготовок может производиться шлифованием, протягиванием, фрезерованием. Более экономичным методом обработки является протягивание на одно- и многопозиционных протяжных станках.

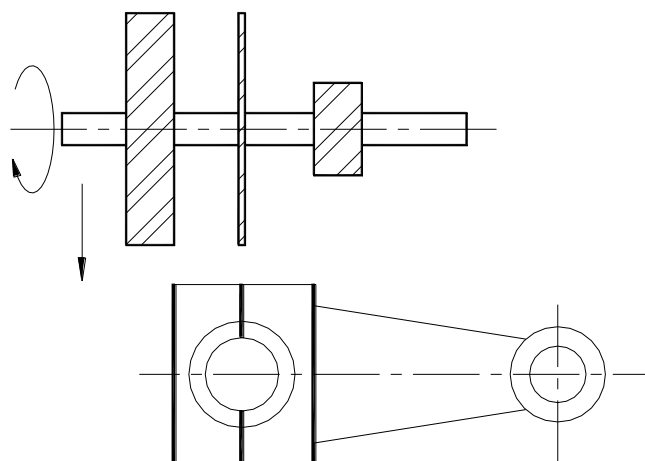
Фрезерование головки производится на многошпиндельных продольно-фрезерных и карусельных станках. Заготовки, получаемые методом чеканки, обрабатываются на многошпиндельных шлифовальных станках карусельного типа. После сборки шатуна с крышкой торцы головок окончательно шлифуются на двухсторонних плоскошлифовальных станках. Отклонение от параллельности торцов после шлифования находится в пределах $0,06 \div 0,1$ мм.

При протягивании боковых и других поверхностей шатуна стремятся



максимально протянуть наибольшее количество поверхностей шатуна.

Боковые поверхности могут фрезероваться на продольно-фрезерных станках двухстороннего типа. Отрезка крышки от шатуна и фрезерование боковых поверхностей может производиться на горизонтально-фрезерных или продольно-фрезерных станках дисковыми фрезами.



Плоскости разъема шатуна и крышки шлифуют на плоскошлифовальных станках карусельного типа. Отверстие под поршневой палец обрабатывают за три операции: сверление, зенкерование и развертывание (или протягивание или тонкое растачивание). Обработка производится на специальных вертикально-сверлильных станках, в случае прошитого отверстия в поршневой головке производится зенкерование и развертывание или протягивание и тонкое растачивание. Тонкое растачивание осуществляется на алмазно-расточных станках. После запрессовки втулки в поршневую головку производится тонкое растачивание и последующее раскатывание для уменьшения шероховатости и упрочнения поверхностного слоя. Полуотверстия в шатуне и крышке предварительно обрабатывают протягиванием, а окончательно в сборе за три операции: предварительное растачивание, окончательное растачивание, хонингование. Отверстия под болты в шатуне и крышке предварительно обрабатывают отдельно сверлением, и окончательно в сборе зенкерованием и развертыванием или протягиванием. Отверстия под маслопроводный канал для подачи смазки к поршневому пальцу сверлят на специальных четырех- и шестишпиндельных вертикально-сверлильных станках. Обработка паза под замок вкладыша производится на горизонтально-фрезерных или агрегатных станках.

Подгонка шатунов по весу

Для обеспечения требуемой уравнишенности двигателя необходимо, чтобы массы кривошипной и поршневой головок были равны. Для выполнения данного условия применяются специальные станки, оснащенные весами и фрезерными головками. После взвешивания головок излишняя масса устраняется фрезерованием весовых бобышек, расположенных на головках шатуна. Допустимые отклонения по весу не более $5 \div 10$ г.

В условиях крупносерийного производства подгонка шатунов по весу производится на специальных автоматических линиях.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

По индивидуальному заданию (рабочий чертёж детали) и годовой программы выпуска необходимо:

- 1 Спроектировать маршрут обработки детали;
- 2 Для каждой операции указать схему базирования и закрепления заготовки;
- 3 Выбрать оборудование;
- 4 Выбрать технологическое оснащение для одной из операций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилевский В. В. Технология машиностроения. – 5-е изд. перераб. и доп. Учебник для техникумов. – М.: Высшая школа, 1984. – 416 с.: ил.
2. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения». И. С. Добрынцев. М., «Машиностроение». 1985 г. – 184 с.
3. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред: Учебное пособие для вузов. М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
4. Справочник технолога–машиностроителя. В двух томах. Том 2. Под ред. А.Г. Косиловой. М.: «Машиностроение» 1985 г. –496 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 23

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСА

Цель работы: Научиться разрабатывать технологический процесс изготовления корпусных деталей.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: служебное назначение, технические требования и заготовки корпусных деталей.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: проектировать технологический процесс изготовления корпусных деталей.

Актуальность темы. Корпусные детали в значительной степени определяют работоспособность машин по критериям виброустойчивости, точности работы под нагрузкой, долговечности (при наличии направляющих или других изнашиваемых поверхностей). В стационарных машинах они составляют до 70...85 % массы машин. Корпусные детали в большинстве случаев являются базовыми и служат для размещения на них или в них деталей и сборочных единиц, соединяемых между собой с требуемой точностью. Поэтому задача изучения технологии их изготовления является актуальной.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

*Служебное назначение, технические требования и заготовки
корпусных деталей*

По конструкции корпусные детали могут быть неразъемными и разъемными по осям отверстий, иметь внутренние перегородки и отверстия, сложную пространственную форму.

В зависимости от служебного назначения к ним могут предъявляться следующие технические требования:

1. Прямолинейность и параллельность плоских базовых поверхностей в пределах 0,01 – 0,07 мм на длине 200 мм или 0,05 – 0,1 мм на всей длине.

2. Отклонение от параллельности или перпендикулярности одной плоскости относительно другой в пределах 0,015 – 0,1 мм на длине 200 мм.

3. Точность диаметральных размеров основных отверстий по 6 – 11 квалитетам.

4. Шероховатость $Ra = 1,25 - 0,16$ мкм.

5. Отклонение от параллельности и перпендикулярности осей основных отверстий к плоским поверхностям в пределах 0,0015 – 0,01 мм на длине 200 мм.

6. Шероховатость плоских поверхностей $Ra = 2,5 - 6,3$ мкм.

И другие требования.

К техническим требованиям ответственных корпусов предъявляются более жесткие условия.

Заготовки корпусных деталей изготавливают литыми или сварными.

Литые заготовки получают из СЧ15, СЧ18, СЧ21, применяют модифицированные чугуны (СЧ32, СЧ35). В случае ударных нагрузок применяют ковкие чугуны (КЧ40, КЧ45). Литые заготовки изготавливают из стали марки 35Л, 30Х, применяют другие легированные стали.

Корпуса могут изготавливать также из бронзы, латуни, алюминия. В условиях мелкосерийного производства и при ударных нагрузках заготовки изготавливают сварными из стали ст3, ст5 и др.

Выбор методов получения заготовок корпусных деталей производится с учетом последующей механической обработки.

Технологический процесс изготовления корпусных деталей

Несмотря на многообразие конструктивных форм корпусных деталей, различные технические требования, их механическая обработка имеет много

общего в части выбора технологических баз, последовательности обработки поверхностей, формирования операций.

Типовой маршрут обработки корпусных деталей включает в себя следующие основные этапы:

1. Черновая и чистовая обработка плоскостей или плоскости и двух отверстий, которые принимаются в качестве технических баз на последующих операциях.
2. Обработка остальных наружных поверхностей.
3. Черновая и чистовая обработка основных отверстий.
4. Обработка крепежных и других мелких отверстий.
5. Отделочная обработка основных отверстий и плоскостей.

Такое общее построение маршрута обработки может изменяться в зависимости от конкретных условий. Так, например, при обработке корпусов, имеющих плоскость разъема, обработка осуществляется в следующей последовательности:

1. Обработка плоскости разъема корпуса.
2. Обработка базовой плоскости корпуса.
3. Обработка плоскости разъема крышки.
4. Сверление и нарезание резьбы в отверстиях плоскости разъема корпуса и крышки.
5. Соединение корпуса и крышки.
6. Совместная обработка отверстий и т.д.

При выборе технологических баз руководствуются общими положениями по выбору баз, принимая в качестве технологической базы основные базы. Наиболее часто базирование производится по трем координатным плоскостям или по плоскости и двум отверстиям.

Перед механической обработкой в единичном и мелкосерийном производстве могут производить разметку корпусных деталей вручную (с помо-

щью универсального инструмента) или на координатно-измерительных машинах.

В крупносерийном и массовом производстве заготовки устанавливаются в заранее настраиваемое приспособление без выверки.

Обработка наружных поверхностей корпусных деталей может производиться строганием, фрезерованием, шлифованием, протягиванием, в условиях единичного и мелкосерийного производства – шабрением.

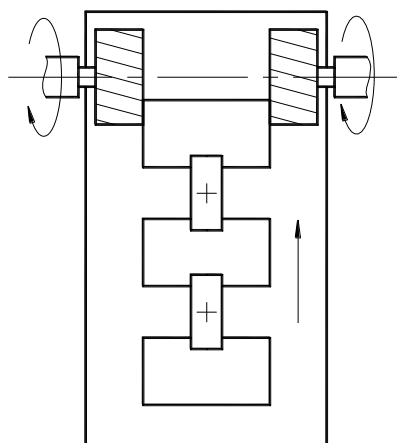
В условиях единичного и мелкосерийного производства широко применяется строгание вследствие достаточно простого инструмента и наладки. Струганием возможно производить обработку сложного профиля универсальным инструментом, малочувствительным к дефектам поверхностного слоя. Но недостатком данного метода является наличие холостых ходов и низкие скорости резания. Повышение производительности достигается за счет обработки групп заготовок, устанавливаемых на столе станка в один или два ряда. Применение многосуппортных станков также обеспечивает повышение производительности (многолезвийное строгание).

Фрезерование получило широкое распространение при обработке плоскостей корпусных деталей. Обработка может производиться на консольно-фрезерном, продольно-фрезерном, карусельно-фрезерном, барабанно-фрезерном, агрегатно-фрезерном станках и на многооперационных станках с ЧПУ.

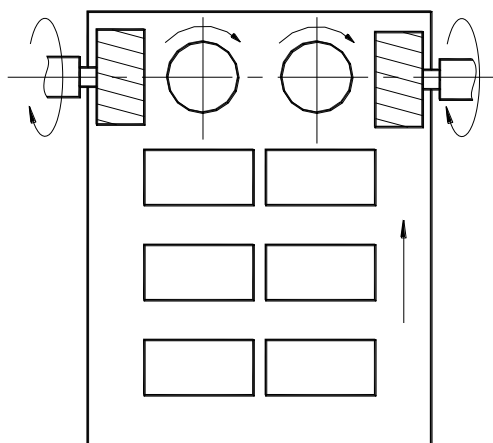
Обработка небольших корпусных деталей производится на консольно-фрезерных станках с поворотным столом. Применение поворотных приспособлений позволяет совместить машинное время со вспомогательным временем.

Обработка на продольно-фрезерных станках, оснащенных несколькими суппортами, обеспечивает высокую производительность при достаточной точности. Применяют различные методы обработки на таких станках.

1 Обработка при установке заготовок в один ряд.



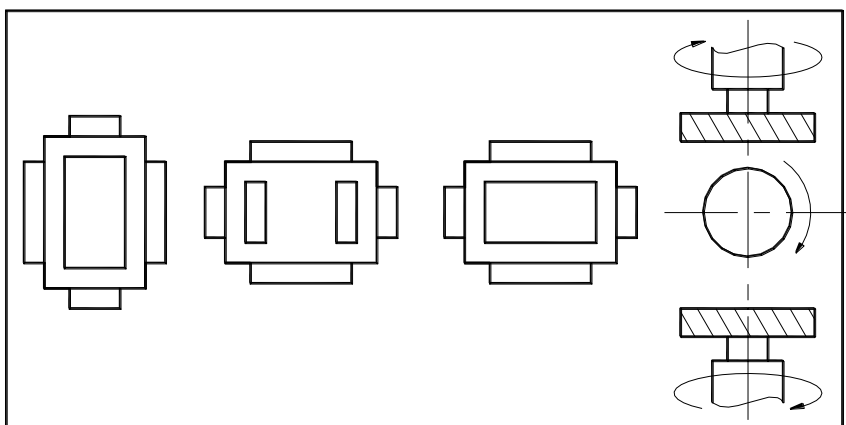
1 метод.



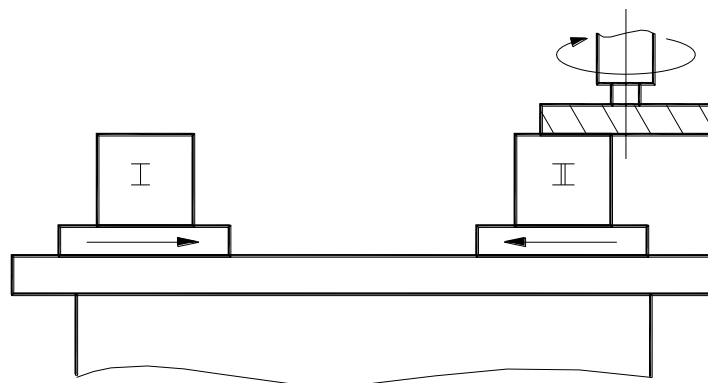
2 метод.

2 Обработка при установке заготовок в два ряда

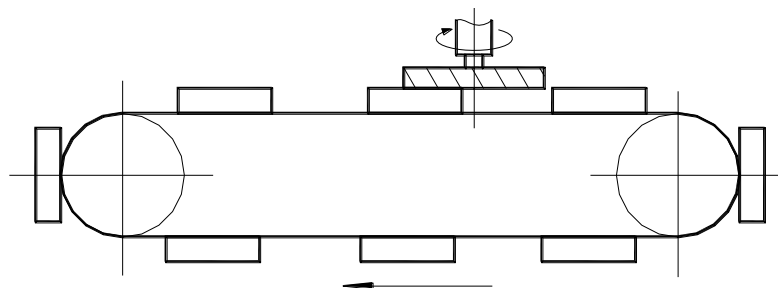
3 Обработка с переключением заготовки.



При данном способе заготовка последовательно переключается в каждой позиции с целью обработки всех поверхностей. По окончании рабочего хода со стола снимается готовая деталь. Данный метод удобно применять для черновой и чистовой обработки, для групповой обработки, для обработки разъемных корпусов, когда за рабочий ход может быть обработан комплект разъемных корпусных деталей.



4 Обработка по методу маятниковой подачи.

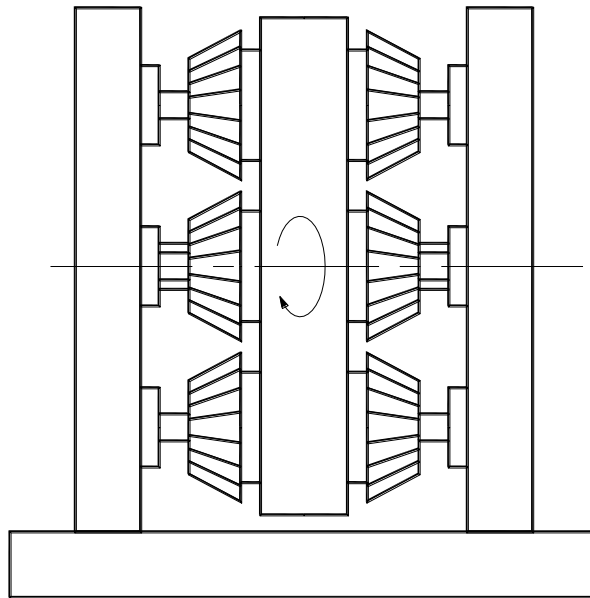


5 Обработка на горизонтально-фрезерных станках с использованием приспособлений конвейерного типа.

В крупносерийном и массовом производстве для обработки корпусных деталей небольших размеров широко применяются карусельно-фрезерные и барабанно-фрезерные станки. На двух- или трехшпиндельных карусельно-фрезерных станках производится параллельно-последовательная черновая и чистовая обработка плоскостей корпусных деталей. Станки данного типа обладают большой жесткостью и обеспечивают высокую производительность и точность. При обработке на данных станках смена заготовок (установка) производится во время фрезерования и при этом вспомогательное время полностью перекрывается машинным. На карусельно-фрезерных станках можно производить обработку заготовок в приспособлениях с переключением.

Одновременная параллельная обработка плоскостей с двух сторон производится на барабанно-фрезерных станках при их непрерывном вращении. Заготовки в приспособлениях устанавливаются на гранях барабанов, произ-

водится параллельно-последовательная черновая и чистовая обработка и за один оборот барабана снимается готовая деталь и устанавливается новая заготовка.



Барабан может иметь 4, 6, 8 граней, диаметр барабана от 500 до 2000 мм. Шпиндели станка размещаются в стойках и обработка производится торцевыми фрезами. Конструкция станка характеризуется высокой жесткостью, обеспечивая требуемую точность и производительность. Точность обработки на карусельно-фрезерных и барабанно-фрезерных станках по 11 – 13 квалитетам, с шероховатостью поверхности $Ra = 6,3 - 2,5$ мкм.

На токарно-карусельных станках производят обработку корпусных деталей сложной пространственной формы (корпуса центробежных насосов, электродвигателей и др.).

Для черновой и чистовой обработки в массовом производстве применяется протягивание. Обеспечивая высокую точность и производительность, протягивание является экономичным методом, несмотря на высокую стоимость оборудования и инструмента. Точность обработки по 7 – 8 квалитету, шероховатость $Ra = 3,2 - 0,4$ мкм.

Обработка плоскостей может производиться шлифованием, тонким фрезерованием.

При шлифовании на станках карусельного и продольного типа обеспечивается точность по 4 – 6 квалитетам и шероховатость $Ra = 1,6 - 0,4 (0,2)$ мкм. Шлифование имеет преимущества перед лезвийным инструментом при обработке по корке литых заготовок, может применяться без предварительной обработки, при обработке прерывистых поверхностей, когда происходит скол кромок режущего инструмента. При обработке чугуновых деталей на выходе лезвийного инструмента происходит скол, при шлифовании такое явление отсутствует.

В ряде случаев шлифование заменяется тонким фрезерованием инструментом, оснащенным СТМ (сверхтвёрдым материалом). Обработка тонким фрезерованием может производиться на шлифовальных, фрезерных и расточных станках. При использовании фрез с СТМ на расточных станках обеспечивается возможность одновременной чистовой обработки плоскостей и отверстий в корпусе, что обеспечивает повышение производительности и точности взаимного расположения поверхностей.

Обработка основных отверстий корпусных деталей производится на сверлильных, расточных, координатно-расточных станках, на многооперационных с ЧПУ. Выбор метода обработки отверстий зависит от конфигурации и размеров заготовки, количества отверстий, их размеров и взаимного расположения, требований к точности изготовления отверстий.

При этом одновременно решается задача о разделении обработки на черновые и чистовые операции или переходы, так как такое разделение увеличивает трудоемкость обработки, то в каждом конкретном случае ищется наиболее оптимальный вариант. Например, при наличии у заготовки нескольких точных отверстий большого и малого диаметров черновая обработка производится только для отверстий большого диаметра. Отверстия меньшего диаметра обрабатывают окончательно при чистовой обработке больших

отверстий. При обработке отверстий в труднодоступных местах не производится разделение на черновую и чистовую обработку. То же самое не производится при обработке мелких отверстий, располагаемых на одной оси.

При обработке отверстий в сплошном металле производится его сверление, при диаметре отверстия 30 мм и более сверление производится за 2 – 3 перехода, обеспечивая 11 – 12 квалитет.

Литые отверстия в заготовке обрабатываются черновым зенкерованием, чистовое зенкерование применяется после сверления или рассверливания. Зенкерование является окончательным методом обработки при получении 9 – 11 квалитета.

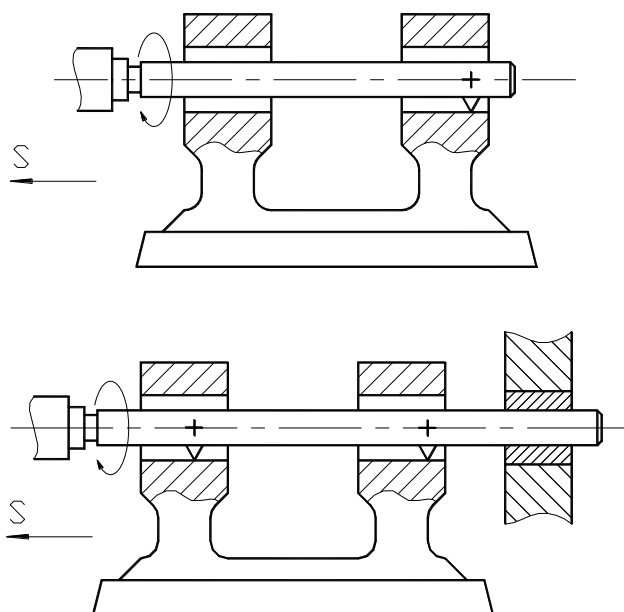
Наиболее широкое применение при обработке отверстий имеет растачивание резцами и резцовыми головками. При растачивании резцами обеспечивается прямолинейность оси отверстия. Растачивание характеризуется достаточно простым инструментом и наладкой. Применение многорезцовых расточных головок (4 – 8 резцов в головке) обеспечивает наивысшую производительность обработки.

Обработка отверстий развертыванием обеспечивает получение высокой точности размера и формы по 6 – 7 квалитету и шероховатости $Ra = 1,25 - 0,63$ мкм.

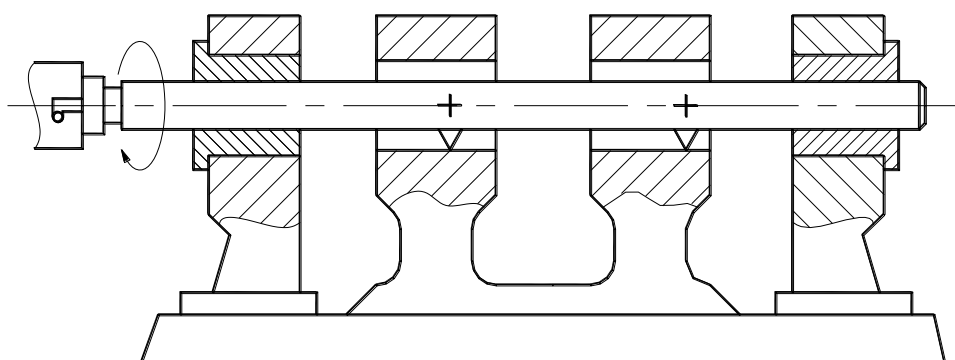
Растачивание отверстий на горизонтально-расточных станках может производиться по различным схемам:

1. Растачивание консольными оправками.
2. Растачивание борштангами с передним и задним направлением или с одним задним направлением борштанги.

3. Растачивание в кондукторах при шарнирном соединении расточ-



ной оправки со шпинделем станка.



Растачивание может производиться с подачей столом или шпинделем

При отсутствии шарнирного соединения оправки со шпинделем может произойти ее заклинивание.

При подаче шпинделем по мере увеличения вылета оправки с инструментом возникает погрешность формы (конусность) и размера. При подаче столом точность зависит от прямолинейности движения стола по направляющим станины. При шарнирном соединении оправки со шпинделем возникающие погрешности не зависят от станка, а определяются точностью

направляющих или кондукторных втулок и самого кондуктора.

Растачивание консольными оправками получило широкое распространение вследствие достаточной простоты наладки инструмента и измерения или контроля обрабатываемых поверхностей. Короткие и жесткие оправки на станках с точным позиционированием столов (ЧПУ) получили широкое распространение при обработке отверстий.

Недостатком обработки борштангами является сложность установки, настройки и снятия борштанги, сложность контроля за точностью обработки, низкая производительность вследствие недостаточной жесткости борштанги. Однако, в ряде случаев успешно применяются жесткие борштанги-развертки, выполненные как одно целое.

В серийном производстве при обработке небольших корпусных деталей с группой отверстий обработка их производится по кондуктору. При этом кондуктор может иметь передние или задние направления инструмента или передние и задние направления, или двойное переднее направление. В последнем случае оправка шарнирно соединяется со шпинделем станка, что практически исключает влияние геометрических погрешностей станка на точность обработки, которая в этом случае зависит от точности самого кондуктора, оправки и зазора между ними.

Точность межосевых расстояний при обработке отверстий достигается путем разметки, обработкой по кондуктору, координатным растачиванием, по накладным шаблонам и др. методами. Обработка по разметке производится в единичном и мелкосерийном производстве при обеспечении точности в пределах 0,5 мм (как предварительная обработка). Наиболее распространенным методом является координатное растачивание за одну установку заготовки при перемещении ее вместе со столом или при перемещении инструмента с точностью 0,005 – 0,03 мм.

Растачивание в кондукторах по накладным шаблонам обеспечивает точность в пределах 0,02 – 0,03 мм.

В крупносерийном и массовом производстве обработка может выполняться на агрегатных станках, позволяющих выполнять различные операции и переходы: сверление, зенкерование, развертывание, нарезание резьбы, подрезка торца, снятие фаски и др. На них может выполняться одновременно черновая, получистовая и чистовая обработка.

Обработка отверстий может производиться на многооперационных станках с ЧПУ.

Обработка крепежных и других мелких отверстий производится на сверлильных, радиально-сверлильных, агрегатных, горизонтально-расточных станках в зависимости от объема выпуска.

В единичном и мелкосерийном производстве заготовки массой до 30 кг обрабатывают на вертикально-сверлильных, а с большей массой – на радиально-сверлильных и горизонтально-расточных станках.

Применение радиально-сверлильных станков обеспечивает повышение производительности и снижение затрат времени по сравнению с работой на горизонтально-расточных станках, при этом стоимость радиально-сверлильного станка меньше стоимости горизонтально-расточного. Однако, недостатком радиально-сверлильного станка является невозможность обработки деталей крупных размеров и обеспечение высокой точности обработки. Мелкие крепежные отверстия сверлятся при сборке.

Отделочными методами обработки отверстий деталей являются тонкое или алмазное растачивание, шлифование, поверхностно-пластическое деформирование, хонингование, в единичном и мелкосерийном производстве – притирка.

Тонкое растачивание является высокопроизводительным и высокоточным методом обработки отверстий. Обработка производится на горизонтальных и вертикальных станках с обеспечением точности по 6 – 7 качеству с шероховатостью $Ra = 1,25 - 0,30$ мкм.

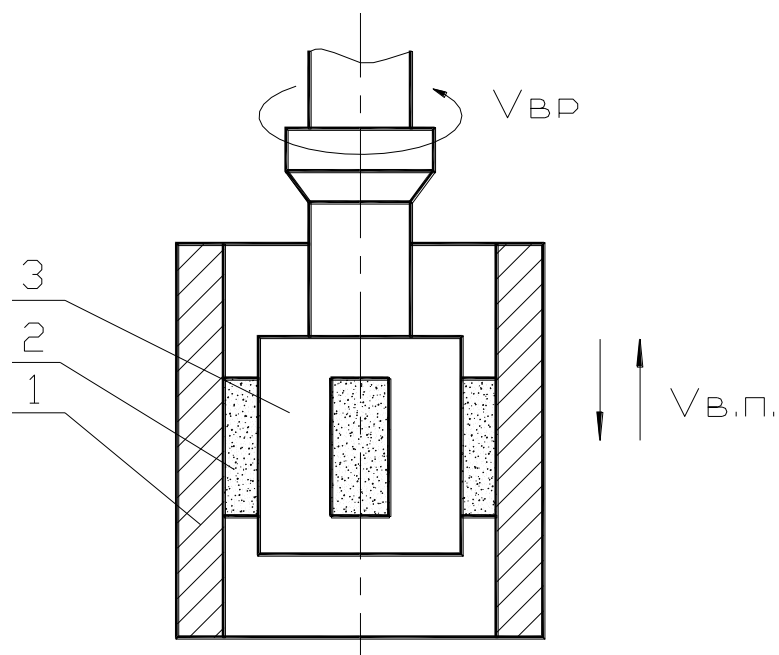
Шлифование отверстий корпусных деталей производится с продольной или поперечной подачей в зависимости от размеров отверстия с обеспечением точности по 6 качеству и шероховатостью $Ra = 0,32 - 0,16$ мкм.

Обработка отверстий в крупных корпусных деталях выполняется с планетарным вращением шпинделя с продольной или поперечной подачей.

Для окончательной обработки отверстий широко применяется поверхностно-пластическое деформирование путем обкатывания или раскатывания шариками или роликами. При этом обеспечивается 6 – 9 качество и шероховатость в пределах $Ra = 0,08 - 0,04$ мкм. Алмазное выглаживание упрочняет обрабатываемую поверхность и повышает ее износостойкость.

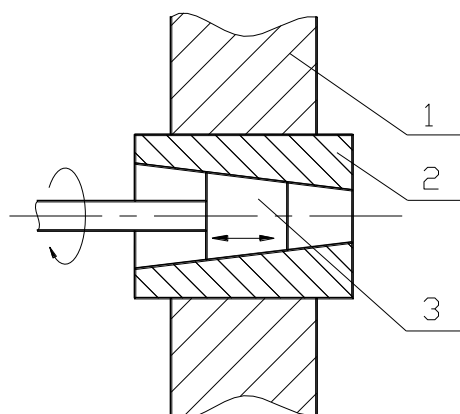
В качестве отделочного метода обработки отверстий, особенно в условиях крупносерийного и массового производства, широко применяется хонингование, выполняемое на специальных одношпиндельных и многошпиндельных станках. Хонингование производится с помощью хонинговальных брусков, устанавливаемых в хонинговальной головке, число которых кратно 3 (3, 6, 9, 12). Головка совершает вращательное и возвратно-поступательное движение, она шарнирно соединена со шпинделем станка и самоустанавливается по отверстию. Поэтому предварительная обработка отверстия должна обеспечивать требуемую прямолинейность оси отверстия.

Брусок представляет собой металлическую, керамическую или другую связку, поверхностный слой которой насыщен абразивными или алмазными зернами. Производительность алмазных брусков в 20 раз выше по сравнению с абразивными. Точность обработки по 6 качеству, шероховатость $Ra = 0,16 - 0,08$ мкм. Метод является высокопроизводительным и в ряде случаев заменяет шлифование. Схема хонингования приведена на рисунке.



1 – деталь. 2 – бруски. 3 – корпус головки.

В условиях единичного и мелкосерийного производства в качестве отделочной обработки может применяться притирка с использованием абразивных и алмазных паст, которые наносятся на чугунный или медный притир (цельный или разрезной). Обработка производится на токарных,



1 – деталь; 2 – притир; 3 – конусная оправка.

сверлильных и других станках. Разжим разрезного притира осуществляется путём перемещения на конусной оправке с помощью гайки или других средств.

Метод обеспечивает получение шероховатости $Ra = 0,32 - 0,08$ мкм.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

По индивидуальному заданию (рабочий чертёж детали) и годовой программы выпуска необходимо:

1. Спроектировать маршрут обработки детали.
2. Для каждой операции указать схему базирования и закрепления заготовки.
3. Выбрать оборудование.
4. Выбрать технологическое оснащение для одной из операций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилевский В. В. Технология машиностроения. – 5-е изд. перераб. и доп. Учебник для техникумов. – М.: Высшая школа, 1984. – 416 с.: ил.
2. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения». И. С. Добрынцев. М., «Машиностроение». 1985 г. – 184 с.
3. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред: Учебное пособие для вузов. М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
4. Справочник технолога–машиностроителя. В двух томах. Том 2. Под ред. А.Г. Косиловой. М.: «Машиностроение» 1985 г. – 496 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 24

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

Цель работы: изучить технологический процесс изготовления коленчатого вала.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: служебное назначение, технические требования и заготовки коленчатых валов, технологический маршрут механической обработки коленчатых валов, балансировка коленчатых валов.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: разрабатывать технологический процесс изготовления коленчатого вала.

Актуальность темы. Среди всех элементов конструкции, например, двигателя внутреннего сгорания именно коленчатый вал считается наиболее важным и дорогостоящим. И это неудивительно, ведь довольно трудно найти более ответственный элемент, чем коленчатый вал. Именно данный элемент ответственен за процесс преобразования в крутящий момент возвратно-поступательного движения поршней.

Восприятие переменных нагрузок, возникающих в результате действия сил давления газа, вращающихся и движущихся масс и их сил инерции – одна из важнейших задач, которая решается исключительно благодаря данному элементу конструкции. Коленчатый вал является цельным элементом конструкции. Методыковки стали либо литья чугуна – вот главные способы изготовления этой детали. Стоит отметить, что турбированные, а также дизельные силовые установки оснащаются коленчатыми валами из наиболее прочных видов стали, и они являются более надежными. Актуален вопрос изучения технологии изготовления коленчатых валов.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Служебное назначение, технические требования и заготовки коленчатых валов

По своему служебному назначению коленчатые валы предназначены для преобразования возвратно-поступательного движения во вращательное.

Коленчатый вал является одной из ответственных деталей различных двигателей. По конструкции валы являются относительно нежесткими деталями, работающими в условиях переменных нагрузок.

Коленчатые валы обычно изготавливают многоопорными, где количество опор определяется числом цилиндров двигателя и соответственно длиной вала. Коленчатые валы автомобильных и тракторных двигателей имеют 2 - 8 опорных коренных шеек и до 8 -12 шатунных шеек.

Коленчатые валы изготавливают с противовесами или без них. Кривошипы коленчатых валов располагаются под углом 180° или 120° и реже 90° . Задний конец вала выполняется с фланцем или без него.

- Размеры коленчатых валов автомобильных двигателей:
- Длина $500 \div 1200$ мм.
- Диаметр коренных шеек $50 \div 95$ мм.
- Диаметр шатунных шеек $45 \div 90$ мм.
- Диаметр фланца 120 мм.

В зависимости от назначения двигателя предусматриваются следующие технические требования на изготовление коленчатых валов:

1. Точность диаметральных размеров коренных и шатунных шеек 5÷7 квалитет, шероховатость $Ra = 0,32 \div 0,16$;
2. Овальность, конусность и вогнутость $0,005 \div 0,01$ мм;
3. Допуск параллельности осей шатунных шеек и крайних коренных шеек $\leq 0,01 \div 0,03$ мм на всей длине вала.

И другие требования, определяемые ГОСТ.

Технологический маршрут механической обработки коленчатых валов.

Маршрут обработки зависит от конфигурации и размеров валов и программы выпуска.

Высокие требования к точности обработки и сложность конструктивных форм валов вызывают особое требование к выбору баз, последовательности закрепления и обработки, выбору оборудования.

На большинстве операций в качестве технологических баз используются поверхности центровых отверстий или поверхности опорных шеек. При использовании в качестве технологических баз поверхностей центровых отверстий в качестве дополнительных баз используют наружные поверхности предварительно обработанных шеек вала.

При обработке шатунных шеек, которые должны иметь требуемую угловую координацию в качестве опорной технологической базы используются специальные фрезеруемые площадки на щеках.

Типовой технологический маршрут обработки коленчатого вала осуществляется в следующей последовательности:

1. Обработка технологических баз (торцов, центральных отверстий, платиков).
2. Обработка коренных и шатунных шеек, щек и галтелей.
3. Обработка масляных каналов.
4. Обработка отверстий во фланце и на конце вала.
5. Отделочная обработка поверхностей вала.
6. Балансировка вала.

В зависимости от программы выпуска торцевые центовые отверстия обрабатываются на фрезерно-центровальном станке за одну операцию или же на фрезерных и центровальных станках за две операции.

Технологическими базами являются наружные цилиндрические поверхности крайних опорных шеек (коренных) и один из торцов коренной шейки, расположенной обычно посередине.

Технологические опорные базы в виде фрезерованных площадок на щеках обрабатывают или после предварительной обработки коренных шеек, или до их обработки. В крупносерийном и массовом производстве все операции по подготовке технологических баз для последующей обработки вала могут выполняться на специальных многошпиндельных станках и автоматических линиях.

Токарная обработка коленчатого вала обычно начинается с обработки средней коренной шейки и с плоскостей прилегающей к ней щёк на станках с двухсторонним приводом.

Обработка производится с переднего и заднего суппорта методом врезаания. Точность обработки по 10÷12 качеству, шероховатость $Ra = 40 \div 20$ мкм.

Далее производится шлифование средней шейки под люнет для создания промежуточной базы. Используя среднюю шейку как дополнительную базу, обтачивают коренные шейки, фланец и ступенчатый хвостовик.

Обработка всех этих поверхностей производится на токарных многорезцовых полуавтоматах с центральным приводом. Вал устанавливается в центрах, а средняя коренная шейка в люнет. Вал приводится во вращение за две средние щеки, на которых профрезерованы уступы под привод. Обтачивание производится с переднего и заднего суппортов. Точность обработки по 8÷9 качеству.

Для обтачивания шатунных шеек подготавливают точные основные базы, для этого коренные шейки предварительно шлифуют на круглошлифовальных полуавтоматах, где они шлифуются одновременно все или несколько из них.

Шатунные шейки обтачивают попарно, т.е. по две шейки, лежащие на одной оси вращения или все одновременно. Для одновременного обтачивания всех шеек применяются специальные станки, где число суппортов равно числу обрабатываемых шеек. Могут применяться двухшпиндельные станки для одновременной обработки шатунных шеек и их щёк. На таких станках одновременно обрабатывают два вала с последовательным или параллельным совмещением переходов.

Обработка коренных и шатунных шеек и плоскостей прилегающих щёк может производиться круговым фрезерованием на специальных круглофрезерных станках. Применение данного прогрессивного метода по сравнению с обтачиванием резцом позволяет повысить производительность и уменьшить остаточные напряжения. При этом методе обработка производится многорезцовыми фрезерными головками, оснащёнными твердосплавными пластинками с механическим креплением. Количество шеек, обрабатываемых за один оборот детали, соответствует количеству фрезерных головок.

По сравнению с точением фрезерование характеризуется сравнительно невысокой нагрузкой на коленчатый вал во время обработки.

Круглое фрезерование обеспечивает высокую производительность, возможность обработки с большими припусками, высокую точность и незначительные деформации вала после черновой обработки, незначительный припуск под последующее шлифование, исключение предварительного шлифования, точную ширину шейки и расстояние между шейками. Благодаря высокой точности данный метод позволяет обеспечить минимальные припуски под последующую обработку. Смена и проверка пластинок фрезерной головки осуществляется вне станка, что обеспечивает сокращение времени на техническое обслуживание и обеспечивает стабильное качество.

Наряду с круглофрезерными станками с внешним расположением инструмента применяется обработка фрезами с внутренним расположением

зубьев. В этом случае обеспечивается большая жёсткость фрезерной головки, что позволяет повысить режимы резания в два раза.

В настоящее время выпускаются станки для чернового и чистового фрезерования шеек коленчатых валов фрезами диаметром 450÷1100 мм. Недостатком данного метода является сложность инструмента и его заточки.

Предварительное шлифование шатунных шеек производится обычно перед термообработкой для устранения погрешностей токарной обработки. Шатунные шейки шлифуют попарно на специальных станках с двухсторонним приводом. Чистовое шлифование шатунных шеек обычно выполняется на станках одним шлифовальным кругом, где все шейки обрабатываются последовательно.

После чистового шлифования производится окончательная отделка поверхностей шеек суперфинишированием, полированием и микрофинишированием. Шероховатость поверхностей после суперфиниширования R_z в пределах 0,063÷0,08 мкм. Полирование шеек производится полотняной или бумажной лентой на специальных полировальных станках. Полирование производится с применением абразивных или алмазных порошков. Коренные и шатунные шейки полируются одновременно. Число полировальных суппортов соответствует числу шеек.

Сверление различных отверстий в коленчатых валах в зависимости от программы выпуска производится на вертикальных и радиально-сверлильных станках, а также на двухсторонних агрегатно-сверлильных станках.

Сверление масляных каналов обычно производится на многошпиндельных сверлильных полуавтоматах с автоматическим вводом и выводом сверла, а также на автоматических линиях, состоящих из агрегатно-сверлильных станков.

Балансировка коленчатых валов

Балансировка производится с целью устранения неуравновешенности сил инерции вращающихся масс.

Балансировке подвергаются коленчатые валы с противовесами и в зависимости от объема выпуска с использованием автоматических балансировочных станков или автоматических линий. При балансировке устраняется статическая неуравновешенность путем высверливания материала заданного диаметра и на соответствующую глубину в противовесах или щеках коленчатого вала.

В ряде случаев неуравновешенность может устраняться фрезерованием.

Допускаемая неуравновешенность вала при 1500÷2000 об/мин – 30÷70 г·см.

Контроль коленчатых валов

Коленчатые валы подвергаются многократному контролю, как при обработке, так и после. Обычно проверяют диаметральные размеры шеек, отверстия под подшипник во фланце, длину коренных и шатунных шеек и расстояние от базового торца, радиус кривошипа, биение шеек и торца фланца относительно крайних коренных шеек, положение установочного отверстия и шпоночной канавки. Применяются скобы с микроиндикаторами, индикаторные приспособления, приспособления для комплексного контроля и др.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

По индивидуальному заданию (рабочий чертёж детали) и годовой программы выпуска необходимо:

1. Спроектировать маршрут обработки детали;
2. Для каждой операции указать схему базирования и закрепления заготовки;
3. Выбрать оборудование;

4. Выбрать технологическое оснащение для одной из операций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилевский В. В. Технология машиностроения. – 5-е изд. перераб. и доп. Учебник для техникумов. – М.: Высшая школа, 1984. – 416 с.: ил.
2. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения». И. С. Добрынцев. М., «Машиностроение». 1985 г. – 184 с.
3. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред: Учебное пособие для вузов. М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
4. Справочник технолога–машиностроителя. В двух томах. Том 2. Под ред. А.Г. Косиловой. М.: «Машиностроение» 1985 г. –496 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 25

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ

Цель работы: Изучить технологический процесс изготовления шпинделя.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: служебное назначение, технические требования и заготовки шпинделей, технологический маршрут изготовления шпинделей, балансировка шпинделей

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: разрабатывать маршрутный технологический процесс изготовления шпинделя.

Актуальность темы. Шпиндель вместе с опорами является одним из основных узлов металлорежущего станка. Основное назначение шпинделя –

передача вращательного движения обрабатываемой заготовке или режущему инструменту с определенными угловыми скоростями и крутящими моментами. Шпиндель своими размерами включается в размерные цепи технологической системы, определяющей точность обработки. Изучить технологический процесс изготовления шпинделя является актуальной задачей.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Служебное назначение, технические требования и заготовки шпинделей

По конструкции различают шпиндели пустотелые (токарные, револьверные, фрезерные станки), с сквозным отверстием (сверлильные станки) и сплошные (шлифовальные станки). Полые шпиндели могут быть с фланцем в головной части или без него.

Различают 5 классов точности шпинделей: Н, П, В, А, С. Технические требования на изготовление шпинделей характеризуют геометрическую форму и точность размера посадочных шеек и исполнительных поверхностей шпинделя (цилиндрическое или конусное отверстие), отклонение от соосности опорных шеек и исполнительных поверхностей.

Так, например, для станков нормальной точности отклонение от круглости опорных шеек в зависимости от диаметра находится в пределах 0,2 – 4 мкм; конусность опорных шеек 1,25 – 1,5 мкм на длине 300 мм; несоосность опорных шеек и исполнительных поверхностей 0,01 – 0,015 мм; шероховатость опорных поверхностей $R_a = 0,32 - 0,04$ мкм; шероховатость исполнительных поверхностей $R_a = 0,63 - 0,04$ мкм и другие технические требования. Точность опорных шеек шпинделя должна быть примерно в 2 раза выше, по сравнению с точностью, которую необходимо получить при обработке.

Точность изготовления шпиндельного узла примерно на 80% зависит от точности изготовления его составных частей и на 20% зависит от точности сборки.

В качестве материала заготовок шпинделей принимают следующие стали: 45, 50Г2, 20Х, 40Х, 18ХГТ и др. с соответствующей термической обработкой. Могут применяться серые и высокопрочные чугуны. Шпиндели токарных автоматов и полуавтоматов могут изготавливаться из инструментальной стали У8А с термической обработкой.

В зависимости от типа производства заготовки получают из проката или свободной ковкой в единичном и мелкосерийном производстве, в серийном и крупносерийном – высадкой на горизонтально-ковочных и ротационно-ковочных машинах. Пустотелые шпиндели получают выдавливанием на вертикальных гидравлических прессах с фланцем или без фланца. При данном методе сокращаются затраты на механическую обработку на 25 – 40%. Тонкостенные шпиндели без фланца могут изготавливаться из труб.

Технологический маршрут изготовления шпинделей

За технологические базы при изготовлении шпинделей принимаются поверхности центровых отверстий. Пустотелые шпиндели обрабатывают на центровых пробках.

Типовой маршрут обработки шпинделей нормальной точности станков типа 16К20 включает в себя следующие операции:

1. Фрезерование торцов и их зацентровка.
2. Черновое обтачивание наружных поверхностей.
3. Сверление осевого отверстия насквозь за 2 установка.
4. Термическая обработка (стабилизирующий отпуск).
5. Растачивание конусных отверстий с обоих концов.
6. Сверление и нарезание резьбы во фланце.
7. Чистовое обтачивание шеек.
8. Шлифование конусных поверхностей шпинделя.
9. Предварительное шлифование наружных поверхностей шпинделя.
10. Нарезание резьбы на наружной поверхности шпинделя.
11. Фрезерование шлицев.

12. Термическая обработка, включающая закалку шеек, шлицев, конусных отверстий.

13. Чистовое шлифование наружных поверхностей шпинделя.

14. Отделочное шлифование наружных и внутренних поверхностей шпинделя.

В зависимости от объема выпуска и требований к точности обработка наружных поверхностей шпинделя производится на токарных, токарно-револьверных, токарно-копировальных, токарных с ЧПУ и на многооперационных станках.

В серийном производстве чаще всего обработка производится на токарно-копировальных и токарных станках с ЧПУ. Точность обработки находится в пределах 0,02 – 0,03 мм, шероховатость Ra меньше 5 мкм. Осевые отверстия сверлят на специальных станках для глубокого сверления типа РТ-54 за 2 установка. Сначала сверлят отверстие с одного конца на определенную глубину, а затем с другой стороны на проход. Обработка отверстий в заготовке может производиться растачиванием с помощью расточных головок.

Сверление отверстий и нарезание резьбы во фланцах производится на вертикально-сверлильных станках с использованием многошпиндельных головок или на агрегатно-сверлильных станках.

Термическое упрочнение шпинделей может производиться закалкой с нагревом ТВЧ, азотированием, нитроцементацией с последующей закалкой. Наибольшее применение имеет закалка с нагревом ТВЧ, при которой возникают незначительные деформации шпинделя. При азотировании деформации шпинделя также будут небольшими. Все операции термообработки должны проводиться при вертикальном расположении шпинделя.

Нарезание резьбы на шпинделе может производиться окончательно резцами на токарном станке или за 2 операции предварительно путем резьбофрезерования и окончательно - нарезанием резцом. Шпоночные пазы фре-

зеруют на специальных или универсальных фрезерных станках дисковыми или концевыми фрезами в зависимости от конструкции паза.

Шлицы обычно нарезают окончательно на шлицефрезерных станках.

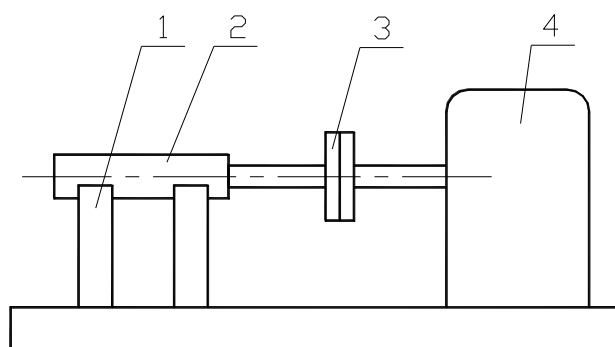
Чистовая обработка поверхностей шпинделя производится на высокоточных круглошлифовальных станках с обеспечением точности 0,25 мкм и шероховатостью R_a менее 0,63 мкм.

Отделочная обработка шеек шпинделя производится тонким шлифованием, суперфинишем, полированием в термоконстантных цехах. Шероховатость при тонком шлифовании находится в пределах $R_a = 0,16 - 0,04$ мкм.

Применение кругов из эльбора позволяет стабильно обеспечивать заданную точность и шероховатость обрабатываемых поверхностей.

Балансировка шпинделей

Неуравновешенность шпинделя определяется на балансировочных станках при измерении амплитуды и частоты колебания опор шпинделя. Она устраняется путем высверливания материала с определенных участков детали или собранного узла, в частности высверливание может производиться в торце большого зубчатого колеса или заднего фланца. Так, например, допустимый дисбаланс шпинделя станка 16K20 в сборе с деталями составляет не более 25 г·см при частоте вращения $33,3 \text{ с}^{-1}$. На рисунке приведена схема контроля дисбаланса шпинделя на балансировочном станке.



- 1 – опора.
- 2 – шпиндель.
- 3 – муфта.
- 4 – балансировочный станок.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

По индивидуальному заданию (рабочий чертёж детали) и годовой программы выпуска необходимо:

1. Спроектировать маршрут обработки детали;
2. Для каждой операции указать схему базирования и закрепления заготовки;
3. Выбрать оборудование;
4. Выбрать технологическое оснащение для одной из операций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилевский В. В. Технология машиностроения. – 5-е изд. перераб. и доп. Учебник для техникумов. – М.: Высшая школа, 1984. – 416 с.: ил.
2. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения». И. С. Добрынцев. М., «Машиностроение». 1985 г. – 184 с.
3. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред: Учебное пособие для вузов. М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
4. Справочник технолога–машиностроителя. В двух томах. Том 2. Под ред. А.Г. Косиловой. М.: «Машиностроение» 1985 г. –496 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 26

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ

Цель работы: Изучить особенности обработки деталей фрезерованием.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
типы фрезерных станков, этапы подготовки и выполнения фрезерных опера-

ций,

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
разрабатывать фрезерные операции для обработки деталей.

Актуальность темы.

В настоящее время фрезерование - один из наиболее распространенных методов обработки. Производительность процесса фрезерования превышает производительность точения за счет большего количества режущих кромок. При этом процесс фрезерования по силовым и температурным нагрузкам часто протекает в крайне тяжелых условиях: при большой глубине резания обрабатываются достаточно протяженные поверхности. Особенностью процесса фрезерования является его нестационарность вследствие периодических входов и выходов зубьев из контакта с заготовкой. При резании нагрузка на шпиндель имеет ударный характер. Удары вызывают интенсивные крутильные колебания привода, при этом максимальный крутящий момент, действующий на шпиндель фрезерного станка, может значительно превышать его среднее значение из-за импульсного характера нагружения. Даже в случае «спокойного» резания силы и мощность резания превышают аналогичные показатели, например, для точения. Подробное изучение процесса фрезерования является актуальной задачей.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Сущность метода фрезерования

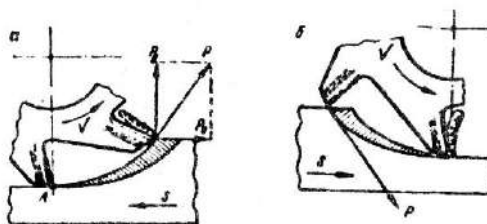
Фрезерованием называется метод обработки поверхностей заготовок многолезвийным режущим инструментом – фрезами. При фрезеровании движениями резания являются: главное движение – вращательное движение фрезы; движение подачи – горизонтальное, круговое или вертикальное перемещение заготовки. Процесс фрезерования характеризуется прерывистостью резания каждым зубом фрезы. Зуб фрезы срезает материал заготовки на некоторой части оборота инструмента, остальную часть оборота зуб не касается

заготовки до следующего врезания. Прерывистость резания снижает точность и качество обработанной поверхности, вызывает вибрации и повышенный износ зубьев.

На фрезерных станках обрабатываются горизонтальные, вертикальные и наклонные плоскости, пазы и уступы разнообразного профиля, резьбовые и фасонные поверхности.

В зависимости от направления вращения фрезы и направления подачи заготовки различают встречное и попутное фрезерование. При встречном фрезеровании подача заготовки (S) направлена навстречу вращению фрезы (V) (рис.1,а). Толщина срезаемого слоя и нагрузка на зуб возрастают от нуля до максимума. Сила, действующая на заготовку, стремится оторвать её от стола станка. Это ухудшает качество обработанной поверхности и вызывает вибрации. Этот способ рекомендуется применять при черновой обработке литых и кованных заготовок, так как при этом уменьшается усилие на зуб при срезании литой корки, упрочненного поверхностного слоя и окалины.

При попутном фрезеровании (рис.1,б) направление подачи заготовки совпадает с направлением вращения фрезы.



Толщина срезаемого слоя и нагрузка на зуб снижается от максимума до нуля. Сила, действующая на заготовку, прижимает её к столу, уменьшая вибрации. Этот способ рекомендуется применять при чистовом фрезеровании, при этом стойкость инструмента увеличивается и улучшается качество обработанной поверхности. При черновой обработке попутное фрезерование использовать не следует, так как при врезании зуба фрезы в твердую корку с максимальной толщиной стружки происходит ударная нагрузка и прежде-

временное изнашивание фрезы и даже выход её из строя.

Типы фрезерных станков

Металлорежущие станки отечественного производства в зависимости от вида обработки разделяются на девять групп. В свою очередь, каждая группа делится на девять подгрупп, представляющих станки по их типам. Фрезерные станки относятся к шестой группе.

В обозначении моделей станков первая цифра указывает группу (6), вторая определяет тип станка (1-вертикально-фрезерные консольные, 2-фрезерные непрерывного действия, 4-копировально-и гравировально-фрезерные, 5-вертикально и горизонтально-фрезерные бесконсольные, 6-продольно-фрезерные, 7-консольные широкоуниверсальные, 8-горизонтальные консольные, 9-разные). Третья и четвертая цифры условно обозначают размеры стола станка. По этому признаку приняты пять градаций размеров стола: 0 – площадь стола 200х800мм, 1- 250х1000мм, 2 – 320х1250мм, 3 – 400х1600мм, 4 – 500х2000мм. Между первой и второй цифрами может стоять буква, указывающая на усовершенствование станка по сравнению с предыдущей моделью. При дальнейшем усовершенствовании станка буквы меняются в алфавитном порядке. Буквы в конце шифра могут обозначать точность (повышенную – П, высокую – В, особо высокую – А, прецизионную – С), быстроходность – Б, широкоуниверсальность – Ш и т.д. Модели станков с числовым программным управлением (ЧПУ) в конце шифра обозначаются буквой Ф с цифрой: 1 – для станков с цифровой индикацией (наглядная информация на световых табло пультов управления) и преднабором (запоминание предварительно заданных ручным набором действий, которые в дальнейшем выполняются автоматически); 2 – для станков с позиционной системой ЧПУ; 3 – для станков с контурной системой (автоматическое движение по двум или по трем координатам); 4 – для многооперационных станков с контурной системой и автоматической сменой инструмента из мно-

гоинструментального магазина.

Наиболее распространены консольно-фрезерные широко-универсальные (6Р81Ш и др.), горизонтальные (6Т80Г и др.) и вертикальные (6Т12 и др.) станки (рис.2).

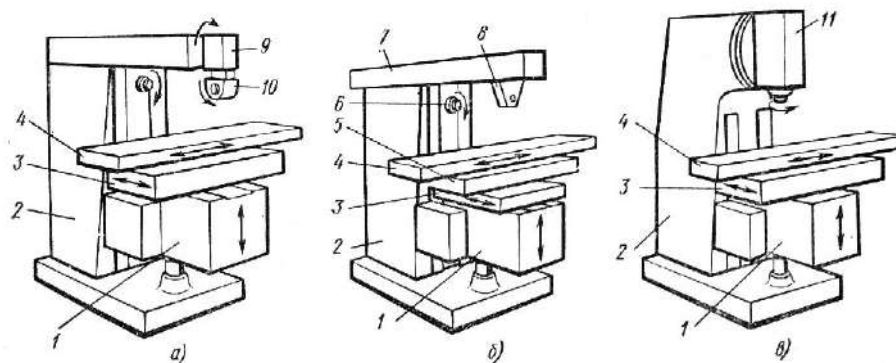


Рис.2 - Консольно-фрезерные станки: а - широкоуниверсальный; б – горизонтальный универсальный; в - вертикальный.

На консоли 1, перемещающейся вертикально по направляющим станины 2, располагаются салазки 3 со столом 4, которые перемещаются по горизонтали в двух координатных направлениях. На столе закрепляется заготовка. У бесконсольных вертикально (6А54 и др.) и горизонтально-фрезерных (6520Ф3 и др.) (рис.3.) вместо консоли имеется неподвижная станина 1, по которой перемещаются салазки 2 со столом 3 в горизонтальном направлении, а шпиндельная бабка 4 перемещается в вертикальном направлении.

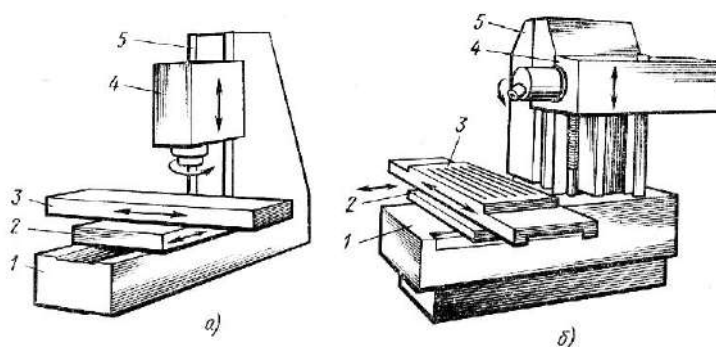


Рис.3 - Бесконсольные фрезерные станки: а – вертикальный, б - горизонтальный

У горизонтально-фрезерных станков ось шпинделя располагается горизонтально, а у вертикально-фрезерных вертикально.

Продольно-фрезерные станки (6605Ф1 и др.) (рис.4.) предназначены для обработки крупногабаритных деталей в основном торцовыми фрезами. По горизонтальным направляющим станины 1 перемещается стол 2, а шпиндельные головки 3 перемещаются по стойкам 4 и по направляющим поперечины 6, которая в свою очередь перемещается по направляющим стоек портала 5.

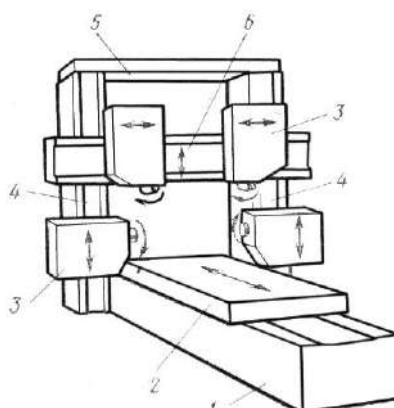


Рис.4 - Продольно-фрезерный станок

В массовом производстве используются станки непрерывного действия – карусельно-фрезерные (6А23 и др.) и барабанно-фрезерные (6023 и др.) (рис.5.). Фрезы 1 и 2 обрабатывают заготовки, закрепленные в приспособлениях на поворотном столе или на шести-, восьми-гранном барабане. Стол и барабан вращаются непрерывно, а установка и снятие заготовок осуществляется без остановки на установочных позициях.

Помимо указанных, в производстве применяются также другие станки: копи-рочно- и гравировально-фрезерные, резьбо-, шлице-, зубо-, шпоночно-фрезерные и др.

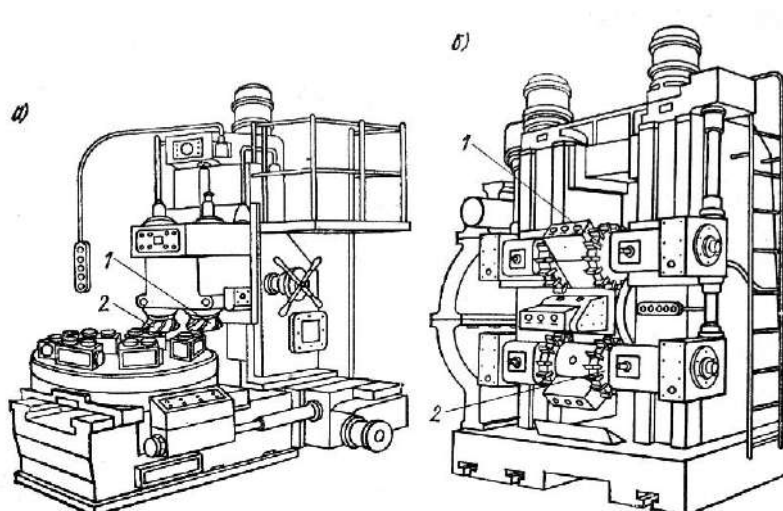


Рис.5 - Станки непрерывного действия: а - карусельно-фрезерный;
б - барабанно-фрезерный.

Основные узлы фрезерных станков

Несмотря на разнообразие типов и размеров, фрезерные станки имеют такие общие узлы, как станина, стол, салазки, шпиндель, коробки скоростей и подачи, консоль (для консольных станков).

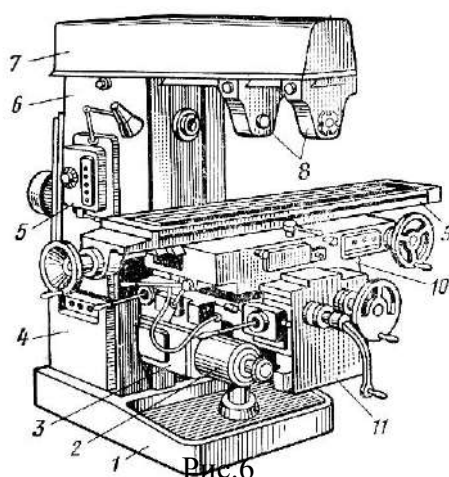
Станина предназначена для крепления всех узлов и механизмов станка. Она имеет горизонтальное и вертикальное исполнение.

Стол станка монтируется на направляющих и перемещается в продольном направлении. У консольных станков направляющие стола смонтированы на салазках, которые установлены на поперечных направляющих консоли и могут вместе со столом перемещаться в поперечном направлении.

Шпиндель служит для закрепления в нем фрез и оправок с фрезами и для передачи вращения режущему инструменту от коробки скоростей.

Коробка скоростей предназначена для передачи шпинделю вращения от электродвигателя. Коробку скоростей располагают внутри станины и управляют ею с помощью механизма переключения частот вращения шпинделя.

Коробка подач обеспечивает рабочие подачи и быстрые перемещения стола, салазок и консоли (у консольных станков).



Консоль — элемент консольных фрезерных станков коробчатой формы с вертикальными и горизонтальными поперечными направляющими. Вертикальными направляющими консоль соединена со станиной и

может перемещаться по ней. По горизонтальным поперечным направляющим перемещаются салазки со столом. На консоли располагаются узлы цепи подач, распределяющие движение на продольную, поперечную и вертикальную подачу. Консоль поддерживается стойкой, в которой имеется телескопический винт для её подъема и опускания.

На рис.6. показан общий вид горизонтально-фрезерного станка модели 6Р82Г. На фундаментной плите 1 располагается станина 6, в которой помещены электроаппаратура 4 и механизм управления коробкой скоростей 5. На станине 6 установлен хобот 7 с одним или двумя кронштейнами 8. На консоли 11 размещены механизм переключения подач 2, коробка подач 3, салазки 10 и продольный стол 9.

Типы фрез и схемы обработки поверхностей деталей.

Фреза - многолезвийный режущий инструмент, который можно классифицировать по ряду признаков, в частности:

по назначению – на фрезы общего назначения (торцовые, цилиндрические, концевые, отрезные, дисковые двух- и трехсторонние, угловые) и специализированные (резьбовые, зуборезные, фасонные, Т-образные, типа «ласточкин хвост» и др.);

по конструкции – на цельные и сборные;

по способу установки на станке – на насадные и хвостовые;

по материалу режущей части – на быстрорежущие и оснащенные твердым сплавом.

На рис.7. показаны схемы обработки поверхностей деталей различными типами фрез.

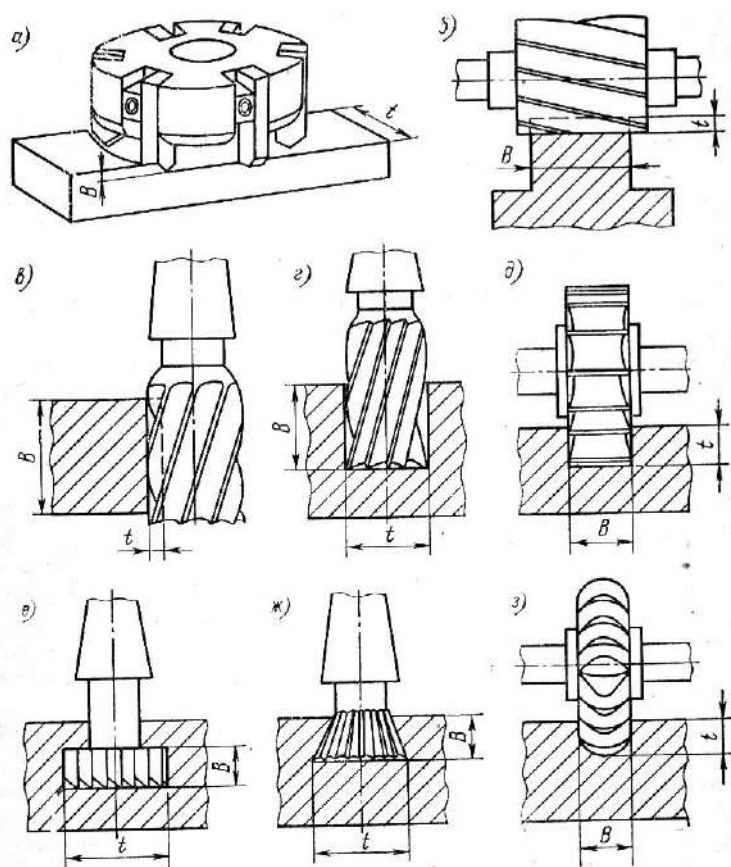


Рис.7.

Торцовые (рис.7, а) и цилиндрические (рис.7, б) фрезы предназначены для обработки открытых плоскостей, концевые (рис.7, в, г) и дисковые (рис.7, д) фрезы для обработки плоскостей, пазов и уступов. Т – образные (рис.7, е) и фрезы типа «ласточкин хвост» (рис.7, ж) применяют для получения пазов аналогичных форм. Фасонными фрезами (рис.7, з) обрабатывают соответствующие фасонные поверхности.

Фрезы закрепляют на оправках и в патронах, которые, в свою очередь, различным образом крепят в шпинделе станка. На рис.8. показана установка цилиндрической насадной фрезы на оправке. Положение фрезы 6 на оправке 3 регулируется простановочными кольцами 5. Фреза и оправка связаны шпонкой 7. Конический хвостовик оправки, имеющий внутреннюю резьбу, вставляют в коническое отверстие шпинделя 2 и затягивают шомполом 1. Чтобы оправка не проворачивалась, в шпиндель устанавливают сухари 4, ко-

торые входят в пазы шпинделя и фланца оправки. Другой конец оправки поддерживается кронштейном 8, установленным на хоботе станка.

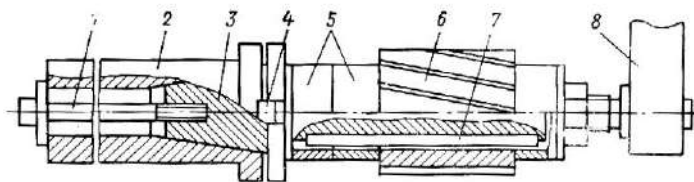


Рис.8.

Аналогично устанавливаются на оправку отрезные, дисковые, угловые, фасонные фрезы и комплекты таких фрез.

Торцовые насадные фрезы устанавливают на оправках или непосредственно на шпинделе станка.

Концевые фрезы с коническим хвостовиком устанавливают в шпиндель станка, используя переходные втулки. Концевые фрезы с цилиндрическим хвостовиком закрепляют в патроне, который коническим хвостовиком вставляют в шпиндель.

Этапы подготовки и выполнения фрезерных операций

К разрабатываемым технологическим процессам механической обработки предъявляются два основных требования – техническое и экономическое. Техническое требование – технологический процесс должен гарантированно обеспечить выполнение всех требований чертежа и технических условий по точности размеров, формы, взаимного положения поверхностей, а также по величине шероховатости обработанной поверхности и по качеству поверхностного слоя деталей. Для выполнения технического требования можно разработать несколько вариантов технологических процессов, но из этих вариантов необходимо выбрать такой, который обеспечивает экономическое требование – минимальную себестоимость и наименьшие затраты живого и овеществленного труда.

При проектировании технологического процесса механической обработки исходными являются следующие данные: чертежи и технические условия на изготовление и приемку изделия, общий объем выпуска изделий и размер запускаемой в производство партии, вид заготовки.

При подготовке и выполнении фрезерных операций как части технологического процесса в общем случае можно выделить следующие этапы:

Выбор схемы и последовательности фрезерования.

Выбор варианта базирования, установки и закрепления заготовки, подбор приспособления.

Выбор типа фрезы, её размеров. Назначение марки материала режущей части фрезы, углов геометрии заточки зубьев фрезы.

Назначение режимов резания.

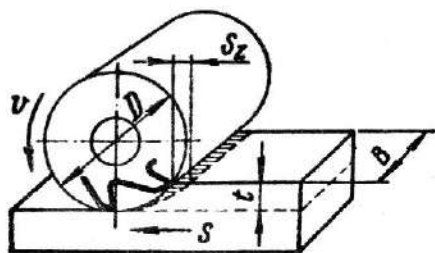
Подготовка технологической оснастки, установка её на станке. Наладка станка на выполнение операции.

Выполнение операции на станке.

Контроль обработанной заготовки.

При выборе варианта базирования необходимо руководствоваться принципом базирования – в качестве технологических баз необходимо выбирать конструкторские размерные базы. Это обеспечит уменьшение погрешности размера обработки.

Для установки и закрепления заготовок используют в единичном и мелкосерийном производстве простые, ступенчатые и регулируемые опоры, призмы, винтовые и клиновые домкраты, прихваты с болтами, универсальные приспособления – тиски и патроны, универсально-сборные приспособления (УСП); в серийном производстве - УСП, неповоротные и поворотные машинные тиски и столы с ручным, пневматическим или гидравлическим приводом, патроны кулачковые и цанговые; в крупносерийном и массовом производстве – в основном специальные одно- и многоместные приспособления с пневматическим или гидравлическим приводом.



При фрезеровании к режимам резания относят скорость резания, подачу, глубину резания и ширину фрезерования (рис.9). Скорость резания V (м/мин) определяется как окружная скорость режущих лезвий фрезы по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000},$$

где D – диаметр фрезы, мм;

n – частота вращения фрезы, об/мин

Подача S – скорость перемещения заготовки относительно фрезы. Различают подачу на один зуб фрезы S_z (мм/зуб) – перемещение заготовки за время поворота фрезы на один зуб, подачу на один оборот фрезы S_0 (мм/об) – перемещение заготовки за время поворота фрезы на один оборот, минутную подачу S_m (мм/мин) – перемещение заготовки за одну минуту. Указанные подачи связаны между собой следующими зависимостями:

$$S_M = S_0 \cdot n = S_z \cdot z \cdot n,$$

где z – число зубьев фрезы.

Глубина резания t (мм) – толщина срезаемого за один проход слоя, измеренная перпендикулярно к обработанной поверхности.

Ширина фрезерования B (мм) – ширина поверхности заготовки, обрабатываемой за один проход, измеренная перпендикулярно к направлению подачи.

Для контроля точностных и качественных параметров обработанной заготовки применяют как универсальные (штангенциркуль, микрометр и др.), так и специальные измерительные средства.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучить теоретическую часть работы.

2. Разработать операционный технологический процесс на фрезерную операцию с определением режимов фрезерования.

3. Составить отчет о работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилевский В. В. Технология машиностроения. – 5-е изд. перераб. и доп. Учебник для техникумов. – М.: Высшая школа, 1984. – 416 с.: ил.

2. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения». И. С. Добрынцев. М., «Машиностроение». 1985 г. – 184 с.

3. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред: Учебное пособие для вузов. М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.

4. Справочник технолога–машиностроителя. В двух томах. Том 2. Под ред. А.Г. Косиловой. М.: «Машиностроение» 1985 г. –496 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по организации самостоятельной работы обучающихся
по дисциплине «ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»
для студентов направления подготовки
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств
направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

Содержание

Введение	3
1. Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Технология машиностроения»	4
2. План-график выполнения самостоятельной работы	5
3. Рекомендации по изучению теоретического материала	9
4. Рекомендации по выполнению индивидуального задания	10
Вопросы для собеседования	13
Вопросы к экзамену	19
Оценочные средства для курсового проекта	22
Комплект заданий для проведения мастер-класса	27
Задания для групповых творческих работ	29
Тесты	33
Список литературы	73

Введение

Методические указания для студентов по организации самостоятельной работы по дисциплине «Технология машиностроения» составлены соответствии с требованиями федерального образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.05 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» Направленность (профиль) «Технология машиностроения» Квалификация выпускника: Бакалавр.

Целью разработки данного методического указания является оказание методической помощи в самостоятельной работе студентов при изучении дисциплины, определение уровня знаний и умений при выполнении самостоятельной работы.

1. Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Технология машиностроения»

1.1. Цели и задачи

Цель освоения дисциплины – овладение студентами обоснованной системой знаний и практическими навыками проектирования технологических процессов изготовления деталей и сборки машин заданного качества в плановом количестве при высоких технико-экономических показателях производства.

Задачи изучения дисциплины:

- изучение основных методов получения заготовок деталей, методов механической обработки деталей;
- формирование умений проведения анализа технологичности конструкции деталей; определения типа производства;
- формирование навыков разработки технологических операций обработки деталей; расчета припусков, режимов резания, технических норм времени, выбора инструмента, технического оснащения, оборудования по заданным техническим условиям;
- изучение типовых технологических процессов обработки деталей различных классов, общих правил оформления технической документации;
- овладение методами разработки технологических процессов механической обработки и сборки изделий.

1.2. Формируемые компетенции

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-2 - Способен обеспечивать технологическую подготовку и обеспечение производства деталей машиностроения средней сложности.	ИД-2 _{ПК-2} Выбирает и проектирует заготовки для машиностроительного производства	Анализировать технологичность конструкции деталей, выбирать и проектировать заготовки для машиностроительного производства
	ИД-3 _{ПК-2} Осуществляет обеспечение оснасткой производство деталей	Выбирать инструмент, технического оснащение,

	машиностроения средней сложности.	оборудование по заданным техническим условиям машиностроительного производства
	ИД-4 _{ПК-2} Разрабатывает технологические процессы изготовления деталей машиностроения средней сложности	Проводить аналитический анализ технологических решений, участвовать в разработке проектов изделий машиностроения.
ПК-3 - Способен обеспечивать качество изделий средней сложности в механосборочном производстве	ИД-3 _{ПК-3} Осуществляет контроль соблюдения технологической дисциплины	Владеть навыками обеспечения технологической подготовки производства изделий требуемого качества и контроля соблюдения технологической дисциплины.

2. План - график выполнения самостоятельной работы

Правильная организация самостоятельной работы и ее систематичность, позволяет развивать умения и навыки; проводить систематизацию полученных знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

При самостоятельном изучении материалов по представленным темам следует придерживаться приведенного ниже графика:

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения	Срок изучения материалов
	7 семестр	
1	Предмет дисциплины , её содержание и связь с другими дисциплинами. Технология машиностроения, как направление науки, ее цель и задачи	1 неделя
2	Основные понятия и определения. Виды изделий. Порядок создания нового изделия. Производственный процесс. Технологический процесс и его структура. Последовательность и правила проектирования технологических процессов изготовления деталей. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса.	2 неделя
3	Типы производства и методы его работы. Формы организации производства	3 неделя
4	Базирование и базы в машиностроении Понятие о базировании и базе. Основной принцип установки заготовок на станках при механической обработке (правило шести точек). Количество баз, необходимых для базирования.	4 неделя

5	Базирование и базы в машиностроении Классификация баз по ГОСТ 21495 — 76. Другие виды баз. Схемы базирования и установка заготовок на станках и в приспособлениях. Основные принципы базирования при механической обработке.	5 неделя
6	Анализ технологичности конструкции изделия. Понятие о технологичности конструкции. Виды технологичности. Анализ технологичности для изделий некоторых типов. Показатели оценки технологичности конструкции. Методы достижения технологичности конструкций	6 неделя
7	Виды заготовок и припуски на механическую обработку. Припуски на обработку и методы их определения.	7 неделя
8	Виды заготовок и припуски на механическую обработку. Требования к заготовкам деталей машин. Способы производства заготовок деталей машин.	8 неделя
9	Точность механической обработки. Точность и погрешность. Факторы, влияющие на точность изделий при механической обработке. Обеспечение точности механической обработки.	9 неделя
10	Точность механической обработки. Повышение точности обработки путем уменьшения влияния вибраций и действия систематических факторов	10 неделя
11	Точность механической обработки. Анализ точности механической обработки методами математической статистики.	11 неделя
12	Выбор технологической оснастки и назначение режимов резания. Выбор оборудования и оснастки.	12 неделя
13	Выбор технологической оснастки и назначение режимов резания. Назначение режимов резания.	13 неделя
14	Обработка плоскостных и корпусных деталей. Технологические задачи. Характеристика метода строгания. Классификация и типовые схемы обработки резанием.	14 неделя
15	Обработка плоскостных и корпусных деталей. Технология производства блоков цилиндров. Технология производства головок блока цилиндров	15 неделя
16	Обработка деталей класса валов. Конструктивная характеристика валов. Предварительная обработка валов. Основные этапы обработки резанием валов.	16 неделя
17	Обработка деталей класса втулок и дисков. Обработка деталей класса «втулок и дисков». Технология производства гильз цилиндров. Технология производства дисков, шкивов и маховиков.	17 неделя
18	Основные понятия и определения технологии сборки узлов и изделий. Классификация сборочных единиц. Технологические методы обеспечения точности сборки. Разработка технологического процесса сборки.	18 неделя
	8 семестр	
1	Обработка зубчатых, резьбовых и шлицевых поверхностей. Краткие сведения о зубчатых передачах. Основные методы нарезания зубьев цилиндрических колес. Методы отделочной обработки цилиндрических колес. Основные методы нарезания зубьев конических колес. Контроль зубчатых колес	1 неделя

2	Обработка зубчатых и шлицевых поверхностей. Методы обработки резьбовых, шлицевых и шпоночных поверхностей. Краткие сведения о резьбе. Нарезание резьбы лезвийным инструментом. Обработка резьбы методами пластического деформирования и шлифования резьбы. Краткие сведения о шлицевых соединениях. Методы обработки шлицев. Краткие сведения о шпоночных соединениях. Методы обработки резанием шпоночных пазов	2 неделя
3	Нормирование труда в машиностроении. Основные положения. Структура нормы времени на механическую обработку. Методы определения нормы времени на механическую обработку. Определение квалификации работы. Классификация технологических процессов механической обработки.	3 неделя
4	Оформление технологической документации. Правила оформления технологической документации.	4 неделя
5	Пример разработки технологического процесса для детали типа втулка	5 неделя
6	Пример разработки технологического процесса для детали типа корпус.	6 неделя
7	Современные технологии изготовления и упрочнения деталей машин. Финишное плазменное упрочнение. Пластическое упрочнение и др.	7 неделя
8	Восстановление деталей машин. Актуальность ремонтных работ в машиностроении. Примеры технологий восстановления и упрочнения деталей.	8 неделя

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код оцениваемой компетенции, индикатора	Этап формирования компетенции (№ темы)	Средства и технологии оценки	Вид контроля, аттестация	Тип контроля	Наименование оценочного средства
7 семестр					
ИД-2ПК-2, ИД-3ПК-2, ИД-4ПК-2, ИД-3ПК-3	Тема 1-11	Собеседование	текущий	устный	вопросы для собеседования
ИД-2ПК-2, ИД-3ПК-2, ИД-4ПК-2, ИД-3ПК-3	Тема 1-11	Собеседование	промежуточный, зачет с оценкой	устный	Накопительно
ИД-2ПК-2, ИД-3ПК-2, ИД-4ПК-2, ИД-3ПК-3	Тема 6	Мастер-класс	текущий	устный	Комплект заданий для проведения мастер-класса
ИД-2ПК-2, ИД-3ПК-2, ИД-4ПК-2, ИД-3ПК-3	Тема 6	Мастер-класс	текущий	устный	Комплект заданий для проведения мастер-класса
ИД-2ПК-2,	Тема 1	Творческое	текущий	устный	групповые

ИД-3ПК-2, ИД-4ПК-2, ИД-3ПК-3		задание			творческие задания
ИД-2ПК-2, ИД-3ПК-2, ИД-4ПК-2, ИД-3ПК-3	Тема 3	Творческое задание	текущий	устный	групповые творческие задания
8 семестр					
ИД-2ПК-2, ИД-3ПК-2, ИД-4ПК-2, ИД-3ПК-3	Тема 1-18	Собеседование	промежуточный, экзамен	устный	Вопросы к экзамену
ИД-2ПК-2, ИД-3ПК-2, ИД-4ПК-2, ИД-3ПК-3	Тема 17	Творческое задание	текущий	устный	групповые творческие задания
ИД-2ПК-2, ИД-3ПК-2, ИД-4ПК-2, ИД-3ПК-3	Тема 17	Творческое задание	текущий	устный	групповые творческие задания
ИД-2ПК-2, ИД-3ПК-2, ИД-4ПК-2, ИД-3ПК-3	Тема 1-18	курсовой проект	промежуточный	письменный	Оценочные средства для курсового проектирования
ИД-2ПК-2, ИД-3ПК-2, ИД-4ПК-2, ИД-3ПК-3	Тема 1-14	Тестирование	текущий	письменный	комплект тестовых заданий

Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация в форме зачета с оценкой

Процедура зачета с оценкой как отдельное контрольное мероприятие не проводится, оценивание знаний обучающегося происходит по результатам текущего контроля.

Промежуточная аттестация в форме **экзамена** предусматривает проведение обязательной экзаменационной процедуры.

3. Методические рекомендации по подготовке к оценочному мероприятию.

Методические рекомендации по подготовке к оценочному мероприятию представлены в методических указаниях по выполнению практических и лабораторных работ. В методических указаниях по выполнению практических и лабораторных работ приводятся критерии оценивания компетенций в соответствии с используемыми оценочными средствами: вопросы к экзамену, собеседованию, тестирование, курсовой проект, групповые творческие задания, мастер-класс.

2.1. Критерии оценивания компетенций

Критерии оценивания компетенций*

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки. Студент осуществляет инструментальное обеспечение машиностроительного производства и разрабатывает технологические процессы изготовления деталей машиностроения средней сложности безошибочно. Выбирает и проектирует заготовки для машиностроительного производства безошибочно. Безошибочно осуществляет контроль соблюдения технологической дисциплины. Компетенции ИД-2_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-3} освоены на высоком уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно. Студент осуществляет инструментальное обеспечение машиностроительного производства с неточностями. Выбирает и проектирует заготовки для машиностроительного производства с неточностями. Разрабатывает технологические процессы изготовления деталей машиностроения средней сложности с неточностями. Осуществляет контроль соблюдения технологической дисциплины с несущественными неточностями. Компетенции ИД-2_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-3} освоены на среднем уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в не полном объеме; владение умениями и навыками реализуются не в полном объеме. Студент неуверенно осуществляет инструментальное обеспечение машиностроительного производства. Неуверенно выбирает и проектирует заготовки для машиностроительного производства, имеются ошибки. Неуверенно разрабатывает технологические процессы изготовления деталей машиностроения средней сложности. Не корректно осуществляет контроль соблюдения технологической дисциплины. Компетенции ИД-2_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-3} освоены на минимальном уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками. Студент не выбирает и не проектирует заготовки для машиностроительного производства. Не осуществляет инструментальное обеспечение машиностроительного производства. Не разрабатывает технологические процессы изготовления деталей машиностроения средней сложности. Не осуществляет контроль соблюдения технологической дисциплины. Компетенции ИД-2_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-3} не освоены, минимальный уровень не достигнут.

3. Рекомендации по изучению теоретического материала

Приступая к выполнению самостоятельной работы по дисциплине, обучающиеся должны изучить учебную литературу, методические указания и вопросы для выполнения индивидуальных заданий.

Основные этапы работы с учебной литературой

Для начала ознакомьтесь с введением, бегло просмотрите учебник (учебное пособие), чтобы составить о нем первое впечатление. Затем приступайте к вдумчивой, детальной, последовательной проработке каждого раздела.

Изучать материал следует в строгой последовательности программы, указанной в данных методических указаниях. Прочитанный материал рекомендуем воспроизводить по памяти. Если после прочитанного у вас остались вопросы, читайте повторно. Читая, старайтесь не только запоминать содержание изучаемого материала, но и составлять краткий конспект, в который вносите основные положения изучаемого раздела, сопровождая их при необходимости графическими иллюстрациями. На полях конспекта отмечайте вопросы, по которым хотели бы получить консультации у преподавателя. Не следует переходить к работе над последующими разделами, не изучив предыдущие. Старайтесь постоянно перечитывать конспект.

В результате изучения данной дисциплины студент должен приобрести навыки технико-экономического обоснования выбора и применения конструкционных материалов и инструментальных материалов, и оптимального способа их обработки для технического обслуживания машиностроительного оборудования.

Темы, которые студенты должны изучить самостоятельно, а также источники литературы преподаватель зачитывает студентам в конце каждой лекции. По усвоенному самостоятельно материалу студенты отчитываются при сдаче тестов текущего контроля, а также при промежуточном контроле.

4. Рекомендации по выполнению индивидуального задания

Каждый студент выполняет вариант индивидуального задания по списку преподавателя.

Общие указания к выполнению индивидуального задания:

1. Перед выполнением задания необходимо изучить материал предмета в соответствии с программой и методическими указаниями.
2. Задания следует выполнять в тетради. Рекомендуемый объем работы – около 10 страниц.
3. При выполнении работы необходимо полностью переписать

текст вопроса, а затем дать ответ на него.

4. Ответы на вопросы, поставленные в задании, должны быть исчерпывающими, но в то же время краткими и по существу вопроса. Ответы следует иллюстрировать схемами, диаграммами, выполненными в масштабе и в соответствии с действующими требованиями ЕСКД.

5. Индивидуальное задание оформлять аккуратно, писать разборчиво.

6. Работу обучающийся должен выполнить и сдать на проверку в срок, не позднее установленного преподавателем. По получении проверенной работы обучающийся должен выполнить указания преподавателя, исправить все отмеченные ошибки. Замечания и пометки преподавателя стирать запрещается. Если работа выполнена неудовлетворительно, то обучающийся выполняет ее вторично и сдает на повторную проверку вместе с незачтенной работой.

7. Зачтенная работа предъявляется преподавателю при сдаче зачета.

Очередность выполнения заданий - в порядке их следования в заданном варианте. В конце работы приведите список использованной литературы, интернет-ресурсов.

Задания включают вопросы и задачи по основным разделам курса. К выполнению работы не следует приступать, не проработав соответствующего материала по учебнику. Выполнять работу необходимо строго по варианту, номер которого совпадает с номером списка в журнале преподавателя.

Индивидуальная работа, выполненная по неверно определенным номером варианта, не проверяется.

Приём индивидуальных заданий на проверку осуществляется в конце семестра. Результаты проверки индивидуального задания проставляются на работе словами «зачёт» или «незачёт».

Критерии оценки работы:

- соответствие содержания работы теме;

- соблюдение требований к оформлению, грамматическая правильность;
- обоснованность выбора методов исследования;
- использование наглядно-иллюстрированного материала (схемы, таблицы, рисунки и т.п.).

Работа, выполненная не в полном объёме, не по заданному варианту, небрежно, неразборчивым почерком, содержащая грубые ошибки в решении задач, ситуаций и т. д. возвращается обучающемуся для дальнейшей доработки.

Подготовка к практическим и лабораторным занятиям.

К другим видам самостоятельной работы относятся: подготовка к практическим работам, их защите.

Для подготовки к практическим занятиям рекомендуется использовать учебное пособие [2]; контрольные вопросы, представленные в этом же учебном пособии, следует использовать для контроля знаний.

На этапе подготовки к выполнению практических работ студенты, работая с литературой, должны осознать цели и содержание предстоящей работы и составить подробный план и программу выполнения предстоящих исследований.

Прежде всего перед студентом, выполняющим практические работы, стоит задача приобретения совокупности знаний, умений и навыков.

Для закрепления теоретического материала и в целях развития практических навыков студенты на практических занятиях получают индивидуальные задания в виде задач, содержащихся в методических указаниях по проведению практических занятий. По решению задач студенты отчитываются на очередном практическом занятии.

Вопросы для собеседования

7 семестр

Базовый уровень

Тема 1. Технология машиностроения. Предмет дисциплины. Основные понятия и определения.

1. Предмет дисциплины «Технологии машиностроения».
2. Качество промышленной продукции.
3. Диаграмма Ишикавы.
4. Основные периоды развития технологии машиностроения с 1930 г. по настоящее время.
5. Основные направления дальнейшего развития технологии машиностроения.
6. Виды изделий в машиностроении.
7. Производственный процесс.
8. Исходные данные для проектирования ТП.
9. Маршрутное описание содержания операций.
10. Операционный технологический процесс.
11. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса.
12. Структура технологических операций.
13. Состав машиностроительного завода.

Тема 2. Типы производства и методы его работы.

14. Единичное производство.
15. Серийное производство.
16. Крупносерийное и массовое производства.
17. Такт выпуска продукции, ритм выпуска.
18. Определение типа производства. Вид производства.

Тема 3. Базирование и базы в машиностроении.

19. Понятие о базировании и базе.
20. Общие требования к технологическим базам.
21. Требования к черновым базам.
22. Выбор вариантов схем базирования.
23. Установка заготовки, отличие от базирования.
24. Классификация машиностроительных баз по назначению.
25. Классификация машиностроительных баз по лишаемым степеням свободы.
26. Классификация машиностроительных баз по характеру проявления.
27. Принципы постоянства и совмещения баз.

Тема 4. Анализ технологичности конструкции изделия.

28. Понятие о технологичности конструкции.
29. Конструктивные и технологические элементы конструкции деталей.
30. Задачи обеспечения технологичности.
31. Детали стандартные, унифицированные и оригинальные.
32. Методы достижения технологичности конструкций.

Тема 5. Виды заготовок и припуски на механическую обработку.

33. Общий и операционный припуски на механическую обработку.
34. Коэффициент использования металла.
35. Виды заготовок, методы их получения.

Тема 6. Точность механической обработки.

36. Определение точности изделия и погрешности.
37. Погрешность абсолютная и относительная.
38. Погрешности систематические и случайные.
39. Точность станков.
40. Износ режущего инструмента.
41. Температурные деформации системы ДИПС.

42. Жесткость системы ДИПС.

43. Методы определения жесткости

44. Методы и этапы механической обработки поверхности

Тема 7. Выбор технологической оснастки и назначение режимов резания.

45. Выбор оборудования и оснастки.

46. Назначение режимов резания

Тема 8. Обработка плоскостных и корпусных деталей.

47. Технологические задачи.

48. Характеристика метода строгания.

49. Классификация и типовые схемы обработки резанием.

50. Схемы обработки плоскостей на поперечно-строгальном, продольно-строгальном и долбежном станках.

51. Технические требования к корпусным деталям.

52. Обработка корпусных деталей в условиях массового и крупносерийного производства.

53. Обработка корпусных деталей в мелкосерийном и серийном производствах.

Тема 9. Обработка деталей класса валов.

54. Конструктивная характеристика валов.

55. Предварительная обработка валов

56. Основные этапы обработки резанием валов

57. Токарная обработка валов.

58. Абразивная обработка валов.

Тема 10. Обработка деталей класса втулок и дисков.

59. Технологические задачи

60. Реализация технологического процесса механической обработки деталей класса «втулки и диски» с использованием токарно-револьверного станка.

61. Схемы обработки деталей класса «втулки и диски».

62. Обработка втулок из штучных полых заготовок.

63. Схема настройки токарно-револьверного станка для обработки резанием гладкой втулки.

Тема 11. Основные понятия и определения технологии сборки узлов и изделий.

64. Классификация сборочных единиц.

65. Технологические методы обеспечения точности сборки.

Повышенный уровень

Тема 1. Технология машиностроения. Предмет дисциплины. Основные понятия и определения.

1. Эксплуатационные показатели машин.

2. Понятие надежности машин.

3. Возможности увеличения прибыли предприятий машиностроения.

4. Технология машиностроения, как направление науки, ее цель и задачи.

5. Порядок создания нового изделия.

6. Технологический процесс и его структура.

7. Пример маршрутного технологического процесса.

8. Пример операционного описания содержания операций.

9. Последовательность и правила проектирования технологических процессов изготовления деталей.

Тема 2. Типы производства и методы его работы.

10. Типы производства и методы его работы.

11. Коэффициент закрепления операций.

12. Поточный метод и непоточный метод работы в машиностроении.

13. Формы организации производства.

14. Концентрация и дифференциация операций.

15. Система расположения технологического оборудования.

Тема 3. Базирование и базы в машиностроении.

16. Основной принцип установки заготовок на станках при механической обработке (правило шести точек).

17. Количество баз, необходимых для базирования.

18. Классификация баз по ГОСТ 21495 — 76.

19. Реализация правила шести точек на примерах базирования и закрепления некоторых твердых тел.

20. Черновая, чистовая, настроечная, проверочная, искусственная базы.

21. Правила оформления схемы базирования.

22. Правила оформления схемы установа.

23. Основные принципы базирования при механической обработке.

Тема 4. Анализ технологичности конструкции изделия.

24. Анализ технологичности конструкции корпусных деталей.

25. Оценка технологичности конструкции изделия.

26. Основные мероприятия по повышению технологичности конструкции изделия.

27. Виды технологичности.

28. Анализ технологичности для валов и осей.

29. Анализ технологичности для втулок.

30. Показатели оценки технологичности конструкции.

31. Примеры обеспечения технологичности конструкции.

Тема 5. Виды заготовок и припуски на механическую обработку.

32. Припуски на механическую обработку.

33. Методы определения припусков.

34. Общие требования к заготовкам деталей машин.

35. Способы производства заготовок деталей машин.

Тема 6. Точность механической обработки.

36. Какие причины порождают вибрации в технологической системе?

37. Назовите основные мероприятия, способствующие устранению вибраций в технологической системе.

38. Что следует понимать под тепловыми деформациями системы?

39. Назовите основные конструкторские мероприятия, способствующие уменьшению влияния тепловых деформаций на точность обработки.

40. Назовите основные технологические мероприятия, применение которых позволяет уменьшить влияние тепловых деформаций на точность обработки.

41. Что следует понимать под размерным износом режущего инструмента?

42. Назовите три критерия оценки работоспособности режущего инструмента.

43. Назовите три периода эксплуатации режущего инструмента.

44. Погрешности установки заготовок на станках и в приспособлениях

45. Методы получения размеров и настройки системы ДИПС

46. Анализ точности методом кривых распределения.

47. Анализ точности методом точечных диаграмм.

Тема 7. Выбор технологической оснастки и назначение режимов резания.

48. Назначение режимов резания при точении.

49. Назначение режимов резания при фрезеровании.

50. Назначение режимов резания при сверлении.

51. Назначение режимов резания при протягивании.

Тема 8. Обработка плоскостных и корпусных деталей.

52. Технология производства блоков цилиндров.

53. Технология производства головок блока цилиндров.

54. Схема технологического процесса обработки резанием корпуса переднего моста трактора.

55. Технологическая схема обработки корпуса и крышки редуктора с использованием многоцелевого станка.

Тема 9. Обработка деталей класса валов.

56. Технология производства коленчатых валов.

57. Схема обработки вала на вертикальном многошпиндельном полуавтомате непрерывного действия.

58. Схема обтачивания заготовки ступенчатого вала на многорезцовом полуавтомате.

59. Схема обтачивания заготовки ступенчатого вала на гидрокопировальном полуавтомате.

60. Схема обтачивания вала на токарном станке с ЧПУ.

Тема 10. Обработка деталей класса втулок и дисков.

1. Технология производства гильз цилиндров.

2. Технология производства дисков, шкивов и маховиков.

Тема 11. Основные понятия и определения технологии сборки узлов и изделий.

61. Технологический процесс сборки, последовательность разработки.

62. Формы организации сборки.

63. Графические схемы технологических процессов общей и узловой сборок.

64. Условные обозначения на технологической схеме сборки изделия.

65. Технологическая схема сборки сборочной единицы. Пример.

8 семестр

Базовый уровень

Тема 12. Обработка зубчатых, резьбовых и шлицевых поверхностей.

1. Краткие сведения о зубчатых передачах.

2. Метод копирования.

3. Метод обкатки.

4. Протягивание.

5. Зубошлифование.

6. Зубохонингование.

7. Притирка.

8. Краткие сведения о резьбе.

9. Метод нарезания резьбы резцами.

10. Нарезание резьбы плашками и метчиками.

11. Краткие сведения о шлицевых соединениях.

12. Технологический процесс обработкой шлицев.

13. Методы обработки резанием шпоночных пазов.

Тема 13. Нормирование труда в машиностроении.

14. Норма времени – определение.

15. Основная задача нормирования труда.

16. Штучное время. Норма штучного времени.

17. Норма выработки.

18. Штучное время.

19. Подготовительно-заключительное время.

Тема 14. Оформление технологической документации.

20. Единичный технологический процесс.

21. Типовой технологический процесс.

22. Групповой технологический процесс.

23. Запись наименований операций.

24. Оформление операционных карт.

25. Примеры полной и сокращенной записи содержания переходов обработки резанием.

Тема 15. Пример разработки технологического процесса для детали типа втулка.

26. Схемы базирования и закрепления втулок.

27. Типовые маршруты обработки втулок.

Тема 16. Пример разработки технологического процесса для детали типа корпус.

28. Схемы базирования и закрепления корпусных деталей.

29. Типовые маршруты обработки корпусных деталей.

Тема 17. Современные технологии упрочнения деталей машин.

30. Финишное плазменное упрочнение. Сущность процесса.

31. Оборудование для финишного плазменного упрочнения.

32. Технология финишного плазменного упрочнения.

33. Контроль процесса финишного плазменного упрочнения.

34. Преимущество и особенности финишного плазменного упрочнения.

35. Известные технологии упрочнения деталей машин.

36. Повышение ресурса пружин.

37. Термомеханическая обработка.

Тема 18. Восстановление деталей машин

38. Восстановление поверхностей деталей методом наплавки.

39. Восстановление пластическим упрочнением.

40. Финишное плазменное упрочнение. Установка.

42. Технология финишного плазменного упрочнения.

Повышенный уровень

Тема 12. Обработка зубчатых, резьбовых и шлицевых поверхностей.

1. Основные методы нарезания зубьев цилиндрических колес.

2. Основные методы нарезания зубьев конических колес.

3. Зубодолбление.

4. Зубострогание.

5. Методы отделочной обработки цилиндрических колес.

6. Контроль зубчатых колес.

7. Пример типового маршрута изготовления зубчатого колеса.

8. Нарезание резьбы лезвийным инструментом.

9. Обработка резьбы методами пластического деформирования и шлифования резьбы.

10. Методы обработки шлицев.

Тема 13. Нормирование труда в машиностроении.

11. Структура нормы времени на механическую обработку.

12. Методы определения нормы времени на механическую обработку.

13. Определение квалификации работы.

Тема 14. Оформление технологической документации.

14. Классификация технологических процессов механической обработки.

15. Правила оформления маршрутных карт. Сведения, вносимые в графы.

16. Сведения, вносимые в отдельные графы и строки маршрутной карты.

17. Пример заполнения маршрутной карты.

18. Информация по дополнительным графам операционной карты.

19. Пример заполнения операционной карты.

Тема 15. Пример разработки технологического процесса для детали типа втулка.

20. Укрупненный типовой маршрут обработки подшипниковой втулки из прутка.

21. Укрупненный типовой маршрут обработки втулки из индивидуальной штампованной или литой заготовки в условиях крупносерийного производства.

22. Укрупненный типовой маршрут обработки фланца (с точным основным отверстием, которое можно использовать как базу для последующей обработки) из индивидуальной заготовки (токарный вариант).

23. Пример технологического маршрута механической обработки втулки.

Тема 16. Пример разработки технологического процесса для детали типа корпус.

24. Особенности обработки корпусных деталей.

25. Оборудование с ЧПУ для обработки корпусных деталей.
26. Пример разработки технологического процесса для детали типа корпус.

Тема 17. Современные технологии упрочнения деталей машин.

27. Режимы финишного плазменного упрочнения плоских поверхностей.
28. Режимы финишного плазменного упрочнения цилиндрических поверхностей.
29. Режимы финишного плазменного упрочнения сверл, разверток, метчиков.
30. Режимы финишного плазменного упрочнения мелкоразмерного инструмента.
31. Дробеметная обработка деталей.
32. Пескоструйная обработка.
33. Заневоливание пружин.
34. Пластическое упрочнение деталей машин. Сущность.
35. Пластическое упрочнение пружин.

Тема 18. Восстановление деталей машин

36. Упрочняющие технологии, применяемые при восстановлении деталей машин.
37. Агрегатный ремонт техники.
38. Особенности определения режимов резания наплавленного слоя.
39. Виды ремонта техники.
40. Ремонтное производство на машиностроительных предприятиях.

Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки, при ответе на вопрос привлечены дополнительные источники информации, в том числе и многовариантный анализ ситуации, что свидетельствует о повышенном уровне усвоения компетенций ИД-2_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-3}. Студент способен обеспечивать технологическую подготовку и обеспечение производства деталей машиностроения средней сложности.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно, что свидетельствует о базовом уровне усвоения компетенций ИД-2_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-3}. Студент способен обеспечивать технологическую подготовку и обеспечение производства деталей машиностроения средней сложности с несущественными неточностями.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками, что свидетельствует о частичном усвоении компетенций ИД-2_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-3}. Студент способен обеспечивать технологическую подготовку и обеспечение производства деталей машиностроения средней сложности с ошибками.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если знания, умения и навыки отсутствуют, что свидетельствует о недостаточном уровне усвоения компетенций ИД-2_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-3}. Студент не способен обеспечивать технологическую подготовку и обеспечение производства деталей машиностроения средней сложности.

1. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя: диалог преподавателя со студентом и ответ студентом на вопросы по темам дисциплины. Перед собеседованием по теме студент должен выполнить и защитить практические и лабораторные работы.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить ИД-2_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-3} компетенции и индикаторы. Освоение компетенций на повышенном уровне предполагает изучение дополнительной научной и учебной литературы и четкие ответы на вопросы без ошибок. При освоении компетенции на базовом уровне студент изучил основную литературу, при ответе возможны 2...3 негрубые ошибки.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо изучить рекомендуемую литературу.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования своими конспектами лекций, методическими указаниями по дисциплине, тетрадями по практическим занятиям и лабораторным работам, справочными таблицами.

При проверке задания, оцениваются:

- степень усвоения программного материала;
- правильность и четкость ответов;
- способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников;
- способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса;
- умение использовать методическую, научную и техническую литературу;
- инициативность в поиске информации;
- правильность речи в быстром или умеренном темпе.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-2 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-3}	степень усвоения программного материала	
	способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников	
	способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса	
	правильность и четкость ответов	
	правильность речи в быстром или умеренном темпе	
	умение использовать методическую, научную и техническую литературу	
	инициативность в поиске информации	

Вопросы к экзамену

1. Техническая подготовка производства и ее состав.
2. Задачи технологической подготовки производства.
3. Технологическая подготовка производства и ее состав.
4. Унификация технологических процессов.
5. Основы типизации ТП.
6. Работы по организации группового производства.
7. Задачи обеспечения технологичности.
8. Проектирование маршрутных ТП механической обработки. Основные понятия и этапы.
9. Последовательность разработки маршрутных ТП.
10. Исходные данные для проектирования ТП.
11. Методы проектирования ТП.
12. Концентрация и дифференциация операций.

13. Структура технологических операций.
14. Анализ технологичности конструкции деталей.
15. Оценка технологичности конструкции изделия.
16. Основные мероприятия по повышению технологичности конструкции изделия.
17. Установление типа производства.
18. Выбор исходной заготовки и методов её изготовления.
19. Разработка вариантов технологического маршрута обработки типовых поверхностей.
20. Установление последовательности операций ТП.
21. Виды ТП в машиностроении.
22. Формализация проектирования ТП обработки деталей тел вращения.
23. Формализация проектирования ТП обработки корпусных деталей.
24. Реализация технологических комплексов при обработке деталей.
25. Заполнение карты проектирования ТП планами обработки поверхностей.
26. Этапы обработки поверхностей деталей.
27. Общие требования к технологическим базам.
28. Требования к черным базам.
29. Выбор вариантов схем базирования.
30. Синтез маршрута обработки заготовки.
31. Разработка технологических операций.
32. Проектирование операционных ТП обработки заготовок.
33. Определение типа оборудования и оснастки.
34. Определение размеров обрабатываемых поверхностей.
35. Классификация припусков на обработку.
36. Расчет припусков на механическую обработку.
37. Расчет и выбор режимов резания.
38. Определение режимов резания при многоинструментальной обработке.
39. Техничко-экономические показатели разрабатываемых ТП.
40. Сравнение вариантов ТП механической обработки.
41. Комплексная технология обработки корпусных деталей.
42. Обработка станин металлорежущих станков.
43. Обработка блоков цилиндров автотракторных двигателей.
44. Процессы обработки деталей «круглые стержни».
45. Обработка гладких и ступенчатых валов.
46. Обработка шпинделей.
47. Процессы обработки деталей класса «некруглые стержни».
48. Обработка рычагов.
49. Обработка шатунов двигателей внутреннего сгорания.
50. Содержание и объем технологической подготовки производства.
51. Факторы, влияющие на объем ТПП.
52. Этапы освоения выпуска изделия при проведении ТПП.
53. Освоение выпуска изделий головной серии.
54. Освоение ритмичного мелкосерийного производства.
55. Освоение крупносерийного производства.

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки, при ответе на вопрос привлечены дополнительные источники информации, в том числе и многовариантный анализ ситуации, что свидетельствует о повышенном уровне усвоения компетенций ИД-2_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-3}. Студент способен обеспечивать технологическую подготовку и обеспечение производства деталей машиностроения средней сложности.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно, что свидетельствует о базовом уровне усвоения компетенций ИД-2_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-3}. Студент способен обеспечивать технологическую подготовку и обеспечение производства деталей машиностроения средней сложности с несущественными неточностями.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками, что свидетельствует о частичном усвоении компетенций ИД-2_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-3}. Студент способен обеспечивать технологическую подготовку и обеспечение производства деталей машиностроения средней сложности с ошибками.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если знания, умения и навыки отсутствуют, что свидетельствует о недостаточном уровне усвоения компетенций ИД-2_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-3}. Студент не способен обеспечивать технологическую подготовку и обеспечение производства деталей машиностроения средней сложности.

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения экзамена осуществляется в соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования в СКФУ.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо изучить рекомендуемую литературу и выполнить практические работы по темам дисциплины.

В экзаменационный билет включаются два вопроса для проверки знаний студента и одно задание для проверки практических навыков по разработке технологического процесса.

Для подготовки по билету отводится 40 минут.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования своими конспектами лекций, методическими указаниями по дисциплине, тетрадями по практическим занятиям и лабораторным работам, справочными таблицами.

При проверке задания, оцениваются:

- степень усвоения программного материала;
- правильность и четкость ответов;
- способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников;
- способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса;
- умение использовать методическую, научную и техническую литературу;
- инициативность в поиске информации;
- правильность речи в быстром или умеренном темпе.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-2 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-3}	степень усвоения программного материала	
	способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников	
	способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса	
	правильность и четкость ответов	
	правильность речи в быстром или умеренном темпе	

	умение использовать методическую, научную и техническую литературу	
	инициативность в поиске информации	

Оценочные средства для курсового проекта

1. Примерная тематика курсовых проектов

Направление деятельности	Примерная тематика
расчётно-проектная; разработка технологической документации, проектно-конструкторской документации, пояснительных записок	1. Проектирование маршрутно-операционного технологического процесса механической обработки детали для условия предприятия ПАО «Завод Атлант» 2. Проектирование маршрутно-операционного технологического процесса механической обработки детали для условия предприятия ПАО «Нептун» 3. Проектирование маршрутно-операционного технологического процесса механической обработки детали для условий ПАО Сигнал 4. Проектирование маршрутно-операционного технологического процесса механической обработки детали для условий ОАО Буденовский ремонтно-механический завод 5. Проектирование маршрутно-операционного технологического процесса механической обработки детали для условий структурного научного подразделения СКФУ

2. Структура работы

Базовый уровень.

Раздел 1. Проектирование заготовки

Уровень обученности	Формулировка задания	Контролируемые компетенции или их части
Анализировать технологичность конструкции и деталей, выбирать и проектировать заготовки для машиностроительного производства	Задание 1. Рабочий чертеж детали.	ИД-2ПК-2, ИД-3ПК-2, ИД-4ПК-2, ИД-3ПК-3
	Задание 2. Выбор исходной заготовки и способа ее получения	
	Задание 3. Выбор технологических баз и схем установок заготовки	
	Задание 1. Расчет (на 2 поверхности) и назначение припусков.	
	Задание 2. Схема межоперационных припусков и допусков на припуски.	
	Задание 1. Навыки оформления конструкторской документации.	
	Задание 2. Навыки проектирования заготовок.	

Графический материал курсового проекта представляет собой чертеж детали, чертеж заготовки на формате А1. Проект должен быть выполнен с использованием правил ЕСКД и ЕСТД.

Раздел 2. Проектирование маршрутной и операционной технологии изготовления детали

Уровень обученности	Формулировка задания	Контролируемые компетенции или их части
Выбирать инструмент, технического оснащение, оборудование по заданным техническим условиям машиностроительного производства Проводить аналитический анализ технологических решений, участвовать в разработке проектов изделий машиностроения.	Задание 1. Исходные данные. Технологический анализ чертежа детали.	ИД-2 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-3}
	Задание 2. Обоснование выбранного типового технологического процесса	
	Задание 3. Составление маршрута механической обработки детали.	
	Задание 1. Выбор способов обработки поверхностей	
	Задание 2. Выбор технологического оборудования и средств технологического оснащения	
	Задание 3. Расчет режимов резания на 2 технологических перехода 2-х операций механической обработки, а на остальные – назначение режимов резания по нормативам	
	Задание 1. Расчет норм времени	
	Задание 2. Расчет технологической себестоимости изготовления детали методом прямого калькулирования (позлементным методом)	
	Задание 3. Навыками оформления технологической документации.	
	Задание 4. Навыками оформления пояснительных записок.	

Обязательно выполнить Комплект технологической документации (ТЛ, МК, ОК (КТП), КЭ, КК). Технологическая карта, выполненная на формате А1. Проект должен быть выполнен с использованием правил ЕСКД и ЕСТД.

Повышенный уровень. Раздел 3. Проектирование контрольного приспособления.

Уровень обученности	Формулировка задания	Контролируемые компетенции или их части
Владеть навыками обеспечения технологической подготовки производства изделий требуемого качества и контроля соблюдения технологиче	Задание 1. Исходные данные. Обоснование выбранной схемы базирования и крепления детали для выполнения технологической операции	ИД-2 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-3}
	Задание 2. Методика проектирования контрольных приспособлений.	
	Задание 3. Основные элементы приспособлений.	
	Задание 1. Расчет точности механической обработки на технологической операции.	
	Задание 2. Эскиз общего вида приспособления, выполняемый на чертежной бумаге формата А3 в карандаше или в графическом редакторе на ЭВМ с соблюдением требований стандартов к сборочным чертежам общих видов.	

ской дисциплины	Задание 3. Спецификация общего вида приспособления	
	Задание 1. Навыками проектирования технологической оснастки.	
	Задание 2. Навыками расчета приспособлений на точность.	
	Задание 3. Навыками оформления конструкторской документации.	

3. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если курсовой проект выполнен в полном объеме, и студент показывает прочные знания: базирования и баз в машиностроении; точность механической обработки, стандарты систем ЕСКД, ЕСТД и ЕСТПП; выбор технологической оснастки и назначение режимов резания; виды и назначение режущего инструмента, определение режимов резания. Умеет выбирать заготовки для производства и вести разработку технологических процессов изготовления деталей, выполнять нормирование труда в машиностроении. Владеет навыками инструментального обеспечения механосборочного цеха, навыками оформления технологической документации. Поставленную задачу студент решает сам, демонстрирует знание основной и дополнительной литературы. Доклад при защите проекта выстроен четко, изложение выразительное, компактное, логичное. Студент при защите правильно отвечает на все вопросы членов комиссии. Компетенции ИД-2ПК-2, ИД-3ПК-2, ИД-4ПК-2, ИД-3ПК-3 освоены на высоком уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если в курсовом проекте допущены несущественные ошибки, и студент показывает базовые знания: базирования и баз в машиностроении; точность механической обработки, стандарты систем ЕСКД, ЕСТД и ЕСТПП; выбор технологической оснастки и назначение режимов резания; виды и назначение режущего инструмента, определение режимов резания. Умеет с помощью преподавателя выбирать заготовки для производства и вести разработку технологических процессов изготовления деталей, выполнять нормирование труда в машиностроении. Владеет навыками инструментального обеспечения механосборочного цеха, навыками оформления технологической документации. Поставленную задачу студент решает сам, демонстрирует знание основной литературы. В графической части имеются наибольшие отклонения от требований ЕСКД. При защите проекта студент показывает хорошие знания, умеет увязать теоретический материал с практическими навыками работы. Допускается 1 – 2 ошибки в ответе. Компетенции ИД-2ПК-2, ИД-3ПК-2, ИД-4ПК-2, ИД-3ПК-3 освоены на среднем уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если в курсовом проекте допущены существенные ошибки, студент показывает разрозненные знания базирования и баз в машиностроении; точность механической обработки, стандарты систем ЕСКД, ЕСТД и ЕСТПП; выбор технологической оснастки и назначение режимов резания; виды и назначение режущего инструмента, определение режимов резания. Умеет с подсказками преподавателя выбирать заготовки для производства и вести разработку технологических процессов изготовления деталей, выполнять нормирование труда в машиностроении. Владеет навыками инструментального обеспечения механосборочного цеха, навыками оформления технологической документации. Имеются существенные недочеты в содержании и оформлении расчетно-пояснительной записки. Графическая часть содержит значительные отступления от требований ЕСКД. Допускается несколько ошибок в содержании ответа. Компетенции ИД-2ПК-2, ИД-3ПК-2, ИД-4ПК-2, ИД-3ПК-3 частично освоены на минимальном уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если его ответ показывает поверхностные знания базирования и баз в машиностроении; точность механической обработки, стандарты систем ЕСКД, ЕСТД и ЕСТПП; выбор технологической оснастки и назначение режимов резания; виды и назначение режущего инструмента, определение

режимов резания. Не умеет выбирать заготовки для производства и вести разработку технологических процессов изготовления деталей, выполнять нормирование труда в машиностроении. Не владеет навыками инструментального обеспечения механосборочного цеха, навыками оформления технологической документации. Поставленную задачу студент сам не решает. Не написан какой-либо раздел проекта, отсутствуют или выполнены с грубыми нарушениями требований ЕСКД листы графической части, или имеются отступления от плана написания курсового проекта. Серьезные ошибки в содержании ответа. Компетенции ИД-2_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-3} не освоены.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия осуществляется в соответствии Положением о выполнении и защите курсовых работ (проектов) в СКФУ.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенции: ИД-2_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-3}.

Для выполнения курсового проекта по дисциплине необходимо использовать методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине "Технология машиностроения" для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профиль подготовки – Технология машиностроения). Время, отводимое на выполнение задания - 30 часов.

При проверке задания, оцениваются:

- последовательность и рациональность выполнения;
- точность расчетов;
- правильность выполнения графической части;
- правильность оформления расчетно-пояснительной записки;
- умение использовать методическую и техническую литературу;
- практические навыки по выполнению расчетно-проектировочной работы;
- практические навыки при разработке конструкторской документации;
- практические навыки при разработке технологических карт;
- правильность разработки технологической документации;
- аккуратность оформления.

При защите проекта оцениваются:

- четкость и выразительность изложения доклада;
- умение применять теоретические знания основной и дополнительной литературы;
- правильность ответов на вопросы;
- связь проекта с производственным опытом;
- инициативность в поиске информации.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-2 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-3} .	последовательность и рациональность выполнения	
	точность расчетов	
	правильность выполнения графической части	
	правильность оформления расчетно-пояснительной записки	
	умение использовать методическую и техническую литературу	

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
	практические навыки по выполнению расчетно-проектировочной работы	
	практические навыки при разработке конструкторской документации	
	практические навыки при разработке технологических карт	
	правильность разработки технологической документации	
	аккуратность оформления	
	четкость и выразительность изложения доклада	
	умение применять теоретические знания основной и дополнительной литературы	
	правильность ответов на вопросы	
	связь проекта с производственным опытом	
	инициативность в поиске информации	

Комплект заданий для проведения мастер-класса по теме «Определение погрешностей геометрической точности станков»

Необходимо выполнить следующие задания и ответить на вопросы.

Базовый уровень

1. Проверка прямолинейности продольного перемещения суппорта в горизонтальной и вертикальной плоскостях.
2. Проверка одновысотности оси вращения шпинделя передней бабки по отношению к направляющим станины в вертикальной плоскости.
3. Проверка параллельности перемещения задней бабки перемещению суппорта, проверяемого в вертикальной и горизонтальной плоскостях.
4. Проверка краевого биения опорного буртика шпинделя передней бабки.
5. Проверка осевого биения ходового винта.

Повышенный уровень

6. Рассчитать, к каким погрешностям обрабатываемого вала приведут определенные вами на данном станке погрешности прямолинейности продольного перемещения суппорта в вертикальной плоскости и погрешности одновысотности оси вращения шпинделя передней бабки и оси отверстия пиноли задней бабки по отношению к направляющим станины в вертикальной плоскости.

Защита работы студента проходит в виде выступления (мастер-класса) и демонстрации возможностей оборудования (инженер кафедры, зав. лабораторией).

Комплект заданий для проведения мастер-класса по теме «Определение погрешностей обработки, вызываемых размерным износом режущего инструмента»

Необходимо выполнить следующие задания и ответить на вопросы.

Базовый уровень

1. Установить заготовку на станок, поджать задним центром и надежно закрепить в трехкулачковом патроне.
2. Установить резец в измерительное устройство и определить начальную длину резца.
3. Произвести обтачивание заготовки в течение двух минут, после чего резец снять и охладить.
4. Установить резец в измерительное устройство и определить изменение начальной длины резца.
5. Повторить 5–7 раз. Результаты записать в протокол.
6. По результатам опытов построить график зависимости размерного износа I_p от пути резания $L_{рез}$.
7. Для участка нормального износа определить относительный размерный износ.

Повышенный уровень

8. Рассчитать погрешности обработки, вызываемые размерным износом режущего инструмента.

Защита работы студента проходит в виде выступления (мастер-класса) и демонстрации возможностей оборудования (инженер кафедры, зав. лабораторией).

Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение

информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки, при ответе на вопрос привлечены дополнительные источники информации, в том числе и многовариантный анализ ситуации, что свидетельствует о высоком уровне усвоения компетенций.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно, что свидетельствует о среднем уровне усвоения компетенций.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками, что свидетельствует о минимальном усвоении компетенций.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если знания, умения и навыки отсутствуют, что свидетельствует о недостаточном уровне усвоения компетенций.

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя: выступление студента перед аудиторией и ответ студентом на вопросы по теме дисциплины.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить ИД-2_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-3} компетенции. Освоение компетенций на повышенном уровне предполагает изучение дополнительной научной и учебной литературы и четкие ответы на вопросы без ошибок. При освоении компетенции на базовом уровне студент изучил основную литературу, при ответе возможны 2...3 негрубые ошибки.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо изучить рекомендуемую литературу.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования своими конспектами лекций, методическими указаниями по дисциплине, тетрадями по лабораторным работам, справочными таблицами.

При проверке задания, оцениваются:

- степень усвоения программного материала;
- правильность и четкость ответов;
- способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников;
- способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса;
- умение использовать методическую и техническую литературу;
- инициативность в поиске информации;
- правильность речи в быстром или умеренном темпе.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-2 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-3}	степень усвоения программного материала	
	способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников	
	способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса	
	правильность и четкость ответов	
	правильность речи в быстром или умеренном темпе	
	умение использовать методическую и техническую литературу	
	инициативность в поиске информации	

Задания для групповых творческих работ для проведения практического занятия по теме: «Определение типа производства по его характеристике – коэффициенту закрепления операций»

Групповые творческие задания:

1. Определите число операций $\sum P_{O_i}$, выполняемых на участке в течение месяца при односменной работе.
2. Определите явочное число рабочих на участке на одну смену $\sum P_{Я_i}$.
3. Рассчитайте величину $K_{з.о}$ и по его значению определите тип производства.
4. Определите оплату затрат подготовительно-заключительного времени $З_{п.з.г}$.
5. Определите стоимость запасов незавершенного производства H_o .
6. Определите оплату затрат по планированию и учету движения продукции $З_r$.

Примечание. В указанной выше последовательности выполнить расчеты для двух наименований деталей, указанных в варианте задания.

7. Проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы о влиянии величины $K_{з.о}$ на изучаемые в работе элементы себестоимости выпускаемой продукции.
8. Составьте отчет.

Таблица 1 - Исходные данные для определения типа производства, оплаты затрат подготовительно-заключительного времени, затрат по планированию и учету движения продукции и стоимости запасов незавершенного производства

№ варианта	№ детали	К-во операций	$T_{шт-к}$ на операцию						N_r	C_z , тыс. руб.	C, млн. руб.
			1	2	3	4	5	6			
1	1	5	6	5	8	7	9	-	3000	1,1	7,875
	2	5	4	7	10	11	5	-	10000	1,15	25
2	3	4	3	7	8	5	-	-	2000	1,1	5,5
	4	4	5	8	9	6	-	-	8000	1,15	23
3	5	5	7	15	12	10	8	-	1000	1,2	3
	6	5	6	7	8	5	6	-	9000	1,25	28,125
4	7	6	3	4	3	5	2	4	12000	1,25	37,5
	8	6	6	7	7	5	6	4	2000	1,2	6
5	9	5	5	6	7	6	7	-	5000	0,55	6,875
	10	5	6	8	9	6	7	-	15000	0,5	18,75
6	11	4	3	4	6	5	-	-	7000	0,45	7
	12	4	5	6	7	8	-	-	1500	0,4	1,5

7	13	5	3	4	5	4	6	-	3500	0,62	5,425
	14	5	7	6	8	5	7	-	8000	0,61	12,2
8	15	6	6	7	5	8	5	4	1500	0,7	2,625
	16	6	8	9	10	7	6	9	5000	0,71	8,875
9	17	5	8	6	5	7	7	-	15000	0,81	30,375
	18	5	9	8	6	5	7	-	6000	0,8	12
10	19	4	4	5	5	6	-	-	2000	0,95	4,75
	20	4	8	10	9	7	-	-	5000	0,94	11,75
11	21	5	3	4	3	5	6	-	2500	0,91	5,687
	22	5	6	7	5	6	4	-	7500	0,92	17,25
12	23	6	8	7	6	7	8	9	8000	1,3	26
	24	6	4	5	4	6	5	7	3000	1,31	9,825
13	25	5	6	8	7	5	4	-	11000	1,15	31,625
	26	5	9	8	7	8	10	-	1000	1,2	3
14	27	5	5	4	6	7	3	-	9000	0,75	16,875
	28	5	3	4	3	5	4	-	400	0,76	7,6

9. Ответьте на вопросы.

1. Какой период времени принимается в расчет при определении $K_{3,0}$?
2. Для каких условий работы (в одну или две смены) рассчитывается $K_{3,0}$?
3. Как рассчитывается коэффициент загрузки станка ?
4. Что Вы понимаете под термином «нормативный коэффициент загрузки станка» и какова его величина в данной работе?
5. Каким образом в работе определяется количество операций $\sum P_{oi}$, выполняемых в течение месяца на участке?
6. Как влияет величина $K_{3,0}$ на затраты подготовительно-заключительного времени?
7. Каким образом величина $K_{3,0}$ влияет на стоимость запасов незавершенного производства?
8. Как влияет величина $K_{3,0}$ на затраты по планированию и учету движения продукции?
9. При каких значениях $K_{3,0}$ производство считается крупносерийным, среднесерийным и мелкосерийным?

Задания для групповых творческих работ

для проведения практического занятия по теме:

«Выбор рациональных схем базирования при установке заготовки на призму»

Групповые творческие задания:

1. Изучить методику определения погрешности базирования при установке заготовки на

призму по схемам, показанным на рисунке 1.

2. По своему варианту задания (табл. 1) определить погрешность базирования заготовки по двум схемам (рис. 1, формулы (1), (2), (3)) и сравнить полученные значения.

3. Оформить отчет о работе и сделать выводы.

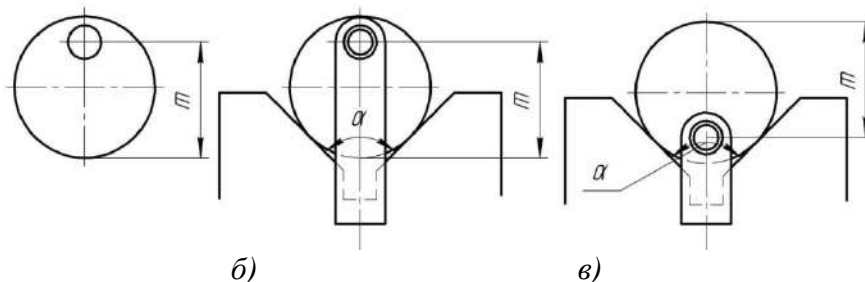


Рисунок 1 – Схемы установки шайбы

Таблица 1 – Варианты заданий для выполнения работы

номер вариан- та	T_D , мм	α_1 , ° рис. 2.8б)	α_2 , ° рис. 2.8в)	номер варианта	T_D , мм	α_1 , ° рис. 2.8б)	α_2 , ° рис. 2.8в)
1	0,01	90	120	11	0,30	90	90
2	0,03	90	90	12	0,40	120	120
3	0,20	120	120	13	0,60	120	90
4	0,10	120	90	14	0,90	90	120
5	0,25	90	120	15	1,20	90	90
6	0,50	90	90	16	0,35	90	90
7	0,70	120	120	17	0,45	120	120
8	1,00	120	90	18	0,55	120	90
9	0,80	90	120	19	0,65	90	120
10	0,70	90	90	20	0,75	90	90

1. Что такое базирование, закрепление заготовки в приспособлении?
2. Как классифицирую базы по назначению?
3. Что нужно сделать для полной определенности положения твердого тела в пространстве?
4. Какие Вы знаете виды баз по лишаемым степеням свободы?
5. Что такое «схема базирования»?
6. Каковы основные принципы базирования?
7. Что такое «погрешность базирования»?

Задания для групповых творческих работ по дисциплине

«Технология машиностроения» для проведения практического занятия по теме:
«Проектирование технологического процесса изготовления корпуса»

Групповые творческие задания:

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Спроектировать маршрут обработки детали.
3. Для каждой операции указать схему базирования и закрепления заготовки.
4. Выбрать оборудование.
5. Выбрать технологическое оснащение для одной из операций.
6. Сделать выводы и оформить отчет.
7. К защите работы подготовьте ответы на вопросы:
 - 7.1. Служебное назначение изделия. Анализ конструкции и технических требований.
 - 7.2. Основные технические требования на изготовление корпусных деталей.
 - 7.3. Опишите технологический процесс изготовления корпуса.
 - 7.4. Выбор технологической оснастки, режущего инструмента и контрольно-измерительных

средств.

Задания для групповых творческих работ по дисциплине
«Технология машиностроения» для проведения практического занятия по теме:
«Проектирование технологического процесса изготовления шпинделя»

Групповые творческие задания:

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Спроектировать маршрут обработки шпинделя.
3. Для каждой операции указать схему базирования и закрепления заготовки.
4. Выбрать оборудование.
5. Выбрать технологическое оснащение для одной из операций.
6. Сделать выводы и оформить отчет.
7. К защите работы подготовьте ответы на вопросы:
 - 7.1. Служебное назначение изделия. Анализ конструкции и технических требований.
 - 7.2. Основные технические требования на изготовление шпинделя.
 - 7.3. Опишите технологический процесс изготовления шпинделя.
 - 7.4. Выбор технологической оснастки, режущего инструмента и контрольно-измерительных средств.

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки, при ответе на вопрос привлечены дополнительные источники информации, в том числе и многовариантный анализ ситуации, что свидетельствует о высоком уровне усвоения компетенций.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно, что свидетельствует о среднем уровне усвоения компетенций.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками, что свидетельствует о минимальном уровне усвоении компетенций.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если знания, умения и навыки отсутствуют, что свидетельствует о недостаточном уровне усвоении компетенций.

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенции: ИД-2ПК-2, ИД-3ПК-2, ИД-4ПК-2, ИД-3ПК-3.

Для выполнения задания по дисциплине необходимо использовать практикум по дисциплине "Технология машиностроения" для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профиль подготовки – Технология машиностроения).

При проверке задания, оцениваются:

- последовательность и рациональность выполнения;
- точность расчетов;
- умение использовать методическую и техническую литературу;
- аккуратность оформления.

При защите работы оцениваются:

- четкость и выразительность изложения доклада;
- умение применять теоретические знания основной и дополнительной литературы;
- правильность ответов на вопросы;

- связь проекта с производственным опытом;
- инициативность в поиске информации.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-2 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-3} .	последовательность и рациональность выполнения	
	точность расчетов	
	умение использовать методическую и техническую литературу	
	аккуратность оформления	
	четкость и выразительность изложения доклада	
	умение применять теоретические знания основной и дополнительной литературы	
	правильность ответов на вопросы	
	связь проекта с производственным опытом	
	инициативность в поиске информации	

Тесты

Паспорт фонда тестовых заданий

№ п/п	Проверяемые темы дисциплины	Проверяемые компетенции	Тип теста*			
			зф ¹	оф ²	ус ³	пп ⁴
1	Технология машиностроения. Предмет дисциплины. Основные понятия и определения.	ИД-2 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-3}	8			
2	Типы производства и методы его работы.	ИД-2 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-3}	12			
3	Базирование и базы в машиностроении	ИД-2 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-3}	11			
4	Анализ технологичности конструкции изделия.	ИД-2 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-3}	11			
5	Виды заготовок и припуски на механическую обработку.	ИД-2 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-3}	8			
6	Точность механической обработки. Анализ точности механической обработки методами математической статистики.	ИД-2 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-3}	14	1	1	
7	Выбор технологической оснастки и назначение режимов резания.	ИД-2 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-3}	20		3	1
8	Обработка плоскостных и корпусных деталей.	ИД-2 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-3}	4	1		1
9	Обработка деталей класса валов.	ИД-2 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-3}	9		1	2
10	Обработка деталей класса втулок и дисков.	ИД-2 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-3}	2		1	

1 1	Основные понятия и определения технологии сборки узлов и изделий.	ИД-2 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-3}	6	2		
1 2	Обработка зубчатых, резьбовых и шлицевых поверхностей.	ИД-2 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-3}	7	3		1
1 3	Нормирование труда в машиностроении.	ИД-2 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-3}	12	1		
1 4	Оформление технологической документации.	ИД-2 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-3}	10		4	
	Всего		134	8	10	5

* отметить тип теста «+»

¹ задания закрытой формы (с выбором одного или нескольких правильных ответов из предложенного набора вариантов);

² задания открытой формы (ответ формулируется самостоятельно);

³ задания на установление соответствия (с установлением правильного соответствия между элементами двух представленных множеств);

⁴ задания на установление правильной последовательности (с указанием правильного порядка перечисленного набора элементов).

Тема 1. Технология машиностроения. Предмет дисциплины. Основные понятия и определения.

I:

S: Предмет или набор предметов, полученных в результате целенаправленных трудовых действий это

+: изделие

-: термообработка

-: технологический процесс

-: производственный процесс

I:

S: Изделия, изготовленные из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций это

-: заготовки

+: детали

-: машины,

-: сборочные подгруппы

-: комплекты

I:

S: Под ... промышленной продукции понимается совокупность свойств, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

-: стандартизацией

-: работоспособностью

+: качеством

-: потребительской стоимостью

I:

S: ... — изделия, составные части которых подлежат соединению между собой на предприятии – изготовителе путем применения сборочных операций.

- : Детали
- : Комплексы
- : Комплекты
- +: Сборочные единицы

I:

S: Совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления и ремонта продукции это ...

- : рабочее место
- : технологический процесс
- +: производственный процесс
- : сборка изделия
- : ремонтная операция

I:

S: Последовательное изменение формы, размеров, свойств материала в целях получения детали или изделия в соответствии с заданными техническими требованиями

- +: технологический процесс
- : производственный процесс
- : сборочный процесс
- : окрасочный процесс

I:

S: Участок производственной площади, оборудованный в соответствии с выполняемой на нём работой называется

- : проходом
- : резервным местом
- +: рабочим местом
- : опасной зоной

I:

S: Законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте над одним изделием без перехода к обработке другого изделия называется ...

- : маршрутом обработки
- : сборкой изделия
- +: технологической операцией
- : вспомогательным переходом

Тема 2. Типы производства и методы его работы.

I:

S: по ГОСТ 14.004 — 83 называется классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности и стабильности объема выпуска продукции

- : Видом производства
- +: Типом производства
- : Категорией производства
- : Объемом производства

I:

S: по ГОСТ 14.004 — 83 называется классификационная категория производства, выделяемая по признаку применяемого метода изготовления изделий.

+: Видом производства

-: Типом производства

-: Категорией производства

-: Объемом производства

I:

S: Поточный вид организации производственного процесса присущ ... производству.

+: массовому

-: единичному

-: мелкосерийному

-: собственному

I:

S: Тип производства характеризуется ...

-: коэффициентом насыщенности оборудования

-: коэффициентом укомплектованности рабочего места станочника

+: коэффициентом закрепления операций

-: качеством выпускаемой продукции

I:

S: Интервал времени, через который периодически производится выпуск изделий или заготовок определенного наименования, типоразмера и исполнения это ...

+: такт выпуска

-: ритм выпуска

-: правило выпуска

-: один час

I:

S: Станочное оборудование на потоке должно быть загружено не менее чем на ...

-: 110 процентов

-: 60 процентов

+: 70 процентов

-: 100 процентов

I:

S: Приведение длительности операции к промежутку времени кратному такту выпуска называется

-: концентрацией

-: дифференциацией

+: синхронизацией

-: детализацией

I:

S: Разделение сложной операции на отдельные технологические переходы называется ...

-: концентрацией

+: дифференциацией

-: синхронизацией

-: детализацией

I:

S: Для крупносерийного и массового производств наиболее характерна организация производства, при которой станки располагают ...

-: по типам станков.

-: в последовательности выполнения технологического маршрута.

+: в последовательности выполнения технологических операций.

-: по порядку возрастания сложности.

I:

S: Операция механической обработки состоит из элементов:

+: установка, позиция, переход, проход, приём.

-: контроль, обработка, покраска.

-: обработка, обмер, упаковка.

-: контроль, установка, проход, приём

I:

S: К основным особенностям единичного производства относится ...

+: широкая универсальность оборудования, приспособлений и инструмента

-: применение автоматических линий

-: низкая квалификация рабочих

-: применение роботов

I:

S: При мелкосерийном или единичном производстве необходимо ориентироваться на

+: универсальное оборудование

-: автоматическое оборудование

-: роботизированные комплексы

-: станки с ЧПУ

Тема 3. Базирование и базы в машиностроении

I:

S: Поверхность, линии, точки, служащие для ориентации детали на станке, для расположения детали в узле или изделия или измерения детали называется ...

+: базой

-: линейкой

-: штангенинструментом

-: закреплением

I:

S: Придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат называют ...

-: закреплением

-: координированием

+: базированием

-: систематизированием

I:

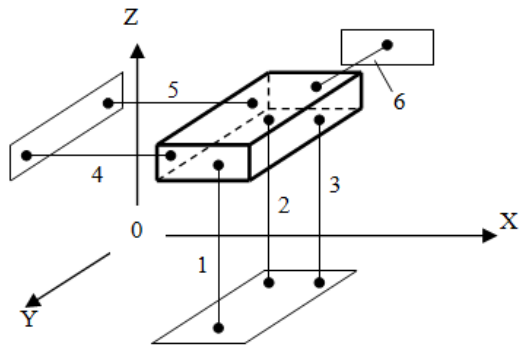
S: Три координаты лишают деталь трёх степеней свободы и определяют положение относительно плоскости ...

-: YOZ

+: XOY

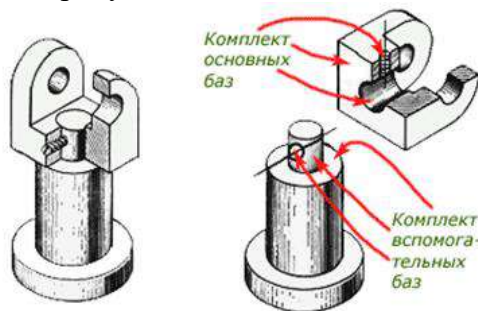
-: XOZ

-: XZY



I:

S: На рисунке показаны ...

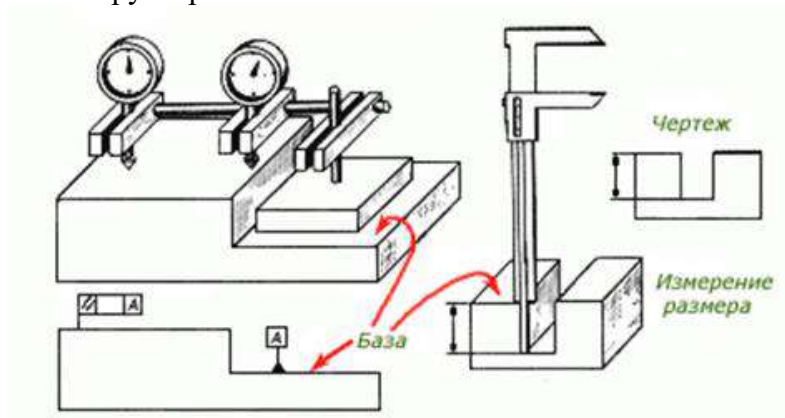


- : технологические базы
- : направляющие базы
- : главные базы
- +: конструкторские базы

I:

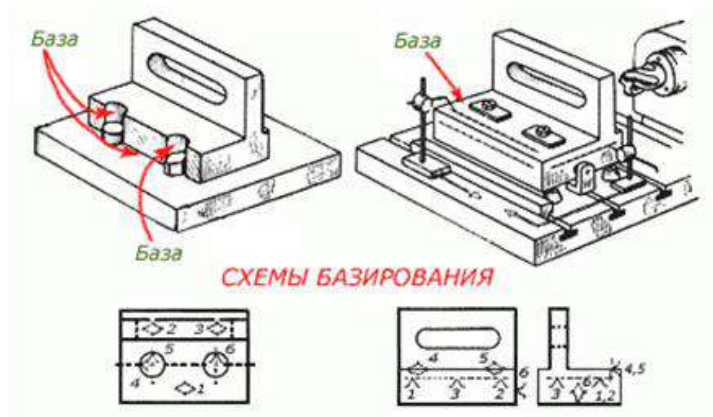
S: На рисунке показаны ...

- +: измерительные базы
- : направляющие базы
- : главные базы
- : конструкторские базы



I:

S: На рисунке показаны ...



- + : технологические базы
- : направляющие базы
- : главные базы
- : конструкторские базы

I:

S: База, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их трех степеней свободы называется ...

- : направляющая
- : опорная
- + : установочная
- : лишаящая

I:

S: Суть принципа ... - при обработке деталей в качестве технологических баз следует выбирать поверхности, которые являются одновременно измерительными и конструкторскими базами.

- : постоянства баз
- + : совмещения баз
- : поворота баз
- : автоматизации баз

I:

S: Чтобы осуществить надежную установку заготовки при механической обработке в общем случае необходимо лишить его ... степеней свободы

- : двух
- : четырех
- : восьми
- + : шести

I:

S: называется база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их двух степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси.

- : Установочной
- : Опорной
- : Вращающей
- + : Направляющей

I:

S: ... называется база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их одной степени свободы – перемещения вдоль одной координатной оси или

поворота вокруг оси.

-: Установочной

+: Опорной

-: Вращающей

-: Направляющей

Тема 4. Анализ технологичности конструкции изделия.

I:

S: ... конструкции - параметр, оценивающий машину (деталь) в отношении возможности оптимального использования материалов, средств и времени при её изготовлении и ремонте.

-: масса

-: работоспособность

-: материалоемкость

+: технологичность

I:

S: технологичность конструкции изделия проявляется в сокращении затрат времени и средств на техническое обслуживание и текущий ремонт изделия

-: производственная

-: ремонтная

+: эксплуатационная

-: конструкторская

I:

S: Коэффициент использования металла является основной количественной характеристикой металлоемкости детали и определяется из соотношения

$$K_{y.c} = \frac{C_T}{C_{T.B}}$$

$$K = \frac{d_1 - d_2}{P_1}$$

$$K_{зан} = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_n$$

$$K = m_d / m_3$$

I:

S: Технологическая себестоимость определяется по формуле:

$$C_T = C_M + C_3 + C_{цр}$$

$$K_{y.c} = \frac{C_T}{C_{T.B}}$$

$$C_T = C_1 + C_2 + \frac{C_3}{n}$$

$$C = \frac{m_d}{m_3}$$

I:

S: Уровень технологичности конструкции по технологической себестоимости:

$$C = \frac{m_d}{m_3}$$

-:

$$+; K_{y.c} = \frac{C_T}{C_{T.B}}$$

$$-; K = \frac{d_1 - d_2}{P_1}$$

$$-; K_{зан} = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_n$$

I:

S: Уровень технологичности по трудоёмкости изделия:

$$+; K_{y.T.} = \frac{T_{II}}{T_{II.B.}}$$

$$-; C = \frac{m_{\partial}}{m_3}$$

$$-; K_{y.c} = \frac{C_T}{C_{T.B}}$$

$$-; K = \frac{d_1 - d_2}{P_1}$$

I:

S: Обобщение конструкторских решений, зафиксированных в государственных стандартах - это ...

+; стандартизация

-; унификация

-; нормализация

-; классификация

I:

S: Обобщение конструкторских решений в виде внутризаводских и ведомственных нормалей - это

+; нормализация

-; стандартизация

-; унификация

-; классификация

I:

S: Обобщение конструкторских решений без оформления специальной документации - это ...

+; унификация

-; стандартизация

-; нормализация

-; технофикация

I:

S: Конструкция вала технологична, если ...

$$-; d_{\max} - d_{\min} \triangleright 40$$

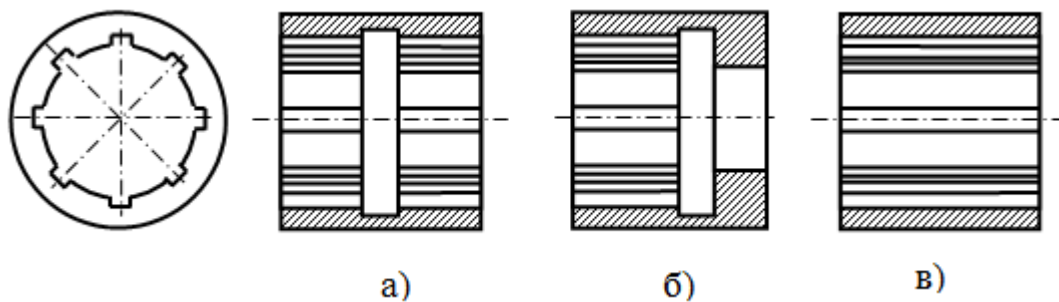
$$-; d_{\max} - d_{\min} = 50$$

$$+; d_{\max} - d_{\min} \triangleleft 30$$

$$-; d_{\max} - d_{\min} = 70$$

I:

S: Технологичная конструкция показана на рисунке



-: а)

-: б)

+: в)

Тема 5. Виды заготовок и припуски на механическую обработку.

I:

S: Слой металла, удаляемый с поверхности исходной заготовки в процессе механической обработки с целью получения готовой детали, называется...

-: промежуточным припуском

+: общим припуском

-: операционным припуском

-: механическим припуском

I:

S: Слой металла, удаляемый при выполнении технологической операции, называют ...

-: промежуточным припуском

-: общим припуском

+: операционным припуском

-: механическим припуском

I:

S: В процессе литья инструментом, создающим конфигурацию получаемой заготовки, является, в которую заливают жидкий металл для затвердевания.

-: протяжка

+: форма

-: фреза

-: оправка

I:

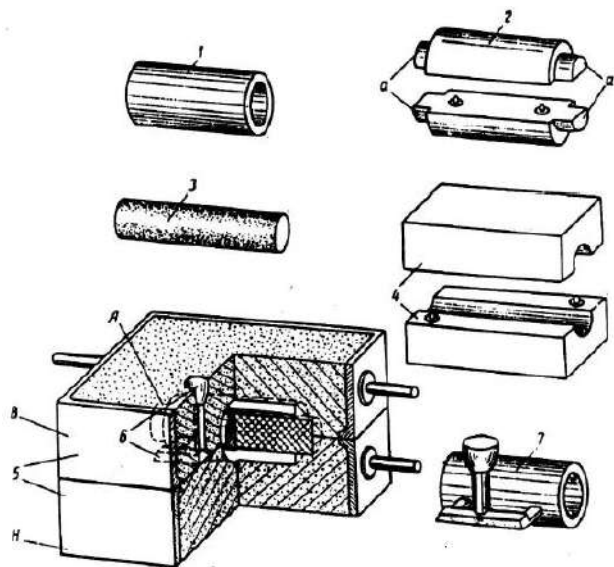
S: На рисунке изображена схема

+: процесса получения отливки в разовых формах

-: волочения проволоки

-: холодной штамповки

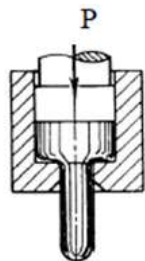
-: протягивания



I:

S: На рисунке показана схема

- : свободнойковки
- : разрезки прутка
- : холодной листовой

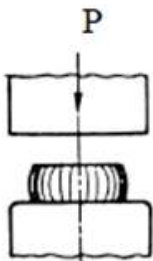


+: прессования

штамповки

I:

S: На рисунке показана схема

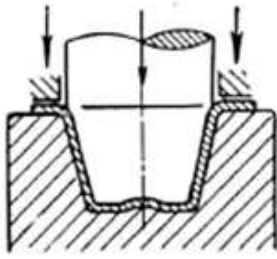


- : вырубке заготовки
- +: свободнойковки
- : горячей объемной штамповки
- : холодной листовой штамповки

I:

S: На рисунке показана схема

- : прессования
- : свободнойковки
- : горячей объемной штамповки
- +: холодной листовой штамповки



I:

S: У заготовок, изготовленных из, изменённый слой представляет собой перлитную корку, которая обычно полностью удаляется в первом переходе при обработке лезвийным инструментом.

-: меди

-: алюминия

-: инструментальной стали

+: серого чугуна

Тема 6. Точность механической обработки. Анализ точности механической обработки методами математической статистики.

I:

S: Количественным показателем точности (нормой точности) является ...

+: погрешность

-: мерительный инструмент

-: напуск

+: допуск

I:

S: С уменьшением допуска, стоимость обработки ...

+: возрастает

-: уменьшается

-: не меняется

-: колеблется

I:

S: Степень соответствия действительного значения геометрического параметра его заданной величине это

-: шероховатость поверхности

+: точность изделия

-: предел прочности детали

-: волнистость поверхности

I:

S: это численное отклонение действительного (измеренного) значения параметра от его заданного значения.

+: Погрешность

-: Шероховатость поверхности

-: Точность изделия

-: Предел прочности детали

I:

S: Метод заключается в удалении со всей обрабатываемой поверхности или ее

участка части припуска с последующим замером изделия.

- : автоматического получения размеров
- +: пробных ходов и замеров
- : точного точения
- : предварительного точения

I:

S: Метод автоматического получения размеров применяется при обработке деталей партиями в производстве.

- : единичном
- +: крупносерийном и массовом
- : мелкосерийном и единичном
- : мелкосерийном и среднесерийном

I:

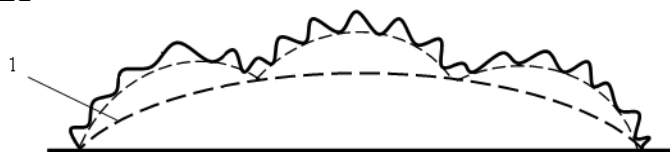
S: называется процесс установки относительного положения инструмента и заготовки в приспособлении на станке для получения заданной точности изделия.

- +: Настройкой
- : Заточкой
- : Измерением
- : Обработкой

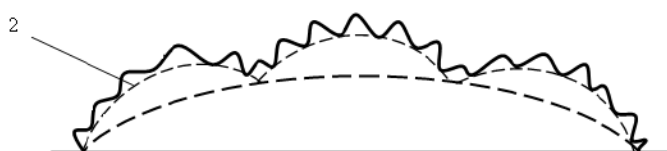
I:

S: Виды отклонений от правильной геометрической формы

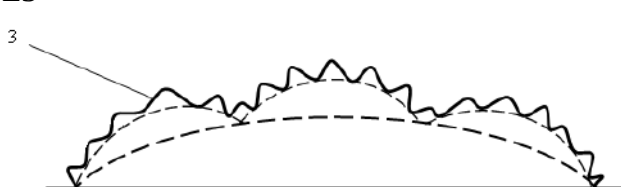
L1



L2



L3



R1 Макроотклонения

R2 Волнистость

R3 Шероховатость

I:

S: ### погрешности не подчиняются видимым закономерностям.

- +: Случайные
- +: случайные

I:

S: Размах выборки определяется по зависимости

+: $R = x_{\max} - x_{\min}$

$$\Delta x = \frac{R}{1 + 3,322 \cdot \ln n}$$

$\therefore \Delta x = U_0(1 + g),$
 $\therefore x_{1H} = x_{\min} - \Delta x / 2.$

I:

S: Из таблицы распределения размеров следует, что частность события составляет

№ интервал а	Границы интервала, мм		Регистрация частот	Частота, f_j	Частость, k_j
	x_{jH}	x_{jK}			
1	x_{1H}	x_{1K}	XX	2	0,0166
2	x_{2H}	x_{2K}	X	1	0,0083
3	x_{3H}	x_{3K}	XXXXX	5	0,0416
4	x_{4H}	x_{4K}	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	20	0,1666
5	x_{5H}	x_{5K}	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	18	0,1500
6	x_{6H}	x_{6K}	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXX	28	0,2333
7	x_{7H}	x_{7K}	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXX	27	0,2250
8	x_{8H}	x_{8K}	XXXXXXXXXXXXX	13	0,1083
9	x_{9H}	x_{9K}	XXXX	4	0,0333
10	x_{10H}	x_{10K}	XX	2	0,0166
Итого:				120	

+: 0,9996

+: 1,0

+: 1

+: 0,999

I:

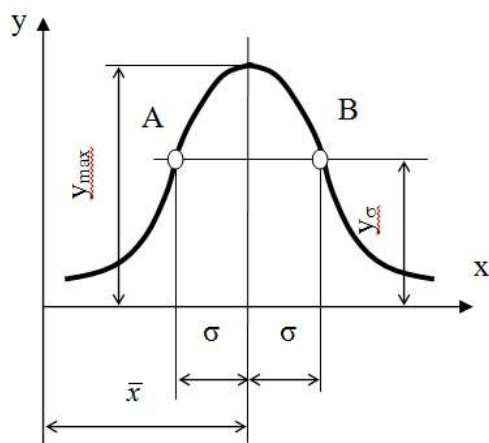
S: На рисунке показана ...

+: кривая нормального распределения

-: кривая износа инструмента

-: экспоненциальная кривая

-: кривая ненормального распределения



I:

$$y(x, \bar{x}, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}$$

S: Функция, представленная этим выражением , называется законом

- : распределения Вейбулла.
- +: нормального распределения.
- : экспоненциального распределения
- : логарифмически нормального распределения

I:

S: Правило ... абсолютная величина отклонения случайной величины от математического ожидания не превосходит утроенного среднего квадратичного отклонения

- +: трех сигм
- : сигмы в третьей степени
- : Лапласа
- : поиска случайной величины

I:

S: Оценка производится сопоставлением поля рассеяния с допуском размера.

- : прямолинейности
- +: точности
- : погрешности
- : шероховатости

I:

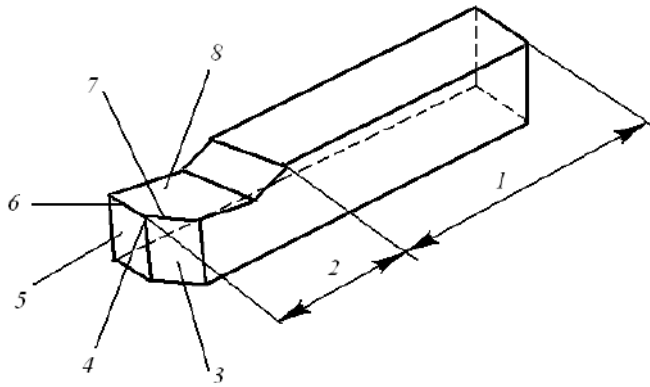
S: Погрешность обработанной заготовки зависит от...

- +: погрешности методов и средств испытаний.
- +: погрешности настройки станка.
- : квалификации конструктора.
- : годовой программы выпуска.
- : модели изделия.

Тема 7. Выбор технологической оснастки и назначение режимов резания.

I:

S: Соответствие между цифрами и названиями элементов резца



L1: 1

L2: 2

L3: 3

L4: 8

L5: 7

R1: стержень

R2: головка

R3: главная задняя поверхность

R4: передняя поверхность

R5: режущая кромка

I:

S: Соответствие между цифрами и названиями элементов сверла

L1: 1

L2: 2

L3: 3

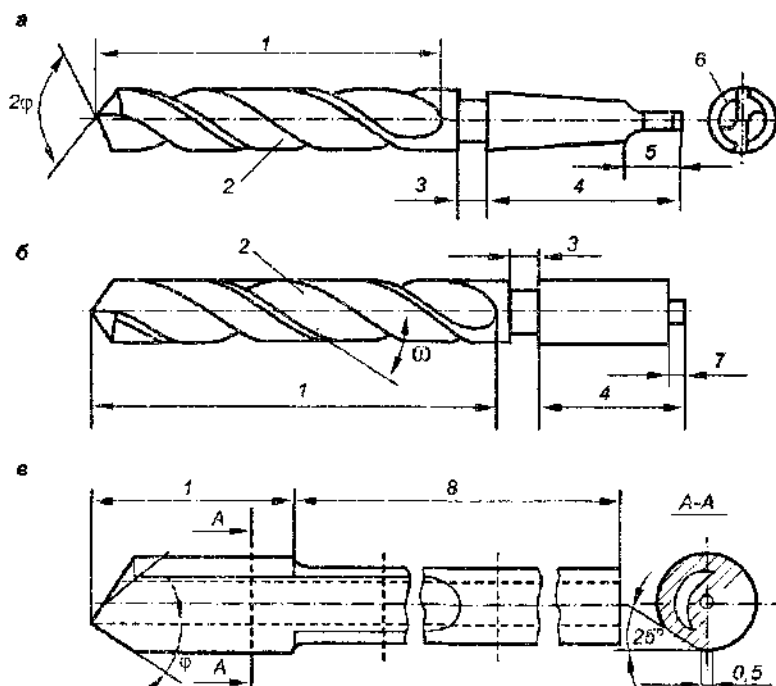
L4: 4

R1: рабочая часть

R2: спиральная канавка

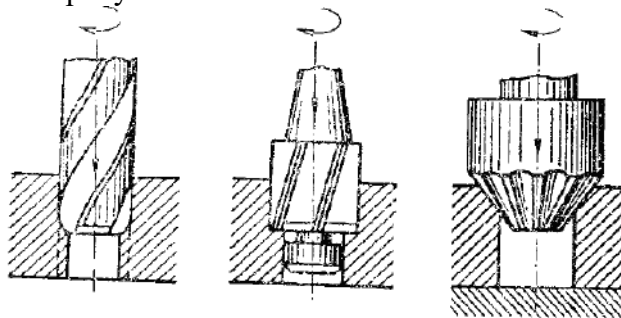
R3: шейка

R4: хвостовик



I:

S: На рисунке показаны



+: Схемы обработки отверстий зенкерами

-: Схемы обработки отверстий свёрлами

-: Схемы обработки отверстий фрезами

-: Схемы обработки отверстий резцами

I:

S: Режимы резания назначают в следующем порядке: глубина резания (t); подача (S);

-: частота вращения (n)

+: скорость резания (V)

-: время обработки (T)

I:

S: Частоту вращения обрабатываемой заготовки рассчитывают по формуле ...

$$n = \frac{1000V}{\pi d}$$

+:

$$n = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

-:

$$n = \frac{V \pm \sqrt{t - 4ac}}{2s}$$

-:

$$K = \frac{d_1 - d_2}{P_1}$$

-:

I:

S: Приведенные зависимости используют для определения

L1:
$$T_{\text{ш}} = T_o + T_{\text{с}} + T_{\text{об}} + T_{\text{от}} + \frac{T_{n-3}}{n}$$

L2:
$$T_o = \frac{L_{\text{р.х.}} \cdot i}{n_{\text{шн}} \cdot s}$$

L3:
$$L_{\text{р.х.}} = L_{\text{рез.}} + L_1 + L_2 + L_3 + L_{\text{дон.}}$$

L4:
$$N_{\text{расч}} = \frac{F_z \cdot V}{1020 \cdot 60}$$

R1: Общая норма времени (мин) на механическую обработку одной заготовки

R2: Основное технологическое время (мин).

R3: Расчётная длина рабочего хода инструмента, мм.

R4: Мощность резания (кВт), потребляемая при черновом точении

I:

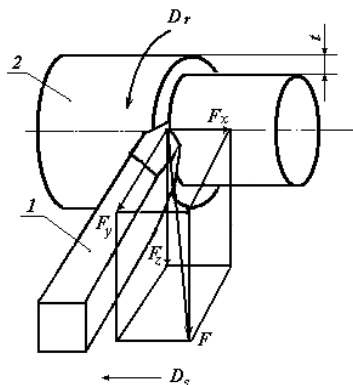
S: На рисунке показана схема сил, действующих на ...

+: резец

-: сверло

-: фрезе

-: станок



I:

S: Глубина резания определяется

+: припуском на обработку

-: нормой машинного времени

-: поперечной подачей

-: скоростью резания

I:

S: При черновом точении глубину резания назначают ...

+: максимальной

-: минимальной

-: симметричной

-: нулевой

I:

S: Рекомендуется для данных условий обработки выбирать ... величину подачи.

+: максимально возможную

-: минимально возможную

-: дробную

-: нулевую

I:

S: Последовательность определения режимов резания

1: определение глубины резания (t)

2: определение подачи (S)

3: расчёт скорости резания (v)

4: расчёт числа оборотов вращения шпинделя (n)

5: согласование расчётного числа оборотов с фактическим числом оборотов

6: корректировка скорости резания

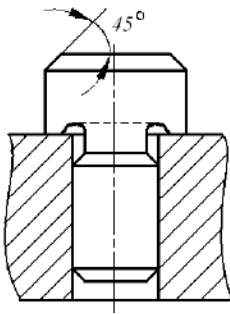
7: расчёт мощностных потребностей при обработке

8: согласование мощности расчётной с мощностью станка

I:

S: На рисунке показана ...

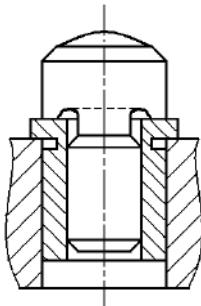
- + : постоянная установочная опора с плоской поверхностью.
- : постоянная установочная опора со сферической поверхностью.
- : постоянная установочная опора с рифлёной поверхностью.
- : болт.
- : регулируемая опора.



I:

S: На рисунке показана ...

- : плоская опора с установкой в переходную втулку.
- : регулируемая опора.
- : опорная пластина.
- : рифлёная опора.
- + : сферическая опора с установкой в переходную втулку.



I:

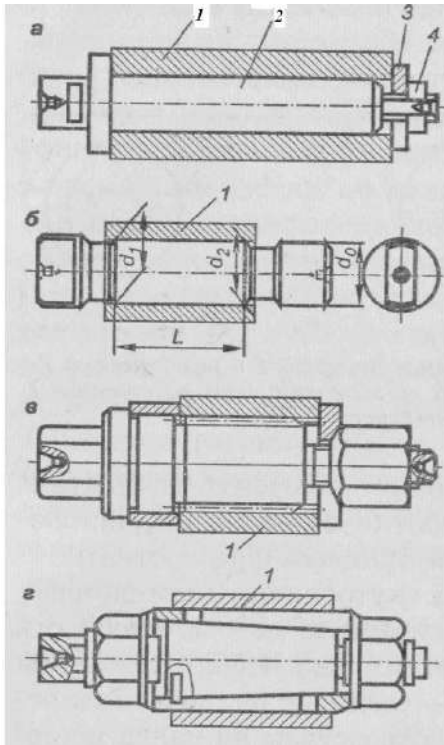
S: При установке заготовки на внешнюю цилиндрическую поверхность используют ...

- + : призмы, патроны, втулки
- : опорные пластины, регулируемые опоры
- : опоры со сферической опорной поверхностью
- : установочные пальцы
- : ромбические пальцы

I:

S: На рисунке показаны

- + : схемы установки заготовки в центровые оправки.
- : схемы крепления режущего инструмента.
- : схемы цанговых патронов.
- : пневмоцилиндры для приспособлений.



I:

S: Действительный фонд времени работы оборудования при его работе в одну, две и три смены составляет часов в год.

-: 500, 800 и 2000

-: 1500, 8800 и 9000

-: 3500, 8800 и 9000

+: 2030, 4015 и 5965

I:

S: На рисунке показано приспособление

-: трехкулачковая цанга

+: трехкулачковый патрон

-: тиски

-: поворотный стол



I:

S: На рисунке показано приспособление

-: трехкулачковая цанга

+: люнет

-: борштанга

-: делительная головка



I:

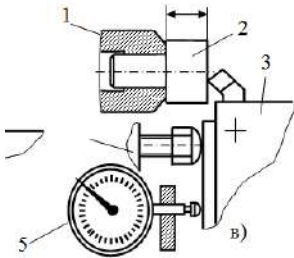
S: Для более точной установки инструмента регулировку упора производят с помощью ...

-: болта

-: шарового пальца

+: индикатора

-: скобы



I:

S: На рисунке

+: закалка детали ТВЧ

-: отжиг детали

-: литье в формы

-: формообразование пружины



I:

S: Закалку ТВЧ целесообразно применять ...

+: в массовом или крупносерийном производстве.

-: в единичном производстве

-: в мелкосерийном производстве

I:

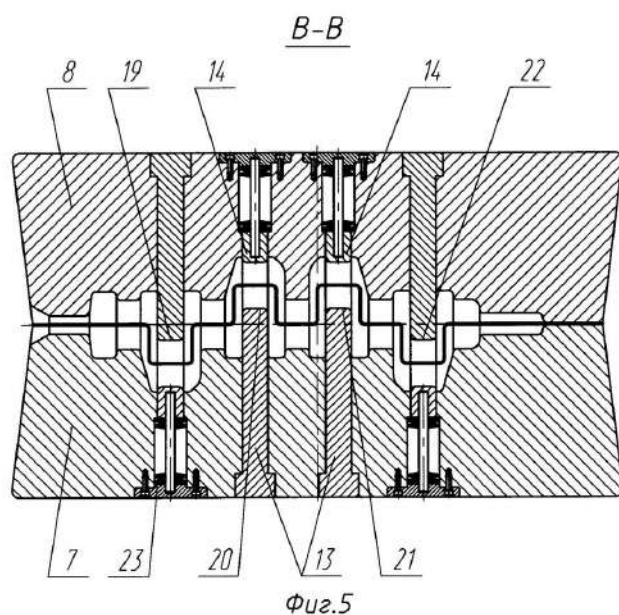
S: На рисунке штамп для

-: вырубки вала

-: отрезки профиля

+: горячей штамповки коленчатого вала

-: холодной штамповки коленчатого вала



I:

S: На рисунке ...

-: станок ножовочно-отрезной

+: гильотинные ножницы

-: ленточно-отрезной станок

-: токарный станок



I:

S: Значительный экономический эффект достигается при обработке на станках с ЧПУ....

+: сложных деталей

-: простых деталей

-: осей

-: в единичном производстве

Тема 8. Обработка плоскостных и корпусных деталей.

I:

S: На рисунке схема обработки плоскостей на станке.

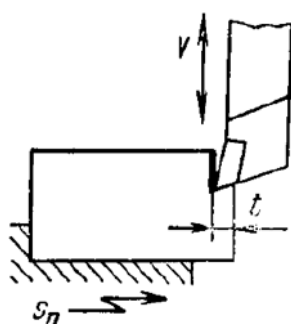
+: долбежном

-: фрезерном

-:

I:

S: На схеме
это

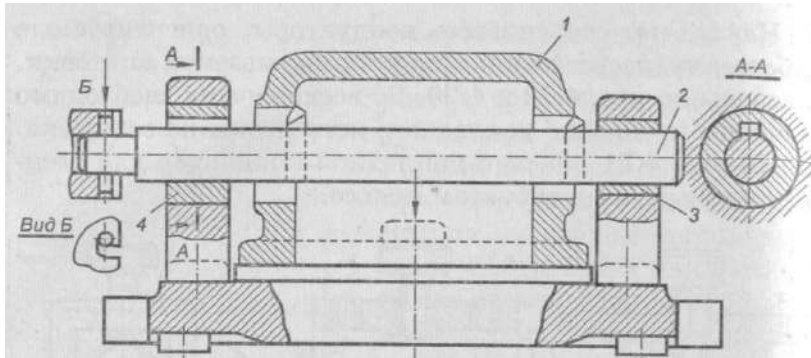


-: поперечно-строгальном

шлифовальном

расточки отверстий в корпусной заготовке позиция 1

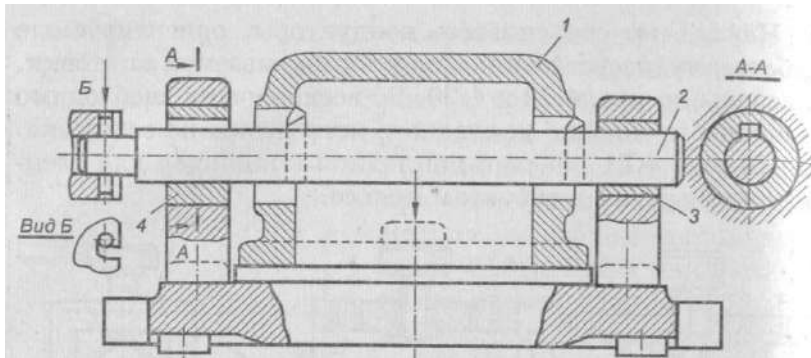
- +: заготовка
- : борштанга
- : направляющая втулка
- : подшипник



I:

S: На схеме расточки отверстий в корпусной заготовке позиция 2 это

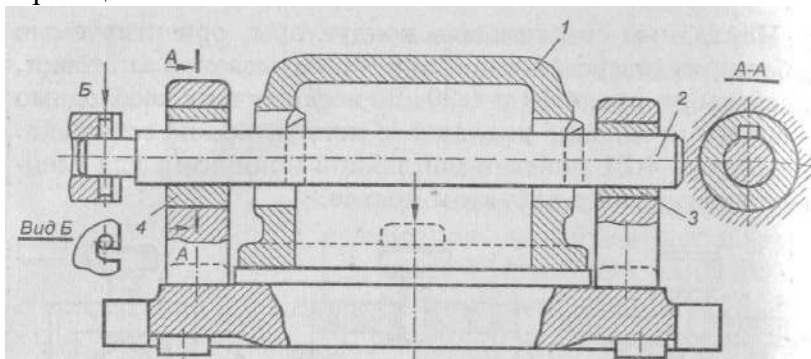
- : заготовка
- +: борштанга
- : направляющая втулка
- : подшипник



I:

S: На схеме расточки отверстий в корпусной заготовке позиция 3 это

- : заготовка
- : борштанга
- +: направляющая втулка
- : резец



I:

S: Разновидностью строгания является ### на долбежных станках.

- +: долбление

I:

S: В условиях массового и крупносерийного производства обработку корпусных деталей

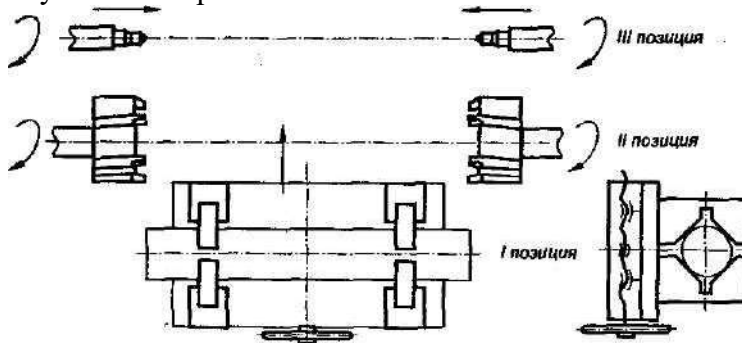
производят обычно по следующей схеме:

- 1: обработка установочной базовой плоскости и изготовление двух технологических отверстий по 7-му качеству;
- 2: предварительная и чистовая обработка основных плоскостей;
- 3: предварительная и чистовая обработка взаимосвязанных базовых конструкторских отверстий;
- 4: фрезерование второстепенных плоскостей;
- 5: обработка крепежных отверстий;
- 6: отделочная обработка конструкторских базовых отверстий.

Тема 9. Обработка деталей класса валов.

I:

S: На рисунке схема работы



- : бесцентрового шлифовального станка
- +: фрезерно-центровального станка
- : протяжки
- : сверлильного станка

I:

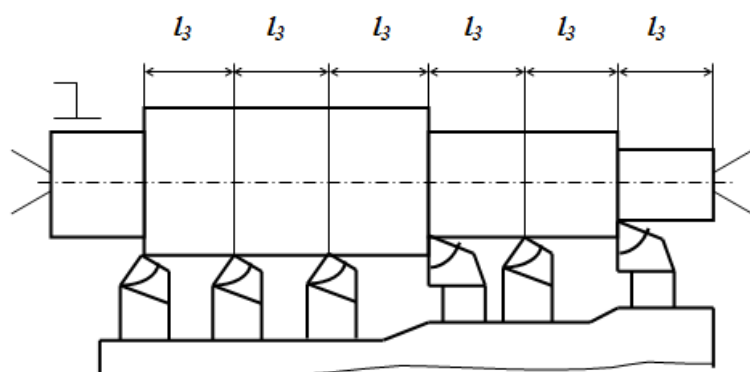
S: При обработке длинных валов используют, повышающие жесткость заготовки при обработке в 8...11 раз.

- : призмы
- +: люнеты
- : матрицы
- : пуансоны

I:

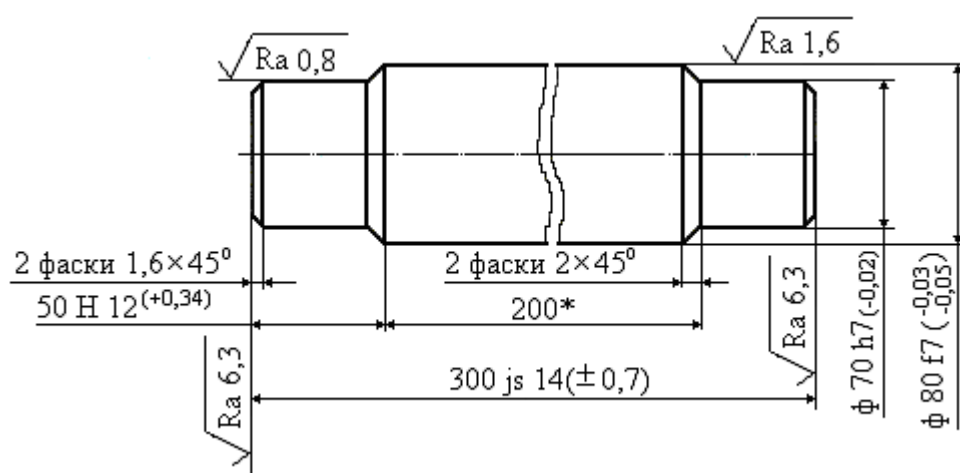
S: На схеме показана

- : обработка втулки на многорезцовом станке
- +: обработка вала на многорезцовом станке
- : обработка вала фасонным резцом
- : обработка вала расточным резцом



I:

S: При черновом точении припуск на обработку составляет 4,5 мм, при чистовом 2 мм, на шлифовальной однократной обработке 0,5 мм. Расчётный размер заготовки составляет ...



- +: 87 мм.
- : 90 мм.
- : 105 мм.
- : 50 мм.

I:

S: Масса вала - 20 кг, масса заготовки - 25 кг. Коэффициент использования металла.

- +: 80%
- : 10%
- : 40%
- : 5%
- : 75%

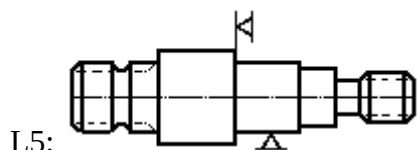
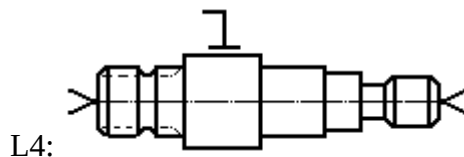
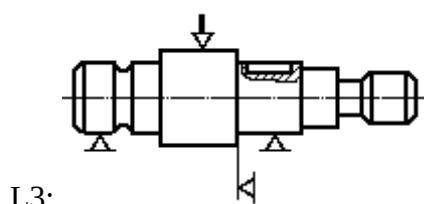
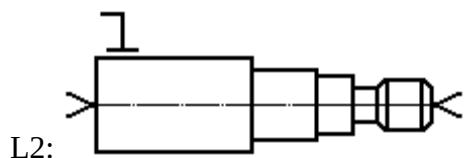
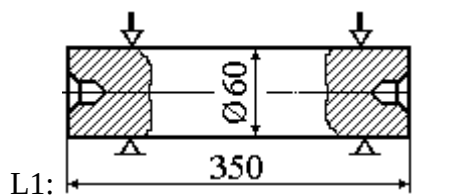
I:

S: Этапы обработки вала

- 1: подрезание торцов заготовки
- 2: центрование заготовки с двух сторон
- 3: предварительное точение
- 4: чистовое точение
- 5: фрезерование шпоночных пазов или шлицев
- 6: сверление отверстий
- 7: нарезание резьбы
- 8: термическая обработка
- 9: шлифование

I:

S: В соответствии с технологическими схемами обработки вала укажите содержание операций.



R1: Фрезерно-центровальная

R2: Токарная

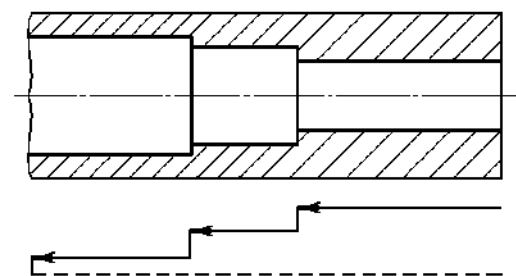
R3: Фрезерная (фрезеровать шпоночный паз).

R4: Шлицефрезерная (фрезеровать шлицы).

R5: Резьбонакатная

I:

S: В соответствии со схемой порядок точения ступеней вала



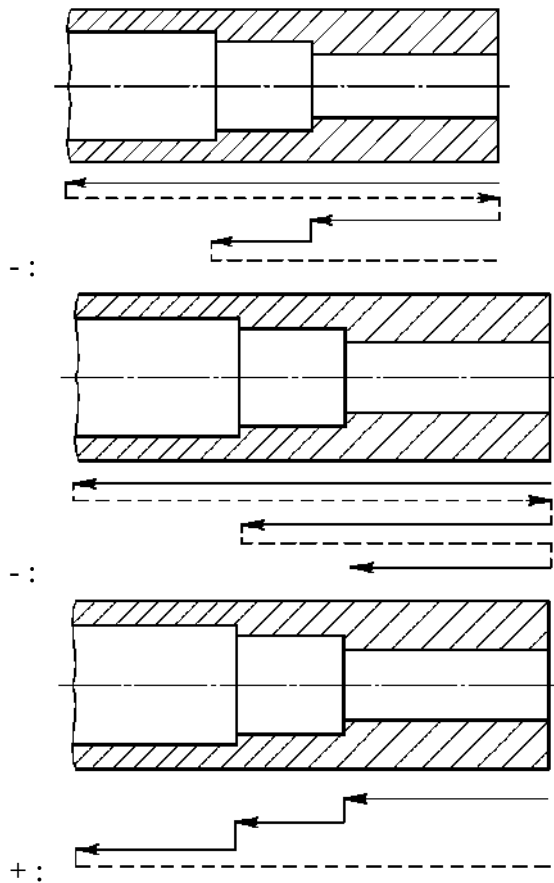
1: Точат ступень меньшего диаметра

2: Точат ступень среднего диаметра

3: Точат ступень наибольшего диаметра

I:

S: Наименьшая длина как рабочего хода, так и холостых перемещений резца получается при обработке по схеме



I:

S: применяют в кривошипно-шатунных механизмах

+: Коленчатые валы

-: Оси

-: Гладкие валы

-: Ступенчатые валы

I:

S: Валы изготавливают из углеродистых и легированных конструкционных сталей и, как правило, подвергают ...

-: отжигу

-: отбивке на копрах

-: заневоливанию

+: термической обработке.

I:

S: Нарезание наружной резьбы на закаливаемых валах выполняют ... термической обработки

-: после

+: до

-: во время

-: не выполняют

Тема 10. Обработка деталей класса втулок и дисков.

I:

S: Детали группы «.....» имеют форму тела вращения с малым отношением толщины к диаметру (менее 0,5), с центральным гладким отверстием, со шлицами или шпоночным

пазом.

-: валы

-: втулки

-: рычаги

+: диски

I:

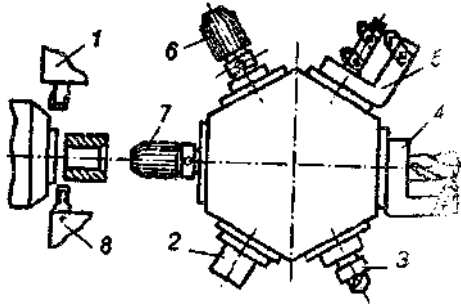
S: На рисунке представлена схема настройки станка для обработки резанием гладкой втулки

-: карусельного

+: токарно-револьверного

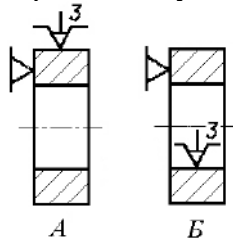
-: сверлильного

-: протяжного

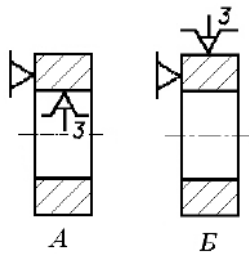


I:

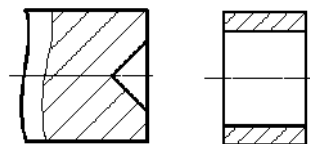
S: Обработка втулок в соответствии с технологическими схемами



L1:



L2:



L3:

R1: При первом установе обрабатывают внутреннюю поверхность и торец, при втором установе - наружные поверхности и второй торец.

R2: При первом установе обрабатывают наружную поверхность и торец; при втором установе - внутреннюю поверхность и второй торец.

R3: Обработка наружных и внутренних поверхностей вращения и торцов за один установ.

Тема 11. Основные понятия и определения технологии сборки узлов и изделий.

I:

S: Различают общую и ### сборку.

+: узловую

+: Узловую

I:

S: Достичь необходимой ### сборки — значит получить размер замыкающего звена размерной цепи, не выходящий за пределы предельных отклонений.

+: точности

+: Точности

I:

S: Сборка методом ... состоит в том, что детали изготавливают с расширенными полями допусков, а перед сборкой сопрягаемые детали сортируют по размерным группам.

-: полной взаимозаменяемости

+: групповой взаимозаменяемости

-: неполной взаимозаменяемости

-: сопрягаемой взаимозаменяемости

I:

S: Допуск на замыкающее звено при сборке методом неполной взаимозаменяемости равен:

$$T_U = a \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} (K_i T_{A_i})^2}$$

+:

$$T_U = \frac{\sum_{i=1}^m T_{A_i}}{m+1}$$

-:

$$\Delta_n = d_n - d_{cp}$$

-:

$$T_o = \frac{L_{p.x.} \cdot i}{n_{unn} \cdot s}$$

-:

I:

S: Допуск при сборке методом групповой взаимозаменяемости равен:

$$T_{A_o} = n T_{A_r}$$

+:

$$T_o = \frac{L_{p.x.} \cdot i}{n_{unn} \cdot s}$$

-:

$$T_{un} = T_o + T_{\epsilon} + T_{o\phi} + T_{om} + \frac{T_{n-3}}{n}$$

-:

$$T_U = a \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} (K_i T_{A_i})^2}$$

-:

I:

S: Если требуемую точность размера замыкающего звена получают ведением в размерную цепь дополнительного компенсирующего звена, то это

+: сборка методом регулировки.

-: сборка методом групповой взаимозаменяемости.

- : сборка методом полной взаимозаменяемости.
- : сборка методом неполной взаимозаменяемости.

I:

S: На рисунке показано условное обозначение ...

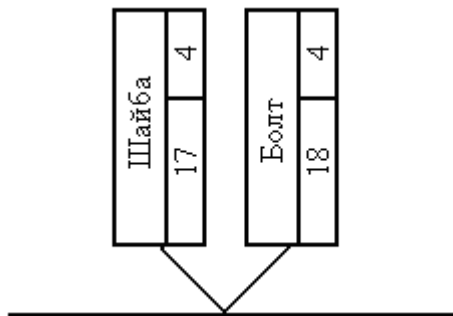
- +: детали.
- : сборочной группы.
- : сборочной подгруппы.
- : одновременного включения в сборку двух деталей.
- : контрольной операции.

Шестерня ведомая	
31	1

I:

S: На рисунке показано условное обозначение

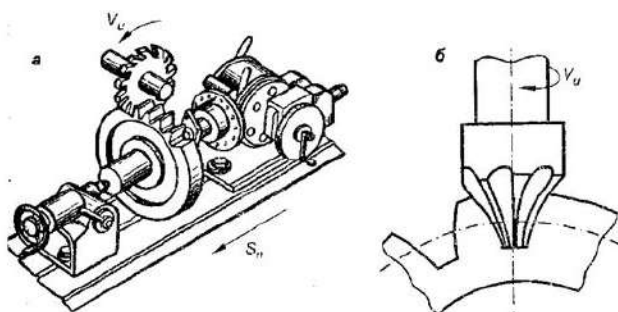
- : сборочной подгруппы.
- +: одновременного включения в сборку двух деталей.
- : контрольной операции.
- : сборочной группы.



Тема 12. Обработка зубчатых, резьбовых и шлицевых поверхностей.

I:

S: На рисунке представлена схема нарезания зубьев по схеме



- : обкатки
- +: копирования
- : огибания
- : деления

I:

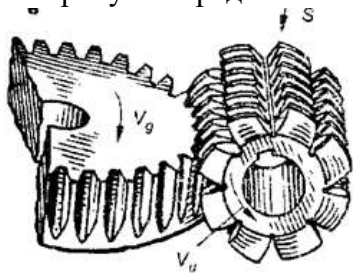
S: Схема копирования заключается в последовательном ### впадин между зубьями фасонной

дисковой модульной фрезой.

+: копировании

I:

S: На рисунке представлена схема нарезания зубьев по схеме



+: обкатки

-: копирования

-: огибания

-: деления

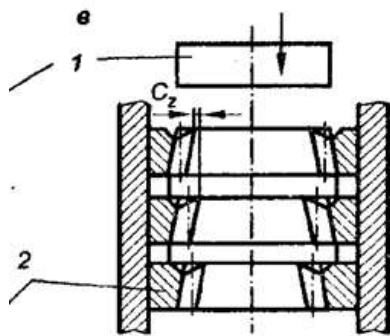
I:

S: Протяжки ... типа позволяют вести обработку сразу всех зубьев колес.

+: охватывающего

-: охватываемого

-: плоские



1 – заготовка, 2- протяжка

I:

S: Для нарезания наружной резьбы на винтах, болтах, шпильках и других деталях применяют

-: метчики

+: плашки

-: сверла резьбовые

-: фрезы

I:

S: Шлицы закаливаемых валов и центрируемые по наружной поверхности обрабатывают в следующей последовательности:

1: фрезерование шлицев;

2: термическая обработка шлицев (закалка ТВЧ);

3: шлифование наружной поверхности;

4: шлифование боковых поверхностей шлицев.

I:

S: Шпоночные пазы изготавливают на горизонтально- и вертикально-### станках.

+: фрезерных
+: Фрезерных

I:

S: Практически любым станком с ### управляет программа – управляющая программа (УП).

+: ЧПУ

+: Числовым программным управлением

+: числовым программным управлением

+: программным управлением

I:

S: При зубодолблении режущим инструментом служит..., представляющий собой зубчатое колесо с эвольвентным профилем зубьев.

-: фасонный резец

-: фреза

-: зубчатый пуансон

+: долбяк

I:

S: ... зубчатых поверхностей имеет большие имущества перед методами резания: повышает производительность в 10...30 раз; увеличивает износостойкость и прочность зубьев; значительно уменьшает отходы металла и др.

+: Накатывание

-: Фрезерование

-: Сверление

-: Отпуск

I:

S: Процесс притирки заключается в том, что обрабатываемое зубчатое колесо вращается в зацеплении с чугунными, приводимыми во вращение и смазываемыми пастой, состоящей из смеси мелкого абразивного порошка с маслом.

-: шлифовальными кругами

+: шестернями-притирами

-: фрезами

-: лентами

Тема 13. Нормирование труда в машиностроении.

I:

S: Определение затрат трудовых ресурсов называется

+: нормированием труда

-: планированием труда

-: составлением технологии

-: менеджментом

I:

S: Регламентированное время выполнения некоторого объема работ в определенных производственных условиях одним или несколькими исполнителями соответствующей квалификации это ...

+: норма времени

-: регламент времени

-: время работы

I:

S: Основной задачей нормирования труда является определение ...

+: нормы штучного времени

-: расхода инструмента

-: износа оборудования

-: квалификации рабочего

I:

S: Штучное время определяется по формуле

$$l = l_{обр} + l_{ер} + l_{сх} + l_n.$$

-:

$$l = l_{обр} + l_{ер} + l_{сх},$$

-:

$$t_o = l \times i/s,$$

-:

$$t_{ш} = t_o + t_e + t_{обс} + t_{лн} + t_n,$$

+:

I:

S: ### время - это часть штучного времени, затрачиваемая на изменение и (или) последующее определение состояния предмета труда. Это время на механическую обработку, сборку или контроль изделия.

+: Основное

+: основное

I:

S: ... - время на выполнение работы при непосредственном участии работника. Например, сверление на сверлильном станке с ручной подачей сверла.

-: машинное

+: машинно-ручное

-: ручное

I:

S: ... - время выполнения работы без применения машин и механизмов.

-: машинное

-: машинно-ручное

+: ручное

I:

S: Основное машинное время определяется по формуле

$$l = l_{обр} + l_{ер} + l_{сх} + l_n.$$

-:

$$l = l_{обр} + l_{ер} + l_{сх},$$

-:

$$t_o = l \times i/s,$$

+:

$$t_{ш} = t_o + t_e + t_{обс} + t_{лн} + t_n,$$

-:

I:

S: Часть штучного времени, затрачиваемая на выполнение приемов, необходимых для обеспечения изменения и последующего определения состояния предметов труда это ...

-: основное время

-: дополнительное время

+: вспомогательное время

-: главное время

I:

S: Оперативное время определяется по формуле

$$l = l_{обр} + l_{вр} + l_{сх} + l_n.$$

-:

$$l = l_{обр} + l_{вр} + l_{сх},$$

-:

$$t_{он} = t_o + t_e$$

+:

$$t_o = l \times i/s,$$

-:

I:

S: Норма времени, установленная аналитическим методом называется ...

-: фотографией рабочего дня

-: хронометражем

+: технически обоснованной нормой.

I:

S: Часть штучного времени, равная сумме времени называется оперативным временем

-: основного и на перерывы в работе

-: на обслуживание рабочего места и основного

+: основного и вспомогательного

-: вспомогательного и общего

I:

S: Наблюдение за действиями рабочего с измерением затрат времени на эти действия в течение смены или ее части -

-: хронометраж

+: фотография рабочего времени

-: аналитически-расчетный метод

-: графический метод

Тема 14. Оформление технологической документации.

I:

S: Технологический процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками -

- : типовой технологический процесс

+ : групповой технологический процесс

- : маршрутный технологический процесс

- : операционный технологический процесс

I:

S: - подготовка технологического оборудования и технологической оснастки к выполнению технологической операции.

+: Наладка

-: Заточка

-: Расстановка

-: Термообработка

I:

S: - графический или текстовый документ, который в совокупности или отдельно с другими документами определяет технологический процесс или операцию изготовления изделий.

+: Технологический документ

-: Конструкторский документ

-: Плановый документ

-: Чертеж

I:

S: - сокращенное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения без указания технологических переходов и технологических режимов обработки.

+: Маршрутное

-: Операционное

-: Маршрутно-операционное

-: Промежуточное

I:

S: - полное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов обработки.

-: Маршрутное

+: Операционное

-: Маршрутно-операционное

-: Промежуточное

I:

S: - графический документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы и предназначенный для пояснения выполнения технологического процесса, операции или перехода.

+: Карта эскизов

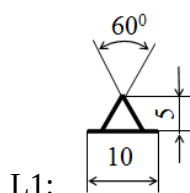
-: Чертеж

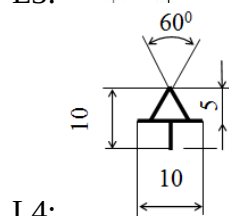
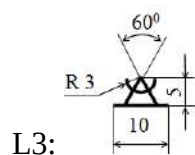
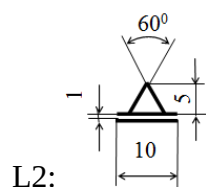
-: Технические условия

-: Спецификация

I:

S: Условные обозначения опор в технологической документации

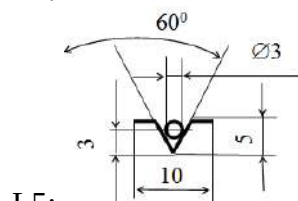
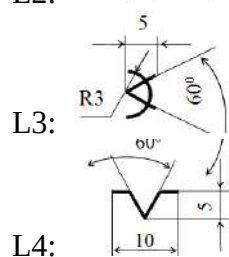
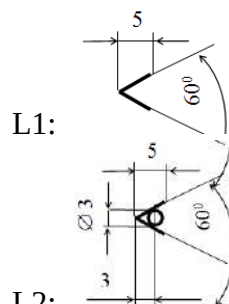




R1: Неподвижная
R2: Подвижная
R3: Плавающая
R4: Регулируемая

I:

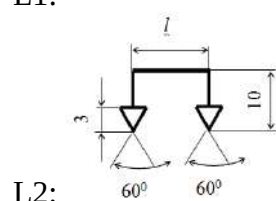
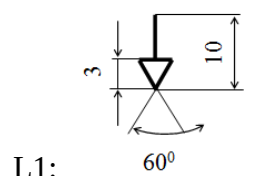
S: Условное обозначение установочных устройств в технологической документации



R1: центр неподвижный
R2: центр вращающийся
R3: центр плавающий
R4: оправка цилиндрическая
R5: оправка шариковая

I:

S: Условное обозначение зажимов в технологической документации

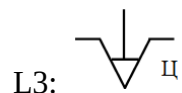
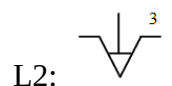
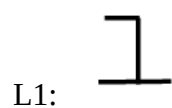


R1: одиночный

R2: двойной

I:

S: Условное обозначение установочных устройств в технологической документации



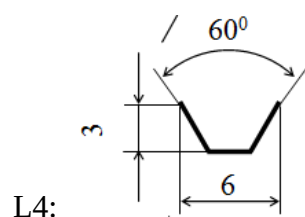
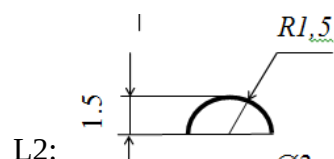
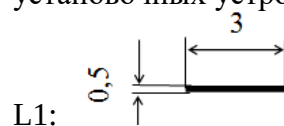
R1: патрон

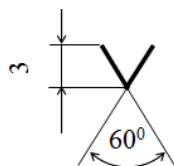
R2: патрон трехкулачковый

R3: патрон цанговый

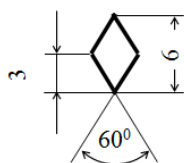
I:

S: Условные обозначения формы рабочей поверхности опор, зажимов и установочных устройств

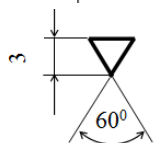




L5:



L6:



L7:

R1: плоская

R2: сферическая

R3: цилиндрическая

R4: призматическая

R5: коническая

R6: ромбическая

R7: трехгранная

I:

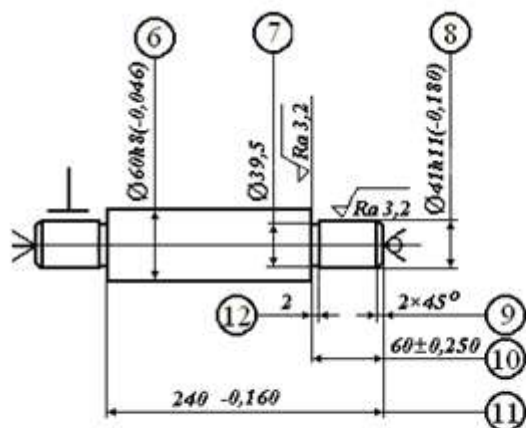
S: На рисунке показан пример

+: выполнения операционного эскиза

-: чертежа вала

-: чертежа заготовки

-: чертежа оси



Неуказанные предельные отклонения: валов - по h14, остальных - $\pm t_2/2$

I:

S: изучает методы и средства механической обработки и сборки изделий

+: Технология машиностроения

-: Технология сборки

-: Обработка на станках с ЧПУ

-: Теория резания

I:

S: Наименование технологического перехода записывается ... , который соответствует методу механической обработки.

+: глаголом в неопределенной форме

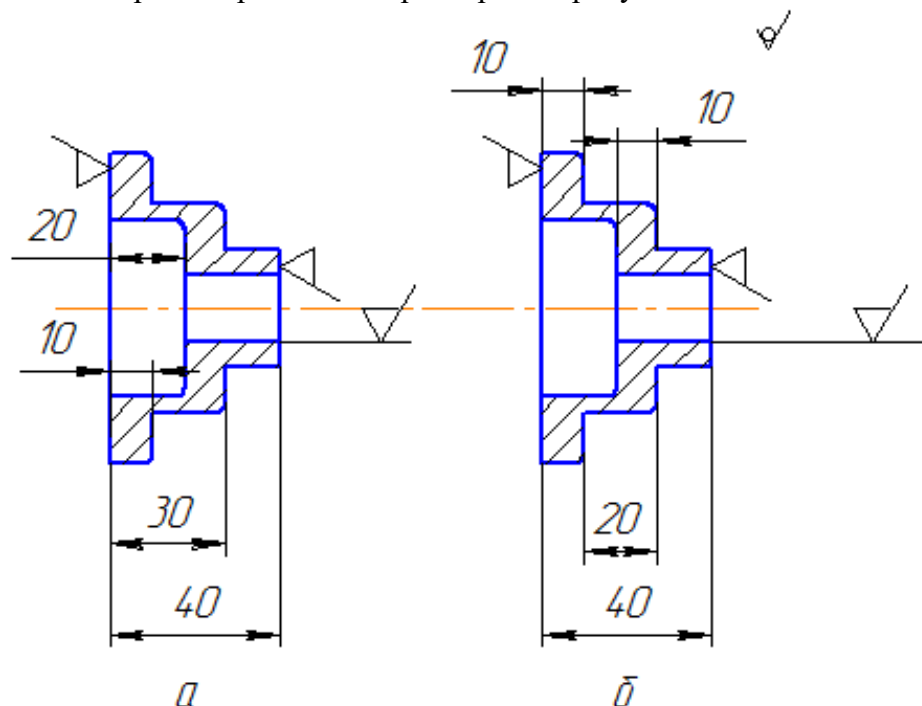
-: глаголом во множественном числе

-: существительным

-: глаголом в определенной форме

I:

S: Правильный вариант простановки размеров на рисунке ...



+: а

-: б

Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки, при ответе на вопрос привлечены дополнительные источники информации, в том числе и многовариантный анализ ситуации, что свидетельствует о высоком уровне усвоения компетенций.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно, что свидетельствует о среднем уровне усвоения компетенций.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками, что свидетельствует о минимальном уровне усвоения компетенций.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если знания, умения и навыки отсутствуют, что свидетельствует о недостаточном уровне усвоении компетенций.

1. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя: тестирование студента.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить ИД-2_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-2}, ИД-3_{ПК-3} компетенции. Освоение компетенций на повышенном уровне предполагает изучение дополнительной научной и учебной литературы и ответы на вопросы без ошибок. При освоении компетенции на базовом уровне студент изучил основную литературу, при тестировании возможны 2...3 негрубые ошибки.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо изучить рекомендуемую литературу.

При подготовке к тесту студенту предоставляется право пользования своими конспектами лекций, методическими указаниями по дисциплине, тетрадями по лабораторным работам, справочными таблицами.

При проверке задания, оцениваются:

- степень усвоения программного материала;
- правильность ответов;
- способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников;
- способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса;
- умение использовать методическую и техническую литературу;
- инициативность в поиске информации;

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-2 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-2} , ИД-3 _{ПК-3}	степень усвоения программного материала	
	способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников	
	способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса	
	правильность ответов	
	инициативность в поиске информации	
	умение использовать методическую и техническую литературу	

Для успешного освоения дисциплины, необходимо выполнить следующие виды самостоятельной работы, используя рекомендуемые источники информации

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
		Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
	Подготовка к лекциям	1, 2	1, 2	4, 5	1-5
	Подготовка к лабораторным работам	1, 2	1	1, 4	5
	Подготовка к практическим занятиям	1, 2	2	2, 4	1-5
	Самостоятельное изучение литературы	1, 2	1, 2	1, 2, 3, 4, 5	1-5
	Выполнение курсового	1, 2	1, 2	3, 4	1-5

	проекта				

Список литературы

Перечень основной литературы

1. Маталин, А. А. Технология машиностроения : учебник для вузов / А. А. Маталин. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 512 с. — ISBN 978-5-507-47642-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/399728>

2. Копылов, Ю. Р. Технология машиностроения : учебное пособие для вузов / Ю. Р. Копылов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 252 с. — ISBN 978-5-507-49336-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/387341>

Перечень дополнительной литературы

1. Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учебник / А. Н. Ковшов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-0833-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212438>

2. Забирова, Г. Р. Технология машиностроения : учебно-методическое пособие / Г. Р. Забирова. — Ульяновск : УлГУ, 2022. — 272 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/314603>

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Рукопись методических указаний к выполнению лабораторных работ
2. Рукопись методический указаний к выполнению практических занятий
3. Рукопись методический указаний к выполнению курсового проекта
4. Рукопись методических рекомендаций по организации самостоятельной работы
5. Курс лекций по дисциплине

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. <https://www.chipmaker.ru> Chipmaker.ru Все о работе с металлом
2. <http://cccp3d.ru/> Форум CAD/CAM/CAE/PLM
3. <https://cad.ru/ru/> Русская промышленная компания
4. <http://sapr.ru/> Журнал САПР и графика
5. <http://tverdysplav.ru/> Твердый сплав

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению курсового проекта по дисциплине
«ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»
для студентов направления подготовки
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»
направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших задач, стоящих перед машиностроением, является всемерное повышение технического уровня производства. Решение этой задачи определяется требованиями качественного изготовления постоянно усложняющихся конструкций проектируемых транспортных и технологических машин, необходимостью повышения производительности труда и рационального использования материальных, трудовых и стоимостных ресурсов.

Одним из определяющих видов производств в машиностроении является механическая обработка.

Методические указания оказывают помощь студентам в изучении дисциплины "Технология машиностроения" и в выполнении курсового проекта, содержанием которого является разработка технологического процесса изготовления детали.

В настоящее время в условиях жесткой конкуренции необходимо усилить на предприятиях технологическую дисциплину, повышать технический уровень и качество выпускаемых изделий, всесторонне совершенствовать технологию, методы организации и управления процессами производства. Широкому применению прогрессивных, типовых технологических процессов, оснастки и оборудования, средств механизации и автоматизации содействует Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП), обеспечивающая для всех предприятий системный подход к оптимизации выбора метода и средств технологической подготовки производства (ТПП). Технологическая подготовка производства, осуществляемая по ЕСТПП, создает условия для максимальной экономии времени, эффективного освоения новой техники, всестороннего совершенствования технологии и организации производства.

Характер изложения материала методических указаний способствует самостоятельному изучению дисциплины "Технология машиностроения" и выполнению курсового проекта.

Выполнение курсового проекта - необходимая составная часть работы над курсом. Это один из методов самостоятельной творческой работы студентов с целью развития его инициативы в решении технических задач, детального анализа типовых технологических процессов изготовления деталей технологических и транспортных машин и оборудования. Наряду с этим выполнение курсового проекта должно научить студента пользоваться справочной литературой, стандартами, общемашиностроительными нормативами, нормами и таблицами; умело сочетать справочные данные с теоретическими знаниями.

I. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Исходными данными для проектирования технологических процессов является:

- *базовая информация* – чертеж детали с техническими требованиями на изготовление; условия работы деталей; объем выпуска (производственная программа); плановые сроки выпуска;

- *руководящая информация* – стандарты, устанавливающие требования к технологическим процессам; стандарты на технологическое оборудование и средства технологического оснащения; документация на действующие типовые и групповые технологические процессы; производственные инструкции; нормативы и рекомендации по выбору технологических нормативов – припуски, режимы обработки, нормы времени, нормы расхода материалов; документация по охране труда;

- *справочная информация* – каталоги, паспорта, справочники; альбомы средств технологического оснащения; планировки производственных участков;

- *производственная обстановка, если технологический процесс проектируется для действующего предприятия*, – наличие производственных площадей; состав и степень загрузки оборудования; наличие средств технологического оснащения (технологической оснастки); обеспеченность предприятия квалифицированной рабочей силой.

Задание студенту, контрольные сроки выполнения и чертеж детали, на которую требуется разработать технологический процесс, выдается преподавателем индивидуально. Остальные исходные данные студент принимает самостоятельно на основе информации, содержащейся в учебниках, учебных пособиях, справочниках, методических указаниях и рекомендациях.

В основу проектирования любого технологического процесса методологически должно быть положено три *принципа: технический, экономический и социальный*. В соответствии с первым принципом технологический процесс должен обеспечивать выполнение требований рабочего чертежа и технических требований. В соответствии со вторым – требуемая производительность труда и минимальные затраты на производство. В соответствии с третьим принципом технологический процесс должен соответствовать требованиям техники безопасности и производственной санитарии по системе стандартов ССБТ.

Основная задача выполнения курсового проекта состоит в разработке маршрутно-операционного технологического процесса изготовления детали машины или оборудования. Так как технологические процессы механической обработки многовариантны, то необходимо обоснование выбранного варианта по технико-экономическим показателям; выбор и обоснование необходимых средств технологического оснащения и порядка их применения. На одну из операций разработанного технологического процесса необходимо спроектировать средство технологического оснащения – станочное (рабочее) или контрольное приспособление.

Решение указанных задач зависит от большого числа факторов, связанных с назначением машины, ее конструкторско-технологическими параметрами и состоянием машиностроительного производства. Так как основная доля технологических и транспортных машин выпускается серийно, то и технологические расчеты в курсовом проекте выполняются для серийного производства.

1.1. Технологический процесс изготовления детали

Графическая часть		
Содержание	Специальность	
	150405	190603
Объем		
Рабочий чертеж детали, выполненный в карандаше на одном листе формата А2, А3 или в графическом редакторе на ЭВМ	X	X

Рабочий чертеж заготовки, выполненный в карандаше на одном листе формата А2, А3 или в графическом редакторе на ЭВМ.	X	X
<i>Примечание.</i> При изготовлении детали из проката чертеж заготовки не выполняется		
Технологическая карта, выполняемая на чертежной или миллиметровой бумаге формата А1 или А0. или Комплект технологической документации (ТЛ, МК, ОК (КТП), КЭ, КК)	X	X
Пояснительная записка		
Технологические расчеты		
Исходные данные. Технологический анализ чертежа детали	X	X
Обоснование выбранного типового технологического процесса	X	X
Выбор исходной заготовки и способа ее получения	X	X
Выбор технологических баз и схем установок заготовки	X	X
Выбор способов обработки поверхностей	X	X
Расчет (на 2 поверхности) и назначение припусков. Схема межоперационных припусков и допусков на припуски.	X	X
Расчет режимов резания на 2 технологических перехода 2-х операций механической обработки, <i>а на остальные</i> – назначение режимов резания по нормативам	X	X
Выбор технологического оборудования и средств технологического оснащения	X	X
Расчет норм времени	X	X
Профессии и квалификация рабочих	X	X

1. 2. Станочное (рабочее) или контрольное приспособление

Графическая часть		
Эскиз общего вида приспособления, выполняемый на чертежной бумаге формата А3 в карандаше или в графическом редакторе на ЭВМ с соблюдением требований стандартов к сборочным чертежам общих видов.	X	X
Пояснительная записка		
Технологические расчеты		
Исходные данные. Обоснование выбранной схемы базирования и крепления детали для выполнения технологической операции	X	X
Расчет точности механической обработки на технологической операции	X	X
Спецификация общего вида приспособления	X	X

1.3. Технологическая себестоимость изготовления детали

Пояснительная записка		
Расчет технологической себестоимости изготовления детали методом прямого калькулирования (позлементным методом)	X	X
Расчет технологической себестоимости изготовления детали бухгалтерским методом	-	X
Анализ технико-экономических показателей и составляющих технологической себестоимости детали	-	X

2. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

2.1. Графическая часть

Рабочий чертеж детали. При разработке чертежа детали следует пользоваться ГОСТ 2.109–73. Чертеж детали выполняется на отдельном листе формата, установленного ГОСТ 2.301–68. Рабочий чертеж должен содержать все данные, необходимые для изготовления, контроля и испытания изделия. Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделий. Размеры и предельные отклонения указывают на рабочем чертеже в соответствии с ГОСТ 2.307–68. Предельные отклонения формы

и расположения поверхностей указывают на чертеже условными обозначениями по ГОСТ 2.308–79. Шероховатость поверхностей на чертеже назначают для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия, независимо от способов их обработки. Обозначения шероховатости поверхности, знаки и размеры условных знаков, а также правила нанесения обозначений шероховатости на чертежах устанавливает ГОСТ 2.309–73.

На чертеже помещают необходимые данные, характеризующие свойства материала готовой детали и материала, из которого деталь должна быть изготовлена.

Условные обозначения материала должны соответствовать обозначениям, установленным стандартам или техническими условиями на материал.

Обозначения материала должно содержать наименование, марку и номер стандарта, например: Сталь 45 ГОСТ 1050–88; Сталь 18ХГТ ГОСТ 4543–71.

Если в условное обозначение материала входит сокращенное его наименование «Ст», «СЧ», «КЧ», «Бр» и другие, то полные наименования не указывают, например: Ст 3 ГОСТ 380–94.

Если деталь должна быть изготовлена из сортового материала определенного профиля и размера, то материал такой детали записывают в соответствии с присвоенным ему в стандарте на сортament обозначением.

Чертеж (эскиз) приспособления. Сборочный чертеж. Правила выполнения сборочных чертежей устанавливает ГОСТ 2.109–73. Сборочный чертеж должен содержать:

- изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей и обеспечивающее возможность сборки и контроля этой сборочной единицы;

- количество видов, разрезов, сечений должно быть минимальным, но достаточным для того, чтобы дать полное представление о конструкции изделия и компоновке основных узлов и деталей; на главном виде необходимо указывать изображение, дающее максимальную информацию о существе изделия, его форме и в положении, соответствующем установке его на объекте;

- размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены и проконтролированы по этому чертежу;

- указания о характере сопряжения и способе соединения неразъемных соединений;

- номера позиций составных частей; спецификацию.

2.2. Технологическая документация

Общие положения единой системы технологической документации (ЕСТД) изложены в ГОСТ 3.1001–81.

Основные термины и понятия, которыми следует пользоваться в области технологии производства изделий машиностроения, установлены ГОСТ 3.1109–82.

Стадии разработки и виды документов регламентирует ГОСТ 3.1102–81.

Формы, размеры и порядок заполнения граф основных надписей в технологических документах даны в ГОСТ 3.1103–82.

В соответствии с ГОСТ 3.1109–82 **маршрутное описание технологического процесса** – это сокращенное описание всех технологических операций в маршрутной карте (МК) в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов. Требования к заполнению маршрутных карт устанавливает ГОСТ 3.1118–82.

Операционное описание технологического процесса – это полное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов.

Маршрутно-операционное описание технологического процесса – это сокращенное описание технологических операций в МК в последовательности их выполнения с полным описанием отдельных операций.

Операционное и маршрутно-операционное описание технологического процесса применяется во всех типах производства, и именно такое описание позволяет студентам применять в полном объеме свои теоретические и практические знания, достижения науки и техники в области машиностроения и сфере услуг технического сервиса.

Требования к построению и заполнению операционных карт (ОК) устанавливает ГОСТ 3.1404–86 (формы 1, 1а и 2а, 3 и 3а). Этот стандарт предусматривает возможность применения форм маршрутных карт (МК), в качестве других технологических документов – карт технологического процесса (КТП), карт типового технологического процесса (КТТП), карт технологической информации (КТИ).

2.3. Пояснительная записка

2.3.1. Состав и структура пояснительной записки

Структура пояснительной записки должна обеспечивать максимальную доступность информации, содержащейся в проекте.

Оформленная пояснительная записка должна иметь следующие составные части:

- титульный лист (форма утверждена методической комиссией университета);
- задание на проектирование (Приложение 1);
- содержание;
- введение;
- основную часть;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения (комплект технологической документации; технологическая карта).

2.3.2. Требования к оформлению пояснительной записки

Пояснительная записка пишется разборчиво от руки чернилами, пастой (тушью) или печатается на принтере на листах размером 210 x 297 мм (А4) на одной стороне листа, соблюдая при этом следующие размеры полей: правое – 10 мм, верхнее – 20 мм, левое и нижнее – 20 мм. Ее объем должен быть 20...25 страниц. Все листы записки необходимо пронумеровать и аккуратно переплести. Номер страницы указывается в правой нижней части страницы без точки. При этом титульный лист включается в нумерацию страниц, но номер не проставляется; задание не включается в нумерацию страниц. Обложкой может служить папка или ватман с наклеенным титульным листом.

Первые две страницы записки, начиная с введения, должны содержать рамку с основной надписью (форма 2 и 2,а по ГОСТ 2.104–68). Остальные страницы записки оформляются без рамки и основной надписи.

Пояснительная записка должна быть краткой, четкой. Терминология и определения должны быть едиными и соответствовать установленным стандартам или общепринятым в технической литературе.

Условные буквенные обозначения механических, математических величин, а также условные графические обозначения должны соответствовать установленным стандартам.

Единица измерения одного и того же параметра должна быть постоянной в пределах всего текста. Необходимо применять только Международную систему единиц измерения СИ.

Построение основной части пояснительной записки. При написании текста необходимо выделить абзацами связанные по смыслу положения, объединенные общей темой и изложенные в нескольких предложениях.

Основная часть пояснительной записки делится на разделы, составляющие структуру курсовой работы с обязательной нумерацией каждого раздела арабскими цифрами – без точки после цифры – и записанное с абзаца.

Разделы делятся на подразделы, которые нумеруются последовательно в пределах каждого раздела. Разделы должны иметь заголовки. Переносы слов в заголовках не допускаются. Точку в конце заголовка не ставят.

Оформление иллюстраций. Иллюстрации в пояснительной записке – схемы, диаграммы и т.д. – (обозначаются словом «Рисунок») и нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах текста пояснительной записки. Иллюстрации выполняют на белой бумаге или миллиметровке и размещают после первого упоминания о них в тексте записки. Слово «Рисунок» и наименование помещают под рисунком после пояснительных данных.

Формулы. Формулы в тексте пояснительной записки имеют сквозную нумерацию и только те, на которые в тексте имеются ссылки. Номер формулы ставится в круглых скобках с правой стороны листа на уровне формулы. Значения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно под формулой. Значение каждого символа даются с новой строки в той последовательности, в какой они приводятся в формуле. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова «где», без двоеточия после него.

Построение таблиц. Цифровой материал оформляют в виде таблиц. Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Табличная информация носит обобщающий характер или статистический материал на который необходимо давать ссылку на источник информации.

Таблицу следует располагать в тексте непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

Название таблицы должно отражать ее содержание, быть точным и кратким. Нумерация таблиц аналогична нумерации формул и рисунков. Над левым верхним углом таблицы помещают надпись с указанием порядкового номера таблицы, например, «Таблица 1», даже если таблица одна.

Заголовки граф (столбцов) и строк таблицы нужно писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями. Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте.

На все таблицы должны быть ссылки в тексте. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Если все параметры, размещенные в таблице, имеют только одну размерность (например, миллиметры), обозначение единицы измерения помещают над таблицей без сокращения, например, «Размеры в миллиметрах».

Числовые величины в одной графе должны иметь одинаковое количество десятичных знаков.

Ссылки Повторения в пояснительной записке не допускаются, при необходимости делается ссылка.

Ссылки в тексте выполняются следующим образом:

- на стандарты – ГОСТ 2.403–75;
- на страницу текста – с. 34;
- пункты или подраздел текста – п. 3.2.6 или 3. 2;
- на формулу в тексте – в формуле (2.5);
- на таблицу в тексте – таблица 2.4;
- на рисунок в тексте – в соответствии с рисунком 2.5;

- на приложение - приложение А;
- на используемую литературу.

В список использованных источников включается только та литература, которая использовалась непосредственно при разработке курсовой работы и на которую есть ссылки в тексте пояснительной записки. Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте пояснительной записки и нумеровать арабскими цифрами без точки (ГОСТ 7.1–84).

3. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕССЫ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА

3.1. Основные термины, определения, понятия

Производственный процесс – это совокупность действий работающих и средств производства (труда), необходимых на данном предприятии, для изготовления или ремонта выпускаемых изделий. В состав производственных процессов входят процессы основного производства – это процессы изготовления заготовок, деталей, сборочных единиц (технологические процессы), а также процессы обеспечивающие основное производство – вспомогательные и обслуживающие.

В зависимости от назначения выделяются следующие производственные процессы:

основные, предназначенные для изменения формы или состояния материала продукции, являющейся в соответствии со специализацией предприятия товарной (продукция предназначена для продажи). Например, в автомобилестроительном (тракторостроительном) производстве – это процессы изготовления деталей автомобиля, трактора и сборки из них узлов, агрегатов и автомобиля (трактора) в целом; в моторостроительном производстве – двигателя; на инструментальных заводах – это изготовление инструмента. Однако, необходимо здесь обратить внимание, что изготовление инструмента для нужд основного производства не является основной продукцией предприятия – это вспомогательная;

вспомогательные, в результате которых получается продукция, как правило, используемая на самом предприятии, для обеспечения нормального функционирования основных производственных процессов. Например, изготовление средств технологического оснащения, средств механизации и автоматизации собственного производства, запасных частей для ремонта действующего оборудования, производства всех видов энергии (электроэнергия, пар, газ, сжатый воздух и др.);

обслуживающие, обеспечивающие основные и вспомогательные производственные процессы услугами, необходимыми для их нормального функционирования, например, транспортные, складские и др.

В зависимости от характера технологических операций различают также производственные процессы:

заготовительные, в результате которых могут быть получены литые, кованные, сварные заготовки;

обрабатывающие – это обработка резанием, термическая обработка;

сборочные, обеспечивающие сборку узлов и машин.

Технологический процесс – часть производственного процесса, содержащий целенаправленные действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства (труда). При изготовлении детали это последовательное изменение формы, размеров и свойств материал заготовки с целью получения готовой детали в соответствии с заданными чертежом техническими требованиями.

Труд человека – это (его) целенаправленная производственная деятельность.

Предмет труда – то, на что направлена деятельность человека (в машиностроении – это заготовки, детали, сборочные единицы, изделия).

Средства труда – это технологическое оборудование, инструмент, приспособления, с помощью которых происходит изменение предметов труда.

Изделие – единица промышленной продукции, количество которой может исчисляться в штуках или экземплярах (деталь, сборочная единица и т. п.). В зависимости от характера производства изделия могут быть изделиями основного или вспомогательного производства.

Заготовка – предмет труда из которого изменением формы, размеров, свойств поверхности и (или) материала изготавливают деталь. Заготовка перед первой технологической операцией называется исходной заготовкой.

Деталь – это изделие, изготовленное из одноименного по наименованию и марке материала без применения сборки.

3.2. Основные типы производств

Тип производства – это классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска продукции и определяется тактом выпуска изделий и коэффициентом серийности.

Объем выпуска продукции – количество изделий определенных наименований и типоразмеров, изготовленных или ремонтируемых предприятием в течение планируемого интервала времени.

Программа выпуска – перечень изделий, изготовленных на предприятии, с указанием объема выпуска по каждому наименованию в течение календарного периода.

Под тактом выпуска изделий понимается промежуток времени между выпуском двух следующих одна за другой машин, деталей или заготовок. То есть такт выпуска – это отрезок времени, необходимый для изготовления одной детали при 100 % -ом выполнении программы выпуска. При проектировании технологических процессов величина такта выпуска определяется по формуле:

$$T = 60 \cdot F_o \cdot m / N, \text{ мин/шт},$$

где F_o – действительный годовой фонд работы оборудования, час;

m – число рабочих смен;

N – годовая программа выпуска изделий, шт.

Коэффициент серийности показывает количество различных операций, закрепленных за одним станком, и рассчитывается по формуле:

$$k_{сер} = \tau \cdot T_{шт},$$

где τ – такт выпуска изделий, мин;

$T_{шт}$ – штучное время по операциям, мин.

Критерием серийности служит коэффициент закрепления операций ($k_{зо}$) – отношение числа всех технологических операций, выполняемых или подлежащих выполнению в течение месяца к числу рабочих мест.

Различают три основных типа производства: единичное, серийное и массовое. Для мелкосерийного производства характерны значения $k_{зо} = 21 \dots 40$, для среднесерийного – $11 \dots 20$, крупносерийного – $2 \dots 10$.

Единичное производство характеризуется малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление которых, как правило, не предусматривается.

Именно такое производство характерно для предприятий технического сервиса, ремонтных мастерских и ремонтно-механических мастерских лесопромышленных предприятий.

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых или ремонтируемых периодически повторяющимися партиями и сравнительно небольшим объемом выпуска. В зависимости от количества изделий в партии или серии различают *мелкосерийное*, *среднесерийное* или *крупносерийное* производства.

Массовое производство характеризуется большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых в течение продолжительного времени. На большинстве рабочих мест выполняется одна постоянно повторяющаяся операция ($k_{zo}=1$).

Сравнительная технико-экономическая характеристика типов производства представлена в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная технико-экономическая характеристика типов производства

Факторы	Типы производства		
	единичный	серийный	массовый
Номенклатура изделий	Неограниченная	Ограниченная сериями	Одно наименование
Постоянство номенклатуры	Не повторяется	Периодически повторяется	Постоянный выпуск изделий узкой номенклатуры
Специализация рабочих мест	Отсутствует. Разные операции	Периодически повторяющиеся операции	Одна постоянно повторяющаяся операция
Коэффициент закрепления Операций (k_{zo})	>40 Мелкосерийное 20...40	Среднесерийное 10.. 20 Крупносерийное 1...10	1
Оборудование	Универсальное	Универсальное, с ЧПУ, специализированное	Преимущественно специальное
Расположение производственного (технологического) оборудования	Технологический принцип (по группам станков)	Предметный и технологический принцип (по группам, по участкам, по технологическому процессу)	Предметный принцип по технологическому процессу
Технологическая оснастка (приспособления, режущий и измерительный инструменты и др.)	Универсальная; стандартная нормализованная и унифицированная.	Стандартная, нормализованная и специализированная. Универсальный и предельный.	Специальная и нормализованная. Предельный и специальный
Детализация разработки технологической документации	Маршрутная	Маршрутно-операционная	Подробная маршрутно-операционная вплоть до разработки отдельных приемов
Квалификация основных рабочих	Высокая	Средняя; высокая на станках с ЧПУ	Невысокая на поточных линиях; высокая на ГАЛ
Себестоимость изделий	Высокая	Средняя	Низкая
Производственный цикл	Длительный	Средний	Минимальный
Производительность труда	Невысокая	Средняя	Максимальная
Нормирование труда	Опытно-статистическое	Расчетное и опытно-статистическое	Расчетное с экспериментальной проверкой

Тип производства решающим образом влияет на эффективность использования ресурсов предприятия.

К самостоятельному типу относится **опытное производство**. Его цель – производство образцов, партий или серий изделий для проведения исследовательских работ, испытаний, доводки конструкции и на основе этого – разработка конструкторской и технологической документации для промышленного производства. Изделия опытного производства не являются товарной продукцией и обычно не поступают в эксплуатацию.

3.3. Основные виды и формы технологических процессов

Технологический процесс – часть производственного процесса, представляющая собой совокупность действий с предметами труда, связанных с последовательным изменением формы, размеров или свойств материала заготовки или полуфабриката с целью получения детали или изделия с заданными техническими характеристиками.

В зависимости от условий производства и назначения проектируемого технологического процесса применяются различные виды и формы технологических процессов (ГОСТ 3.1109–82).

По этапам применения технологические процессы могут быть: *проектными, рабочими, временными и перспективными*.

По степени унификации: *единичные* технологические процессы на каждую деталь; *типовые* и *групповые*.

По подробности разработки и описания технологические процессы имеют три вида: *маршрутный, маршрутно-операционный* и *операционный*.

Для изделий единичного производства разрабатываются маршрутные технологические процессы. На изделия серийного и крупносерийного типов производства разрабатываются маршрутно-операционные и операционные технологические процессы. Для массового производства применяют операционные технологические процессы, в которых указаны все переходы, режимы обработки, эскизы наладок, способы крепления и измерения деталей, планировки рабочих мест.

Основным видом технической документации при разработке технологических процессов являются маршрутные (МК), операционные карты (ОК), карты технологических процессов (КТП) и карты эскизов (КЭ).

Технологический процесс изготовления детали разбивается на операции, установовы, позиции, переходы, рабочие ходы и приемы, выполняемые на рабочих местах (ГОСТ 3.1109 – 82).

Технологическая операция – законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте и охватывающая все последовательные действия рабочего (или группы рабочих) и станка по обработке заготовки (одной или нескольких, одновременно обрабатываемых).

В условиях работы автоматической линии операция – это законченная часть технологического процесса, выполняемая непрерывно на линии. Далее заготовка передается на другую операцию с помощью транспортных устройств. В условиях гибкого автоматизированного производства (ГАП) операция может прерываться для подачи заготовки на промежуточный склад в периоды между позициями, выполняемыми на разных технологических модулях.

Технологическая операция – основная часть технологического процесса. По ее продолжительности определяют станкоемкость и трудоемкость, количество рабочих, оборудования, инструмента и др.

Технологическая операция является основной расчетной единицей при проектировании, планировании и калькуляции технологического процесса изготовления или восстановления детали.

Кроме основных операций в технологическом процессе имеют место вспомогательные операции (без снятия стружки): транспортировка, контроль, маркировка и др.

Рабочее место – часть производственной площади цеха, оборудованной применительно к выполняемой операции. На рабочем месте размещены один или несколько исполнителей работы и обслуживаемая ими технологическая единица оборудования или часть конвейера, а также оснастка и (на ограниченное время) предметы производства. Заготовка может быть передвинута, переставлена, но все действия, связанные с обработкой этой заготовки на данном рабочем месте, относятся к одной операции. Например, если партию деталей типа валов нужно шлифовать по цилиндрическим поверхностям с двух концов вала, то обработка может быть выполнена на круглошлифовальных станках за одну или две операции. При шлифовании за *одну операцию* каждую деталь шлифуют в центрах с одного конца (стороны), а затем его переставляют на станке и шлифуют с другого конца. Шлифование вала за *две операции* производится на одном или двух станках: вначале *все валы* шлифуют только с одного конца, а затем с другого на этом или другом станке. Шлифовка за две операции но на одном станке – одно рабочее место.

Установ – часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или собираемой сборочной единицы. Так при обработке резанием изменение положения заготовки относительно поверхности стола (станины) или приспособления означает новый установ. Рассмотренное ранее шлифование цилиндрических поверхностей детали *вал* на круглошлифовальном станке за одну операцию было произведено с двух установов заготовок: первый – для шлифования поверхности с одного конца, а второй для шлифования поверхности с другого конца вала. В серийном производстве часто установы выделяют в отдельные операции.

Позиция – фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции.

Технологический переход (переход) – законченная часть технологической операции, которая характеризуется постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых обработкой или соединяемых при сборке. При этом чаще всего режим работы станка не меняется. При работе на станках с ЧПУ, а также с использованием адаптивных систем режим работы станка может меняться. При изменении одного из этих элементов появляется новый технологический переход. Например, обработку точного отверстия в заготовке на токарном станке производят последовательно сверлом, зенкером, разверткой, что составляет три перехода; после каждого инструмента образуется поверхность, характеризующаяся определенными параметрами шероховатости.

При многоинструментальной обработке одновременно нескольких поверхностей имеет место один переход. Иногда используют такое понятие, как элементарный переход как часть технологического перехода (операции), выполняемая одним инструментом на одном участке поверхности заготовки без изменения режима работы станка (при этом могут быть два или несколько рабочих ходов).

Рабочий ход (ранее название «проход») – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемое изменением формы, размеров, качества поверхности или свойств заготовки.

Вспомогательный ход – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, несопровождаемая изменением формы, размеров, качества поверхности и свойств заготовки, но необходимая для рабочего хода.

Вспомогательный переход – законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением формы, размеров, качества поверхности и свойств заготовки, но необходимы для выполнения технологического перехода (установка заготовки, замена инструмента, измерение детали и т. д.) для рабочего хода.

Прием – законченное действие рабочего (используется при техническом нормировании). Например, закрепить резец в резцедержателе, измерить деталь, переключить скорости станка и т.д.

Элемент приема – это движение, поддающееся наблюдению. Например, взять ключ, завернуть винт, протереть деталь и т.д.

3.4. Методы организации технологических процессов

Технологические процессы делятся на два вида: поточный и непоточный.

Под *поточным* видом организации технологического процесса понимается такой его вид, при котором заготовка, деталь или собираемые изделия в процессе их производства находятся в движении, причем это движение осуществляется с постоянной величиной такта. Это значит, например, что поступающая на первую операцию заготовка сразу после окончания операции передается на вторую, после окончания второй – на третью и т. д. До последней операции, после которой деталь сразу передается на сборку. Время «пролеживания» детали между операциями в таких случаях равно или кратно такту.

Под *непоточным* видом организации технологического процесса понимается такой его вид, при котором заготовки, детали и собираемые изделия в процессе из производства находятся в движении с различной продолжительностью операций и «пролеживания» между ними, в результате чего процесс осуществляется с меняющейся величиной такта.

Из приведенных определений видно, что поточный метод организации технологического процесса, прежде всего, можно использовать в массовом и крупносерийном производствах.

4. МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

4.1. Содержание и последовательность разработки технологических процессов

Основы методологии разработки технологических процессов отражены в стандартах единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП) ГОСТ Р 50995.3.1–96, ГОСТ Р 50995.0.1–96, ГОСТ Р 15.000–94 и единой системы технологической документации (ЕСТД) по ГОСТ 3.1109–82. Процесс технологического проектирования содержит ряд взаимосвязанных и выполняемых в определенной последовательности этапов. Этапы разработки технологического процесса в соответствии с рекомендациями Р50–54–93–88 приведены на рис. 1.



Этапы разработки технологического процесса

Рис. 1.

К ним относятся:

- анализ исходных данных;
- технологический контроль чертежа;
- определение типа и организационной формы производства;
- выбор вида исходной заготовки и способа ее получения;
- выбор вида технологического процесса;
- выбор технологических баз и схем базирования заготовки;
- выбор способов обработки поверхностей заготовки;
- проектирование (разработка) маршрута обработки;
- разработка структуры операций;
- выбор средств технологического оснащения (оборудования, приспособлений, вспомогательной оснастки, режущих и измерительных инструментов);
- расчет и назначение режимов обработки;
- расчет и назначение припусков и операционных размеров;
- определение норм времени;
- определение квалификации работы и профессий рабочих;
- составление технологической планировки (по необходимости) и разработка схемы (грузопоток) перемещения деталей и отходов;
- разработка мероприятий по обеспечению требований техники безопасности и производственной санитарии;
- технико-экономическая оценка технологического процесса;
- оформление технологической документации.

Разработку технологического процесса необходимо начинать с анализа рабочего чертежа детали, установления необходимых размеров, требований к точности и шероховатости обработки; требований к погрешности формы и взаимного расположения поверхностей и ее термообработки.

4.2. Анализ исходных данных

4.2.1. Технические требования к деталям

Прежде всего следует выяснить назначение детали в узле машины и определить степень ее важности для эксплуатации машины. Затем провести подробный анализ технических требований к детали. При необходимости для решения возникающих задач привлекают методы теории размерных цепей. Результатами этого анализа должны быть формулировка основных технологических задач, которые необходимо решать при обработке детали, и корректировка чертежа детали.

Основные технологические задачи включают получение:

- точности размеров: диаметральных, линейных, угловых;
- точности формы: для цилиндрических деталей в продольном и поперечном направлениях (отклонения профиля продольного сечения; отклонения от круглости и цилиндричности), для плоскостных деталей (отклонения от плоскостности и прямолинейности);
- точности взаимного расположения поверхности (отклонения от параллельности, перпендикулярности, соосности, симметричности, пересечения осей);
- качества поверхностного слоя обработанных поверхностей:
 - высота микронеровностей профиля (R_z , R_a , t_p)
 - твердость (HRC_э, HB);
 - численное значение, знак и глубина распространения внутренних остаточных напряжений.

Кроме того, на чертежах могут быть указаны и специальные технические требования: покрытия, термическая обработка, окраска, подгонка массы и т. п.

По всем группам технологических задач необходимо подробно изучить технические требования на изготовление с перечислением наиболее ответственных.

В результате формулируются основные технологические задачи, определяющие структуру технологического процесса, применяемое оборудование, средства технологического оснащения, квалификацию исполнителя, контрольные операции и др.

При технологическом контроле чертежей проверяют, содержит ли чертеж все сведения о детали: необходимые проекции, разрезы и сечения, размеры с допусками, требования к точности формы и взаимного расположения, требования к качеству поверхности.

Отработку конструкции детали на технологичность проводят в соответствии с общими правилами, установленными ГОСТ 14.201–83.

Анализ технологичности конструкции изделия направлен на повышение производительности труда, снижения затрат и сокращение времени на технологическую подготовку производства (ТПП). Конструкция изделия может быть признана технологичной, если она обеспечивает простое и экономичное изготовление детали и удовлетворяет следующим требованиям:

- конфигурация деталей и их материал позволяют применять наиболее прогрессивные заготовки, сокращающие объем механической обработки;
- при конструировании изделий используются простые геометрические формы, позволяющие применять высокопроизводительные методы производства.. Предусмотрена удобная и надежная технологическая база в процессе обработки;
- обоснованы заданные требования к точности размеров и формы детали;
- использована стандартизация и унификация деталей и их элементов;
- для уменьшения объема механической обработки предусмотрены допуски только по размерам посадочных поверхностей;
- обеспечена достаточная жесткость детали;
- предусмотрена возможность удобного подвода жесткого и высокопроизводительного инструмента к зоне обработки детали;
- обеспечен свободный вход и выход инструмента из зоны обработки;
- учтена возможность одновременной установки нескольких деталей.

Конструкция изделия в значительной степени определяет содержание технологического процесса, его построение (маршрут), структуру операций, применяемые методы обработки, оборудования, оснастку и инструменты.

4.2.2. Общие требования к технологичности формы детали

1. Конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом.
2. Детали должны изготавливаться из стандартных или унифицированных заготовок. Формы заготовки должны приближаться к форме и размерам готовой детали.
3. Заготовки должны быть получены рациональным способом и возможность использования в конструкции детали необрабатываемых поверхностей и минимальных припусков на обработку.
4. Размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные и обоснованные точность и шероховатость поверхностей. Оптимальными считаются точность и шероховатость поверхности экономически и конструктивно обоснованные.
5. Базовые поверхности детали должны иметь точность и шероховатость, обеспечивающие надежность и точность установки, обработки и контроля.
6. Возможность одновременной обработки нескольких деталей.
7. Конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых, стандартных и групповых технологических процессов.
8. Свойства материала детали: физико-химические, механические, жесткость детали, ее форма и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления (включая процессы упрочнения, коррозионной защиты и пр.), хранения и транспортирования.
9. Не использовать материалы, плохо обрабатываемые резанием.
10. Доступность по всем обрабатываемым поверхностям для обработки и измерения.
11. Протяженность обрабатываемых поверхностей должна быть наименьшей.
12. Поверхности отверстий также должны соответствовать по форме стандартному инструменту, например, глухие отверстия следует проектировать с коническим дном, образуемым режущей кромкой сверла (угол заточки сверла $2\varphi = 118 - 120^\circ$). Отверстия должны соответствовать по размерам стандартным сверлам (ГОСТ 886–77), не следует предусматривать сквозные отверстия с отношением длины к диаметру более 10 ($l:d > 10$), т. к. требуются специальные сверла.
13. Глубина глухих отверстий не должна превышать шести диаметров; для глухих отверстий, подвергаемых чистовой обработке следует указать ее длину, т. к. по всей длине трудно достичь шероховатости.
14. Глубина резьбы в глухих отверстиях должна быть согласована с размерами рабочей части метчика, не рекомендуется назначать резьбы длиной более 3-х диаметров, т. к. при этом затрудняется свинчиваемость деталей.
15. Конструкции деталей должны обеспечивать минимальную деформацию при термообработке.
16. Детали, обрабатываемые на станках токарной группы должны иметь максимальное число поверхностей вращения и минимальное число изменений диаметра сечения.
17. Детали, обрабатываемые на протяжных станках, должны иметь равномерную жесткость по длине и достаточную прочность.
18. При обработке на станках с ЧПУ к конструкции обрабатываемых деталей предъявляют менее жесткие требования (например, сложные, фасонные, контурные и объемные поверхности можно получить без особых трудностей).

4.2.3. Технологичность валов

Конструктивные особенности. В механизмах транспортных и технологических машин, колесных и гусеничных машинах применяют валы различной конструктивной формы:

бесступенчатые (гладкие), ступенчатые с прямой геометрической осью, коленчатые, эксцентриковые (кулачковые), кривошипы, поворотные кулаки и др.

Наибольшее распространение в этих машинах (60 – 70 % общего количества) получили ступенчатые валы средних размеров (диаметром 25...125 мм, длиной до 250 мм) – шлицевые с глухим или сквозным центральным отверстием. Шлицевые валы изготавливают в основном с закрытыми шлицами прямобочного или эвольвентного профиля.

Несмотря на разнообразие форм и размеров валов необходимо учитывать следующие требования, обуславливающие их технологичность.

1. Достаточная жесткость. Конструкция вала считается жесткой при отношении длины к диаметру (l/d) не более 10...12. В противном случае токарная обработка вала требует применения дополнительных опор – люнетов, что увеличивает трудоемкость. В зависимости от отношения длины к диаметру валы закрепляются при обработке в патроне ($l:d \leq 5$), в центрах ($l:d \leq 10$) или в центрах с люнетом ($l/d > 10...12$).

2. Наличие постоянных технологических баз (центровые отверстия). Это позволяет повысить точность и сократить трудоемкость обработки соосных ступенчатых поверхностей. Форма и размеры центровых отверстий должны соответствовать ГОСТ 14034–74 (табл. 2).

3. Предусматривать стандартные канавки для выхода шлифовального круга. Форма и размеры канавок должны соответствовать ГОСТ 8820–69 (табл. 3).

4. Для сокращения числа типоразмеров канавочных резцов канавки выполнять по возможности одинаковыми.

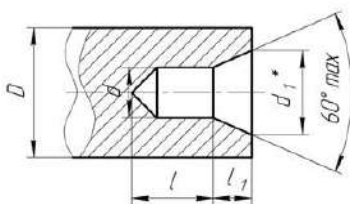
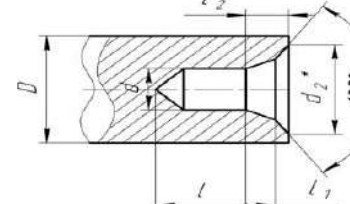
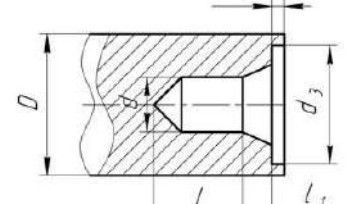
5. Ступени должны быть с минимальными перепадами диаметров, убывающие или возрастающие. Желательна симметричность.

6. Ступени по возможности должны иметь одинаковую или кратную длину для обеспечения возможности многоинструментальной обработки. Конические переходы между ступенями вала и фаски следует назначать под обработку с учетом стандартных токарных проходных резцов с главным уклоном в плане ϕ равным 30, 45, 60 и 90°. При больших перепадах применять высадку головок или составные конструкции для уменьшения объема обработки резанием и расхода металла.

7. У гладких длинных валов вместо ступени при необходимости упорных уступов, буртов устанавливать разжимные пружинные кольца. В этом случае бурт заменяется канавкой.

Таблица 2

Формы и размеры центровых отверстий
(из ГОСТ 14034–74)

Форма А	Форма В	Форма Т
		
1. В изделиях после обработки которых необходимость в центровых отверстиях отпадает. 2. В изделиях, которые подвергаются термообработке до твердости, гарантирующей сохранность центровых отверстий в процессе эксплуатации.	В изделиях, в которых центровые отверстия являются базой для повторного и многократного использования, а также в случаях, когда центровые отверстия сохраняются в готовых изделиях.	Для оправок и калибр-пробок
Размеры центровых отверстий, мм		

D	d	d_1	d_2	l , не менее	l_1	l_2
до 6	1,6	3,35	5,0	2,0	1,52	1,99
6 - 10	2,0	4,25	6,3	2,5	1,95	2,54
10 - 14	2,5	5,30	8,0	3,1	2,42	3,20
14 - 20	3,15	6,70	10,0	3,9	3,07	4,03
20 - 30	4,0	8,50	12,5	5,0	3,90	5,06
30 - 40	5,0	10,60	16,0	6,3	4,85	6,41
40 - 60	6,3	13,20	18,0	8,0	5,98	7,36
60 - 80	8,0	17,00	22,4	10,1	7,79	9,35
80 - 100	10,0	21,20	28,0	12,8	9,70	11,66
100 - 120	12,0	25,40	33,0	14,6	11,60	13,80
120 - 160	16,0	33,90	42,5	19,2	15,50	18,00
Условное обозначение отверстия для вала $\varnothing 30$ мм (диаметр центровочного отверстия $\varnothing 4$ мм)						
Отв. 4 А ГОСТ 14034–74		Отв. 4 В ГОСТ 14034–74		Отв. 4 Т ГОСТ 14034–74		

8. У длинных нежестких валов предусматривать резьбовое отверстие для обеспечения транспортировки, термообработки и хранения в подвешенном состоянии.

9. Крупные валы необходимо выполнять полыми.

10. Целесообразная простановка продольных размеров облегчает наладку станка и сокращает трудоемкость обработки.

11. Наличие радиусов закруглений между ступенями повышает стойкость инструмента.

12. Форма и размеры выхода внутренних и наружных резьб должны соответствовать ГОСТ 10549–80 (недорез резьбы $\approx 3P$; сбеги резьбы $\approx 2,5P$; проточка канавки под выход инструмента $\approx 5P$, где P – шаг резьбы).

Продолжение таб. 2

Продолжение табл. 2

Форма F

Метрическая резьба
без предохранительного конуса

Форма H

Метрическая резьба
с предохранительным конусом

В изделиях типа валов с креплением деталей по центру вниз для монтажных работ, транспортирования, хранения и термообработки деталей в вертикальном положении.

D для форм

F	H	d	d ₁	d ₂	d ₃	l, не более	l ₁	l ₂ , не более	l ₃
8	—	M3	3,2	5,0	—	2,8	1,56	—	—
10	16	M4	4,3	6,5	8,2	3,5	1,90	4,0	2,4
12,5	20	M5	5,3	8,0	11,4	4,5	2,30	5,5	3,3
16	25	M6	6,4	10,0	13,3	5,5	3,00	6,5	4,0
20	32	M8	8,4	12,5	16,0	7,0	3,50	8,0	4,5

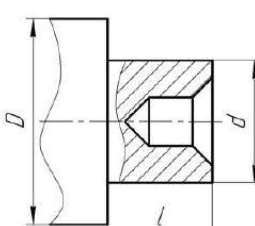
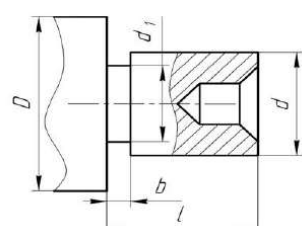
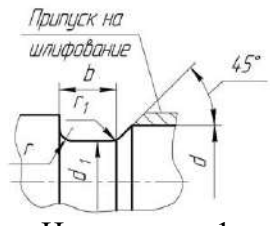
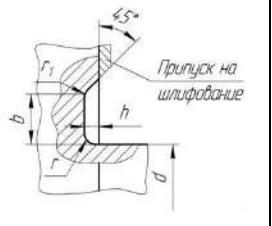
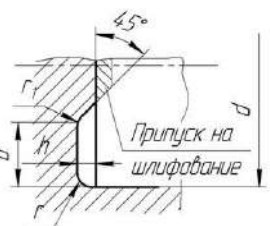
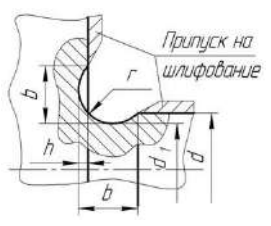
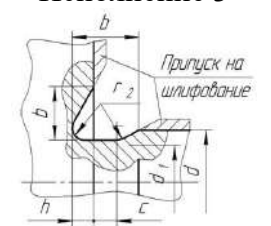
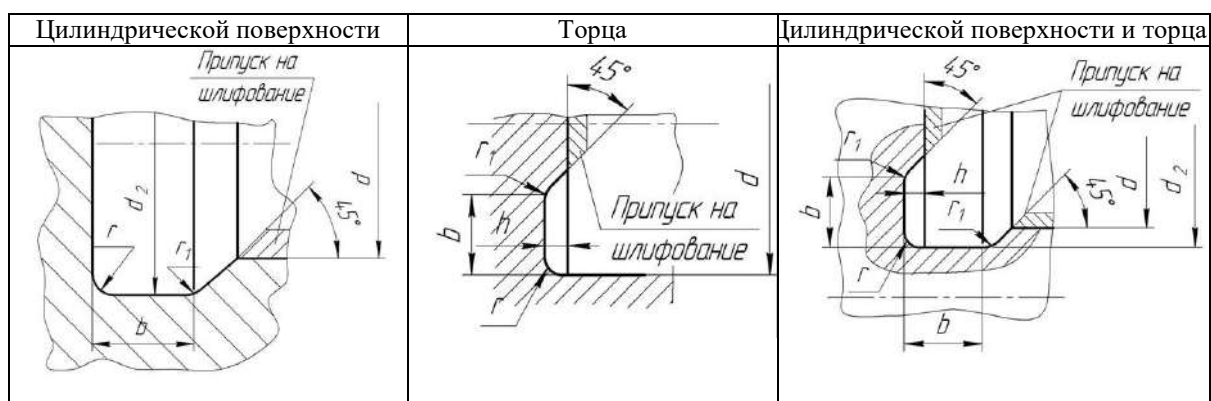
25	40	M10	11,0	15,6	19,8	9,0	4,00	10,2	5,2
32	50	M12	13,0	18,0	22,0	10,0	4,30	11,2	5,5
40	63	M16	17,0	22,8	28,7	11,0	5,00	12,5	6,5
63	80	M20	21,0	28,0	33,0	12,5	6,00	14,0	7,5
100		M24	25,0	36,0	43,0	14,0	9,50	16,0	11,5
160		M30	31,0	44,8	51,8	18,0	12,00	20,0	14,0
Условное обозначение отверстия для вала Ø 32 мм (диаметр центровочного отверстия М 12)									
Отв. М 12 F ГОСТ 14034–74					Отв. М 12 H ГОСТ 14034–74				
Основные размеры временных «ложных» центровых отверстий, мм									
									
Диаметр заготовки D	Диаметр d уступа под центровое отверстие		l	l ₁	b	d ₁			
от 2 – 3,5	2,0		2-2.5	3.5-4.0	1.5	–			
3,5 – 5,0	3.5		3.0-4.0	5.0-5.5	1.5	2.5			
5,0 – 6,5	4		4.0-5.5	6.0-5.5	2.0	2.5			
6,5 – 10,0	6.5		5.0-5.5	7.0-7.5	2.0	2.5			
10 – 18	8		6.0-7.5	8.0-9.0	2.0	5.0			
18 – 30	10		8.0-9.0	11.0-12.0	3.0	5.0			
30 – 50	12		10.0-11.0	14.0-15.0	4.0	7.0			
50 – 80	15		12.0-13.0	16.0-17.0	4.0	10.0			
80 – 120	20		15.0-16.0	19.0-20.0	4.0	12.0			
120 – 180	25		18.0-19.0	22.0-23.0	4.0	15.0			

Таблица 3

Форма и размеры канавок для выхода шлифовального круга
(из ГОСТ 8820–69)

Наружное шлифование			
Цилиндрической поверхности	Торца	Цилиндрической поверхности и торца	
 Исполнение 1  Исполнение 2		 Исполнение 1  Исполнение 2	 Исполнение 3  Исполнение 4
Внутреннее шлифование			



Размеры канавок для выхода шлифовального круга, мм

Диаметр			Ширина канавки (b) для исполнений			Глубина канавки (h)	Радиус закругления	
общий (ориентировочный) (d)	при наружном шлифовании (d ₁)	при внутреннем шлифовании (d ₂)	1	2	3		r	r ₁
до 10	d – 0,3	d + 0,3	1,0	1,0	-	0,2	0,3	0,2
			1,6	1,6	-		0,5	0,3
10 – 50	d – 0,5	d + 0,5	2,0	2,0	-	0,3	0,5	0,3
			3,0	3,0	1,5		1,0	0,5
50 – 100	d – 1,0	d + 1,0	5,0	5,0	2,25	0,5	1,6	0,5
			8,0	8,0	2,8		2,0	1,0
более 100			10,0	10,0	5,0		3,0	1,0
Исполнение 4	d ₁	b	h		b ₁	c	r ₁	
до 10	d – 0,2	1,1	0,1		0,5	0,8	0,2	
10 – 50	d – 0,4	2,2	0,2		1,0	1,5	0,4	
50 – 100	d – 0,6	4,3	0,3		1,5	3,3	0,6	
более 100	d – 0,8	6,4	0,4		2,3	5,0	1,0	

13. Непрерывность шлифуемых поверхностей (постоянная длина образующей). Это обеспечивает более высокую точность формы, так как площадь контакта детали, а, следовательно, давления шлифовального круга – постоянны.

14. Наличие фасок в деталях (особенно из хрупких материалов). Это предотвращает выкрашивание кромок шлифовального круга при шлифовании.

15. Заменять переходные поверхности фасками.

16. Не рекомендуются кольцевые канавки на торцах, особенно со стороны стержня, так как они трудоемки в работе.

17. При наличии нескольких шпоночных пазов на разных ступенях выполнять их на одной линии с одинаковой шириной.

18. Глубина и ширина шпоночных канавок должна соответствовать размерам стандартных шпоночных фрез. Предпочтительны шпоночные канавки, обрабатываемые дисковыми, а не концевыми фрезами.

Таблица 4

Форма и размеры канавок для выхода шлифовального круга при плоском шлифовании (из ГОСТ 8820–69)

Исполнение 1	b ₁	h ₁	Исполнение 2	r ₂
	2,0	1,6		0,5
	3,0	2,0		1,0
	5,0	3,0		1,6

4.2.4. Технологичность втулок и цилиндров

Конструктивные особенности. С конструктивной точки зрения втулки и цилиндры характеризуются наличием нескольких концентрично расположенных внутренних и наружных поверхностей. Эти детали можно условно разделить на три группы.

К *первой группе* относятся втулки, имеющие ряд концентричных внутренних и наружных поверхностей (кондукторные, направляющие и упорные втулки; упорные втулки ступицы заднего колеса, втулки балансиров, цапф, гусеничных траков, конусы синхронизаторов и др.). Наиболее распространены втулки с отношением $L/D \leq 2$ (здесь L - длина; D - внешний наибольший диаметр).

Ко *второй группе* можно отнести гидроцилиндры, цилиндры гидроамортизаторов, телескопические цилиндры и плунжеры опрокидывающих механизмов, и другие, как правило, тонкостенные, длина которых значительно превышает диаметр.

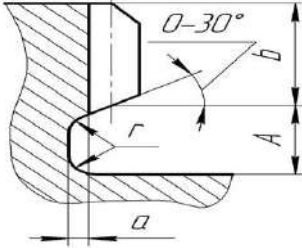
К *третьей группе* можно отнести втулки и цилиндры имеющие сложную наружную поверхность, например цилиндры тормозной системы автомобиля.

При конструктивном оформлении втулок и цилиндров необходимо учитывать следующие требования, обуславливающих их технологичность.

1. Простая конфигурация и достаточная жесткость.
2. С целью обеспечения соосности основных цилиндрических поверхностей конструкция втулок должна быть такой, чтобы обработка всех их внутренних поверхностей производилась с одной стороны при неизменном закреплении заготовки.
3. Нежелательны выточки на обрабатываемых с высокой точностью внутренних поверхностях втулки. Предпочтение следует отдавать втулкам, имеющим сквозные отверстия.
4. Если ступенчатые отверстия или наружные поверхности втулки должны выполняться с высокой точностью, то для выхода инструмента следует предусматривать канавки (ГОСТ 8820–69) (см. табл. 3, 4).
5. Конструкция отверстия с резьбой должна давать возможность работать резьбовым инструментом на проход. Поэтому они должны иметь канавки для выхода инструмента. Это обеспечивает улучшение условий работы инструмента и повышение качества резьбы.
6. Образование шлицев и пазов в глухих отверстиях затруднено, поэтому отверстия с пазами и шлифами желательно выполнять сквозными, что позволяет использовать высокопроизводительное протягивание.
7. При невозможности применения втулок со сквозными шлицами или пазами следует предусматривать канавки для выхода долбяка или резца в соответствии с ГОСТ 14775–81 (табл. 5).
8. С целью упрощения конструкции режущего инструмента и повышения его стойкости, упрощения процесса обработки следует избегать глубоких шлицевых отверстий и пазов.

Таблица 5

Размеры канавок для выхода долбяка, мм
(из ГОСТ 14775–81)

					
Ширина зубчатого венца, b	A , не менее	a , не менее		r , не менее	
		зубчатые колеса	шлицевые венцы	зубчатые колеса	шлицевые венцы
До 10	1,0				
10 – 15	1,5				

15 – 20	2,0	0,5	0,25	0,40	0,20
20 – 25	2,5				
25 – 30					
30 – 35					
35 – 40	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0
40 – 45	3,5				
45 – 50	4,0				
50 – 55	4,5	2,0			
55 – 60	5,0				
60 – 65	5,5	2,0	1,0	1,0	1,0
65 – 70					
70 – 75					
75 – 80	6,0				
80 – 90	7,0	3,0	1,6	1,6	1,6
90 – 100	8,0				

4.2.5. Технологичность дисков и барабанов

Конструктивные особенности. Характерной особенностью деталей, относящихся к дискам, является малая высота по сравнению с диаметром: $h=0,5D$ (здесь D —диаметр наружной поверхности детали).

В технологических и транспортных машинах типичными представителями таких деталей являются: ведущие и направляющие колеса, опорные и поддерживающие катки, тормозные барабаны фрикционных механизмов, кольца включения фрикционных дисковых тормозов, диски фрикционов, уплотнительные кольца, кольца опорных и поворотных подшипников и др.

Детали, относящиеся к группе барабаны (ступицы), характеризуются большей высотой $h = (0,5 - 1,0)D$. К этим деталям относятся ступицы колес колесных машин, направляющие (поддерживающие) катки и ролики гусеничных машин и др.

4.2.6. Технологичность зубчатых колес

Конструктивные особенности. Зубчатые колеса транспортных и технологических машин работают в весьма тяжелых условиях переменных и ударных нагрузок. Силовые трансмиссии агрегатов передают значительные крутящие моменты, создавая нагрузки до 1000 Н на 1 мм длины зуба. Окружные скорости зубчатых колес достигают 25 м/с и более, что требует высокой точности их изготовления. Зубчатые колеса являются ответственными деталями машин, определяющими их надежность и долговечность, поэтому к их конструкции, материалу и процессу изготовления предъявляются жесткие требования.

Наиболее часто встречающиеся разновидности зубчатых колес можно разделить на ряд типов.

Цилиндрические одновенцовые зубчатые колеса диаметром до 300 мм: с отверстием без выточки и плоскими обработанными торцами; с выточками в отверстиях или в торцах; со ступицей.

Цилиндрические многовенцовые с выточками в отверстиях, многовенцовые блочные.

Конические зубчатые колеса бывают со ступицей и венцовые.

Червячные зубчатые колеса выполняют цельными (для малых диаметров червячных пар) и в виде венцов.

При конструктивном оформлении зубчатых колес необходимо учитывать следующие требования, обуславливающие их технологичность.

1. Простая конфигурация. Это обеспечивает многоместную обработку при зубонарезании (типа плоских дисков).

2. Многовенцовые колеса должны иметь достаточное расстояние между венцами для обеспечения выхода фрез и шлифовальных кругов. При невозможности обеспечения этого

требования желательно многовенцовые зубчатые колеса делать составными с целью применения высокопроизводительных методов обработки с заданной точностью.

3. Конструкция одновенцовых колес должна предусматривать смещение венца к одному торцу, что обеспечивает минимальную металлоемкость и возможность одновременного нарезания зубьев у двух колес.

4. Конфигурация колеса должна предусматривать минимальную деформацию при термообработке.

5. Предусматривать канавки для выхода долбяков, гребенок и червячных фрез при нарезании шевронных колес (см. табл. 4).

6. Точность базирующих поверхностей (торцы, отверстия, шейки) должна соответствовать точности зубчатых венцов.

7. Длина шлицевых отверстий должна соответствовать геометрическим параметрам протяжек.

4.2.7. Технологичность корпусных деталей

Конструктивные особенности. Корпусные детали транспортных и технологических машин служат для размещения отдельных узлов, механизмов и др. Наиболее распространенной группой деталей в машинах являются корпуса средних размеров сложной коробчатой формы.

Для корпусных деталей характерно наличие систем точно расположенных основных отверстий, координированных между собой и относительно плоскостей, систем крепежных и других мелких отверстий. Для корпусных деталей коробчатого типа характерно наличие развитых плоских поверхностей и основных отверстий в нескольких осях. Эти детали часто выполняются разъемными в диаметральной плоскости основных отверстий (например, корпуса коробок передач гусеничных машин) или с отъемной крышкой, на которой монтируют вторую опору вала (например, корпуса раздаточных коробок колесных машин). У деталей фланцевого типа плоские поверхности обычно являются торцевыми поверхностями основных отверстий и имеют выточки или выступы.

При конструировании корпусных деталей должны быть обеспечена их технологичность.

1. Жесткость и виброустойчивость конструкции при обработке.
2. Наличие надежных технологических баз и мест для закрепления.
3. Обрабатываемые плоскости располагать на одном уровне с одинаковой точностью и шероховатостью.
4. Ширину обрабатываемых поверхностей увязывать с нормальным рядом диаметров торцевых или длин цилиндрических фрез.
5. Четкое разграничение обрабатываемых и необрабатываемых поверхностей.
6. Предпочтительна обработка плоскостей на проход. Для этого обрабатываемые поверхности располагать выше примыкающих элементов.
7. Унификация радиусов сопряжения элементов детали для сокращения числа типоразмеров и смен инструмента.
8. Размещать поверхности, подвергаемые обработке, с одной стороны детали для сокращения трудоемкости обработки за счет уменьшения числа установов детали.
9. Простановка размеров от одной технологической базы для обеспечения возможности обработки поверхностей детали с одного установа и упрощения настройки станка.
10. Перпендикулярность отверстий к плоскости общего торца для снижения поверхностей.
11. Унификация радиусов сопряжения элементов детали для сокращения числа типоразмеров и смен инструмента.
12. Крепежные отверстия располагать на расстоянии, достаточном для использования кондукторов и многошпиндельных головок.
13. Перепад размеров у отверстий в стенках, лежащих на одной линии, и их расположение должны обеспечить возможность многоинструментальной обработки.

14. Предусматривать элементы при обработке отверстий, не допускающие входа и выхода инструмента под углом.
15. Избегать отверстий с плоским дном.
16. Избегать глухих отверстий (гладких и резьбовых). Конфигурация глухих отверстий должна быть увязана с конструкцией применяемого инструмента (зенкера, развертки), имеющего коническую заборную часть.
17. У глухих резьбовых отверстий предусматривать запас длины на сбег резьбы размещение метчиков и стружки.
18. В резьбовых отверстиях предусматривать заходную фаску.
19. Избегать глубоких отверстий (отношение длины к диаметру более пяти).
20. Избегать применение резьб малого диаметра (до 6 мм) в крупных деталях из-за возможности поломки метчиков и их быстрого изнашивания.
21. В отверстиях, расположенных в стенках, вместо ступеней устанавливать пружинные разрезные кольца. При этом вместо ступени выполняется канавка, что уменьшает трудоемкость обработки.
22. Избегать глухих отверстий, пересекающихся с внутренними полостями. Заменять их сквозными отверстиями с заглушкой.
23. У дна точных глухих отверстий предусматривать канавку выхода инструмента.
24. У длинных точных отверстий для сокращения обработки вместо выточек, получаемых резанием, выполнять литые выемки.

4.2.8. Особенности технологичности конструкций деталей, подвергаемых термической и химико-термической обработке

1. Простые геометрические формы и симметричная конфигурация без острых граней, тонких перемычек и резких переходов в сечениях.
2. Перед термообработкой на деталях нежелательно иметь прорезы, отверстия и канавки, в зоне которых могут возникнуть напряжения и трещины.
3. Шероховатость поверхностей деталей, подвергаемых закалке, должна быть не ниже $Ra = 10$ мкм, так как при большей шероховатости возможно образование трещин и разрушение детали.
4. В деталях, закаливаемых с помощью ТВЧ, толщина закаленного слоя должна быть больше глубины имеющихся кольцевых выточек, иначе предел выносливости деталей снижается, и они могут разрушиться по выточке.
5. Избегать выхода закаленного слоя в нагруженную зону детали, так как при этом суммируются напряжения, возникающие при работе детали, с напряжениями в закаленном слое.
6. Для предупреждения оплавления кромок на торцах деталей и в отверстиях следует предусматривать фаски.
7. Резьбы на деталях, подвергаемых химико-термической обработке, не каливать, так как они получаются хрупкими с повышенной твердостью.
8. В опасных зонах (тонкие стенки и перегородки) следует назначать местную химико-термическую обработку для предупреждения трещин при закалке.
9. Детали, склонные к короблению, выполнять из легированных сталей, закаливающихся в масле или на воздухе.

4.2.9. Пример технологического анализа чертежа детали

Деталь – Вал-шестерня (рис. 2), изготавливается из легированной стали 18ХГТ ГОСТ 4543–71 ($C=0,17...0,23\%$; $Si=0,17...0,37\%$; $Mn=0,80...1,10\%$; $Cr=1,00...1,30\%$; $Ti=0,03...0,09\%$; $S=0,035\%$; $P=0,035\%$; $Ni=0,30\%$; $HB\ 157-207$) и проходит термическую обработку. Термическая обработка сталей с процентным содержанием углерода менее 0,25 % требует химико-

термической обработки. В связи с тем, что поверхностная твердость по длине детали различна, то наряду с цементацией и непрерывной закалкой необходимо осуществить поверхностную закалку с нагревом токами высокой частоты (ТВЧ).

Деталь правильной геометрической формы с габаритными размерами $\varnothing 105 \times 267$ и односторонним расположением ступеней $\varnothing 51$, $\varnothing 60$, $\varnothing 65 k6$, $\varnothing 80 k6$, $\varnothing 105$; имеет центральное отверстие $\varnothing 48 \times 70$, $\varnothing 58 H7 \times 25$.

В соответствии с технологическим классификатором рассматриваемая деталь Вал-шестерня относится к классу валов с фланцами.

Деталь обладает достаточной жесткостью, что позволяет назначить рекомендуемые в справочной литературе режимы резания.

Деталь вал-шестерня имеет зубчатый венец ($m=3,5$ мм; $Z=28$), на $\varnothing 60$ шлицы ($m=4,5$ мм; $Z=12$), на $\varnothing 80$ шлицы ($m=5$ мм; $Z=14$), которые соответствуют размерам, предусмотренные ГОСТ 6033–80.

Технические требования:

- радиальное биение $\varnothing 80 k6$, $\varnothing 58 H7$ относительно общей оси не более 0,05 мм; это обеспечивается обработкой с одной установочной базы, которой будут являться центровые отверстия;

- твердость поверхности детали $HRC_{\varnothing} 52–62$ обеспечивается цементацией с последующей непрерывной закалкой в печи и закалкой зубчатых венцов ТВЧ до твердости $HRC_{\varnothing} 56–62$;

- твердость поверхности торца A на диаметре 90 мм и трех отверстий $M 12$ (вид К) в состоянии поставки обеспечивается построением технологического процесса обработки отверстий после цементации перед закалкой, оставлением припуска на глубину цементации (1,8...2,4 мм) на диаметре 90 мм и последующего его снятия после цементации перед закалкой;

- шероховатость поверхностей: наименьшая $Ra=1,25$ на $\varnothing 80k6$ и $\varnothing 65k6$ обеспечивается после закалки – только наружным круглым шлифованием ($HRC > 40$); шероховатость $Ra = 2,5$ на $\varnothing 51$ и $\varnothing 58 H7$ обеспечивается шлифованием; внутренний диаметр шлицевой поверхности (сечение Б-Б – $\varnothing 70$) с параметрами шероховатости $Ra=1,25$ обеспечивается шлифованием.

Деталь имеет две шлицевые поверхности ($m = 4,5$; $z = 12$ и $m = 5$; $z = 14$) и зубчатый венец ($m = 3,5$; $z = 28$) срезанными через один зуб и зубозакруглением $R7$ (вид В). Шлицевые поверхности могут быть обработаны дисковыми модульными или червячными фрезами диаметром не более 80 мм ($R 40_{\max}$).

Центральное отверстие ступенчатое: отверстие $\varnothing 48 \times 70$ и $\varnothing 58 H7 \times 25$ мм; для выхода инструмента (шлифовального круга) предусмотрена канавка $b=5$. Механическая обработка ее затруднительна, так как эта поверхность расположена внутри детали и, следовательно, нет свободного доступа и выхода инструмента. Остальные обрабатываемые поверхности с точки зрения точности и шероховатости не представляют значительных технологических трудностей, имеют хорошие базовые поверхности для первоначальных операций и довольно просты по конструкции. Поверхности вращения могут быть обработаны на многорезцовых или револьверных станках.

Типовой технологический процесс изготовления деталей класса валов с фланцами рекомендует следующий маршрут обработки: вначале обрабатывают поверхности принятые за установочные базы – обработка отверстия и фаски с углом 30°, зацентровка второго торца. Токарная (черновая и чистовая) обработка за два установка в центрах. Сверление отверстия и нарезание резьбы. Шлице- и зубообработка. Химико-термическая обработка. Шлифование и окончательная обработка шлицев и зубьев.

4.3. Выбор заготовок и способов их изготовления

Способ получения заготовок деталей машин определяется назначением и конструкцией детали, её материалом, техническими требованиями, объемом выпуска продукции и типом производства, а также экономичностью изготовления.

При выборе заготовки необходимо решать следующие задачи:

- установить способ получения заготовки;
- рассчитать припуски на обработку каждой поверхности;
- рассчитать размеры и указать допуски на заготовку;
- разработать чертеж заготовки.

Выбор заготовки можно достаточно достоверно оценить по:

- коэффициенту использования материала, как отношение массы детали к массе заготовки ($K = G_d / G_z$). При этом учитываются следующие рекомендации: в массовом производстве $K \geq 0,85$; в серийном производстве $K \geq 0,5 - 0,6$;
- минимальной величине приведенных затрат на изготовление детали по следующей формуле:

$$Z = G_z \cdot C_z - G_o \cdot C_o$$

(1)

где G_z – масса заготовки, кг;

C_z – цена заготовки, руб./кг, определяется по прейскурантам с учетом индекса цен.

В учебных целях при курсовом проектировании можно принять на 01.01.05 индекс цен на прокат 68,5;

G_o – масса реализуемых отходов, образующихся при механической обработке (стружка), кг, определяется как разность между массами заготовки и детали

$$G_o = G_z - G_d;$$

(2)

C_o – цена реализуемых отходов, руб./кг, определяется по прейскуранту с учетом индекса цен;

В учебных целях при курсовом проектировании можно принять:

- если деталь изготавливается литьем, то стоимость одной тонны стальной отливки равна 25560, а чугуновой 27530 руб.;
- если деталь изготавливается из штампованной заготовки, то стоимость одной тонны поковки принимается: для поковок, получаемых на штамповочном молоте или механическом прессе, 20280 руб.; для поковок, получаемых на горизонтально-ковочной машине, 16370 руб.;
- заготовительные цены на одну тонну стружки, руб. (табл. 6)

Если сопоставляемые варианты по технологической себестоимости оказываются равноценными, то предпочтение следует отдать варианту, имеющему более высокие основные показатели (коэффициент использования металла; трудоемкость изготовления заготовки; коэффициент использования оборудования и производственных площадей).

Таблица 6

Заготовительные цены на одну тонну стружки черных и цветных металлов, руб.

Тип отходов	Цена, руб.
Стружка стальная и чугунная	410,0
Лом и отходы легированной стали	800,0
Лом и отходы алюминиевых сплавов (стружка)	2100,0
Стружка цветных металлов на основе меди	5600,0
Лом и отходы оловянистой бронзы	6400,0

4.3.1. Выбор способа получения заготовок

4.3.1.1. Факторы, влияющие на выбор вида и способа получения заготовок

Выбрать заготовку – значит установить способ ее получения, рассчитать размеры, назначить припуски на обработку каждой поверхности и указать допуски на неточность изготовления.

На выбор способа получения заготовок влияют следующие факторы:

- технологическая характеристика материала, его свойства, определяющие возможность применения литья, пластической деформации, порошковой металлургии, сварки;
- конструктивная форма поверхностей и размеры детали, ее масса;
- наличие технологического оборудования, технические возможности заготовительных цехов предприятия или возможность получения прогрессивных заготовок от специализированных предприятий;
- социальные условия, т.е. безопасность работы, экологические факторы;
- суммарная себестоимость изготовления заготовки, изготовления из нее детали, сборки, транспортировки и эксплуатации изделия.

4.3.1.2. Методы и способы получения заготовок

Основными видами черных заготовок в зависимости от назначения деталей являются:

- отливки из черных и цветных металлов;
- кованные и штампованные заготовки;
- заготовки, штампованные из листового проката;
- заготовки из сортового и профильного проката;
- заготовки получаемые комбинированными способами;
- заготовки получаемые специальными способами;
- заготовки из неметаллических материалов.

Получение заготовок литьем. Литье является одним из наиболее распространенных методов формообразования. По сравнению с другими способами получения заготовок литье обладает рядом преимуществ:

- высокие коэффициенты использования металла и весовой точности;
- практически неограниченные габариты и масса отливок;
- возможность использования сплавов, не поддающихся пластическому деформированию.

Приблизительное соотношение материалов, применяемых для литья составляет:

- чугун - 80%;
- сталь - 15%;

– цветные сплавы - 5 %.

Для изготовления *отливок из чугуна* предусмотрены следующие *марки чугунов*:

серый чугун (ГОСТ 1412–85): СЧ 12; СЧ 15; СЧ 18; СЧ 21; СЧ 24; СЧ 28; СЧ 32; СЧ35; СЧ 38;

ковкий чугун (ГОСТ 1215–79): КЧ 30–6; КЧ 33–8; КЧ 35–10; КЧ 37–12; КЧ 45–6; КЧ 50–4; КЧ 56–4; КЧ 60–3; КЧ 63–2;

высокопрочный чугун (ГОСТ 7293–85) ВЧ 45–0; ВЧ 50–1,5; ВЧ 60–2; ВЧ 45–5; ВЧ 40–10;

антифрикционный чугун (ГОСТ 1585–85) АСЧ–1; АСЧ–2; АСЧ–3; АВЧ–1; АВЧ–2; АКЧ–1; АКЧ–2.

Для изготовления *отливок из стали* предусмотрены следующие *марки сталей* (ГОСТ 977–88):

конструкционные нелегированные: 15Л; 20Л; 25Л; 30Л; 35Л; 40Л; 45Л; 50Л.

конструкционные легированные: 20ГЛ; 35ГЛ; 20ГСЛ; 30ГСЛ; 20ФЛ; 20Г1ФЛ; 30ХГСФЛ; 45ФЛ; 32Х06Л; 40ХЛ; 20ХМЛ; 20ХМФЛ; 35ХМЛ; 30ХНМЛ; 35ХГСЛ; 35НГМЛ; 20ДХЛ

легированные со специальными свойствами: 20Х13Л; 15Х13Л; 15Х25ТЛ; 20Х5МЛ; 20Х8ВЛ.

Для изготовления *отливок из цветных металлов* предусмотрены следующие *марки*:

алюминиевые литейные сплавы: АЛ1; АЛ2; АЛ3; АЛ3В; АЛ4; АЛ4В; АЛ5; АЛ6; Л7; АЛ7В; АЛ8; АЛ9; АЛ9В; АЛ10; АЛ10В; АЛ11; АЛ12; АЛ13; АЛ15В; АЛ16В; АЛ17В; АЛ18В

магниевые литейные: Мл1; Мл2; Мл3; Мл4; Мл5; Мл6

медно-цинковые сплавы (латуни) ЛА67-2,5; ЛАЖМц66-6-3-2; ЛАЖ60-1-1Л; ЛК80–3Л; ЛКС80-3-3; ЛМцС58-2-2; ЛМцОС58-2-22; ЛМцЖ55-3-1; ЛМцЖ52-4-1; ЛС59-1Л

бронзы: Бр.ОЦСН 3-7-5-1; Бр.ОЦС 3-12-5; Бр.ОЦС 5-5-5; Бр.ОЦС 6-6-3; Бр.ОЦС 4-4-17; Бр.ОЦС 3,5-6-5

Отливки из черных и цветных металлов можно получить в песчаных, оболочковых и металлических формах, центробежным литьем, по выплавляемым и выжигаемым моделям и литьем под давлением. Точность литых заготовок находится в пределах 12 – 19-го квалитетов точности по ГОСТ 25347–82 и зависит от способа литья, формы и размеров отливок.

Способ получения заготовок *литьем в песчано-глинистые формы* вследствие своей универсальности применяется во всех типах производства. Этим способом производится около 80...85 % литых заготовок. Могут быть получены самые сложные отливки, практически неограниченных размеров. Отливки имеют равномерную структуру и характеризуются хорошей обрабатываемостью резанием. Литейные уклоны составляют: 1...3° - для деревянных моделей, 1...2° - для металлических моделей при ручной формовке, при машинной – 0,5...1°. Минимальная толщина стенок отливки зависит от ее размеров и материала. Для чугунных отливок, имеющих габаритный размер до 250 мм, толщина стенок составляет 3 – 5 мм, а для стальных отливок – 5 – 8 мм.

Способом *литья в оболочковые формы* изготавливают сложные, повышенной точности заготовки из чугуна, стали и цветных металлов весом до 25...30 кг. Этот способ дает возможность получать стальные литые заготовки с толщиной стенок 3 – 5 мм и с литыми отверстиями диаметром до 8 мм и глубиной до 20 мм.

Мелкие и средние заготовки в единичном и мелкосерийном производстве отливают в формы, выполненные вручную в опоках по моделям и шаблонам.

Машинную формовку применяют в серийном и массовом производстве. При отливке небольшой партии заготовок (50 – 100 шт.) используют деревянные модели, а в значительной – металлические модели.

К недостаткам этого способа относятся: большой расход металла и формовочных материалов, большие припуски на механическую обработку, большие производственные площади, большие капитальные затраты для создания нормальных условий труда, значительное количество брака.

Литье в металлические формы (кокиль) применяется для получения заготовок из черных и цветных металлов массой: чугуновых от 10 г до 10 т, стальных от 0,5 кг до 4 т, из цветных металлов и сплавов – от 5 г до 500 кг.

Этот вид литья отличается высокими механическими свойствами и равномерным мелкозернистым строением, а также большой точностью размеров и форм заготовки (12 – 15 квалитет); шероховатость поверхности их соответствует $Ra\ 20...25\ \mu\text{м}$. Часто получают отливки, не требующие дальнейшей очистки и обработки.

Центробежное литье. Принцип получения этих заготовок состоит в том, что жидкий металл заливают в быстровращающуюся форму. Под действием центробежных сил металл отбрасывается к поверхности формы и затвердевает, принимая ее очертания. Полученные отливки обладают мелкозернистой структурой и повышенными механическими свойствами. Этим способом чаще всего изготавливают заготовки, имеющие форму тел вращения. Путем центробежного литья можно изготавливать биметаллические заготовки как заливкой жидкого металла на твердую поверхность, так и последовательной заливкой жидких металлов.

Точность стальных и чугуновых заготовок соответствует 11 – 14 квалитетам точности, шероховатость поверхности $Ra\ 40...25\ \mu\text{м}$. Формы изложницы, изготовленные из легированных сталей, позволяют получать до 2000 – 3000 отливок.

Способом *литья по выплавляемым моделям* (прецизионное, или точное) получают точные отливки сложной формы из труднообрабатываемых резанием материалов весом от 1 г до 500 кг, с толщиной стенок от 0,15 мм и длиной до 1 м и более. Минимально допустимый диаметр литого отверстия составляет 0,8 мм. Точность заготовок, полученных по выплавляемым моделям, соответствует 11 – 13 квалитетам, а шероховатость $Ra\ 10...2,5\ \mu\text{м}$. Этот способ целесообразно применять главным образом в условиях крупносерийного производства.

Способом *литья под давлением* получают точные заготовки из цинковых, алюминиевых, магниевых и латунных сплавов. Последующая механическая обработка таких заготовок либо совершенно исключается, либо сводится к выполнению отделочных операций. Литье под давлением используется и для получения деталей сложной конфигурации из жаропрочных и нержавеющей сталей. Точность заготовок соответствует 8 – 12 квалитетам точности, шероховатость поверхности $Ra\ 5,0...0,63$. Так как стойкость форм для литья под давлением весьма высокая, этот способ целесообразно применять только в массовом и крупносерийном производстве.

Характеристики рассмотренных способов получения заготовок отливкой приведены в табл. 7.

Получение заготовок давлением. К обработке металлов давлением относят: прокатку, прессование, волочение, свободную ковку, горячую и холодную объемную штамповку, листовую штамповку. Прокатку, прессование и волочение обычно осуществляют на металлургических заводах.

Свободной ковкой на ковочных молотах и гидравлических ковочных прессах получают поковки различных форм и размеров в условиях единичного и мелкосерийного производства. Поковки обычно имеют большие припуски и

приблизительную форму заготовки. В мелкосерийном производстве при изготовлении заготовок применяют подкладные штампы и кольца, позволяющие уменьшить припуски и приблизить форму заготовки к форме детали. Исходным материалом для фасонных поковок весом до 40 кг служит сортовой прокат, а весом до 300 кг – крупный прокат или обжатая болванка. Точность заготовок, полученных с помощью подкладных штампов, соответствует 3-ей группе точности по ГОСТ 7829–70, шероховатость поверхности $Ra\ 40\ldots12,5$ мкм.

Горячая объемная штамповка широко используется в серийном и крупносерийном производстве. Этим способом получают заготовки различных форм и размеров из сталей, цветных металлов и сплавов на молотах, прессах и других машинах. Горячую объемную штамповку выполняют в открытых и закрытых штампах.

В закрытых штампах обычно штампуют детали, представляющие собой тела вращения: диски, шестерни и т. д. Чтобы получить более точные по размерам поковки, сразу же после обрезки заусенцев производится калибровка их на штамповочных молотках или на кривошипных прессах.

Штамповкой на молотах и прессах в подкладных и молотовых штампах изготавливают заготовки простых форм и в небольших количествах. Точность 4 – 5 классы по ГОСТ 7505–89, шероховатость поверхности $Ra\ 12,5\ldots3,2$ мкм.

Штамповкой на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ) получают поковки высадкой из прутка, труб диаметром от 20 до 270 мм и длиной от 3,5 до 4 м, а также из черных исходных материалов. На ГКМ обычно штампуют заготовки для стержней со всевозможными головками и утолщениями, а также для простых и сложных колец.

Этот способ характеризуется высокой производительностью, экономией металла и повышенной точностью получаемых заготовок от Т4 – Т5 класса точности по ГОСТ 7505–89 до 8 – 9 квалитетов по ГОСТ 25347–82.

Холодной объемной штамповкой (высадкой, осадкой, выдавливанием, калибровкой, чеканкой, выдавливанием полостей) изготавливают детали диаметром 80 – 100 мм и длиной 100 – 200 мм 3 – 4 классов точности по ГОСТ 7505–89 с

шероховатостью поверхности $Ra\ 12,5\ldots3,2$ мкм. Объемная штамповка осадкой позволяет выпускать мелкие детали: рычажки, защелки и т. д. Холодной высадкой на прессах-автоматах изготавливают крепежные детали, панели, толкатели, шарики и т. д. При получении заготовок холодной объемной штамповкой резко сокращается объем механической обработки и отходов металла в стружку.

Характеристики основных рассмотренных способов получения заготовок обработкой давлением приведены в табл. 8.

Таблица 7

Характеристика литых заготовок

Метод получения	Ма сса заготовки, т	Наименьшая толщина стенок, мм	Точн ость выполнения, квалитет	Шерох оватость R _a ,мкм	Материа л	Тип производства
Литье в разовые формы						
Литье в песчано-глинистые формы: - ручная формовка по деревянным моделям - машинная формовка - машинная формовка по металлическим моделям	До 100	чугун 3 – 5	IT 17	80 – 20	чугун, сталь, специальные сплавы	единичное и мелкосерийное
	До 10	сталь 5 – 8	IT 16 – 17	20 – 5		серийное
	3 - 5	цветные сплавы 3 – 8	IT 14 – 16	20 – 5		крупносерийное и массовое
Литье по выплавляемым (выжимаемым, растворяемым, замораживаемым) моделям	До 0,15	0,5	IT 11 – 12	10 – 2,5	сталь, трудно- обрабатываемые сплавы	серийное
Литье в оболочковые формы: Песчано-смоляные, химически твердеющие	До 0,15	сталь 3 – 5 алюминий 1 – 1,5	IT 13 – 14	10 – 2,5	чугун, сталь, цветные сплавы	серийное и массовое
Литье в многократные формы						
Центробежное литье	0,01 – 1	5 – 6	IT 12 – 14	40 – 10	чугун, сталь, цветные сплавы	крупносерийное и массовое
Литье под давлением	До 0,1	0,5	IT 9 – 12	5,0 – 0,63	цветные сплавы	
Литье в кокиль	7 (чугун) 4 (сталь) 0,5 цветные сплавы)	чугун 15, сталь 10	IT 12 – 15	20 – 2,5	чугун, сталь, цветные сплавы	серийное и массовое

Таблица 8

Характеристика заготовок, полученных методами обработкой давлением

Характеристика заготовок, полученных методами обработки давлением						
Метод получения заготовок	Размер или масса	Толщина стенок, мм	Точность	Шероховатость поверхности R_a , мкм	Материал	Тип производства
Ковка						
на молотах и прессах	до 250 т	3 – 5	на молотах по ГОСТ 7829–70, на прессах по ГОСТ 7062–90	до 12,5	углеродистые и легированные стали	единичное и мелкосерийное
на молотах в подкладных кольцах и штампах	до 10 кг		по ГОСТ 7829–70	до 125		мелкосерийное
на радиально-ковочных машинах	диаметр прутка (трубы) до 150 мм		0,1 – 0,6 (горячая), 0,04 – 0,4 (холодная)	до 0,4 (холодная)		серийное и массовое
Штамповка						
на горизонтально-ковочных машинах	до 30 кг	2,5	классы Т4 – Т5 по ГОСТ 7505–89	12,5 – 3,2	углеродистые и легированные стали	серийное
на молотах и прессах	до 0,4 т	2,5	классы Т4 – Т5 по ГОСТ 7505–89			
на горизонтально-ковочных машинах	до 30 кг	2,5	классы Т4 – Т5 по ГОСТ 7505–89			
выдавливанием	диаметр до 200 мм	–	классы Т3 – Т4 по ГОСТ 7505–89			
на чеканочных и кривошипно-коленных прессах	до 0,1 т	2,5	на 25 – 30 % выше, чем на молотах			

4.3.2. Определение размеров и массы заготовок

Определение размеров заготовок связано с установлением предельных, промежуточных и исходных их размеров, припусков и допусков на обработку.

Для расчета массы заготовки (детали) необходимо умножить ее объем на плотность материала, из которого изготовлена данная заготовка (деталь). Плотность основных материалов приведена в табл. 9. При расчете массы заготовки также учитывают припуски на механическую обработку. При определении массы заготовки (детали) сложной геометрической формы следует разделить ее на возможно более простые по форме элементы, удобные для расчета объема, а затем просуммировать найденные значения.

Объем заготовок простейших профилей рассчитывают также по следующим формулам:

круглое сечение $V = 0,78 d^2 l$;

квадратное сечение $V = a^2 l$;

квадратное сечение с закругленными углами $V = (a^2 - 0,86r^2) l$;

прямоугольное сечение $V = b a l$;

шестигранное сечение $V = 0,87 C^2 l$;

кольцевое сечение $V = 0,78 D^2 d l^3$,

где V – объем; d – диаметр круглого сечения; l – длина; a – сторона квадрата или прямоугольника; b – сторона прямоугольника; r – радиус закругления; C – диаметр вписанного в шестигранник круга; D, d – диаметры внешней и внутренней окружностей кольцевого сечения.

4.3.3. Порядок определения и назначения припусков и допусков на заготовки

4.3.3.1. Сортовой прокат

Заготовки из проката применяют в тех случаях, когда конфигурация детали соответствует форме какого-либо сортового (круглого, шестигранного, квадратного, прямоугольного), горячекатаных бесшовных труб различных толщин и диаметров, а также профильный прокат (угловая сталь, швеллеры и др.) (табл. 10 – 17)

Таблица 9

Плотность некоторых материалов

Материал	Марка	Плотность, т/м ³ (г/см ³)
Алюминиевые сплавы	АД1, АМц, АМг, Д1, Д5, Д16, Д16П	2,71 – 2,75
	АЛ1, АЛ2, АЛ5, АЛ7, АЛ9, АЛ9В, АЛ11	2,66 – 2,75
Бронза	Бр.АМц9–2Л; Бр.АМц10–2; Бр.АЖ9–4; Бр.АЖ9–4Л	7,5
	Бр.Б2; Бр.Б2,5	8,2
	Бр.ОФ6,5–0,15; Бр.ОФ4–0,25; Бр.ОЦС4–3; Бр.ОЦС4–4–2,5	8,8
Магниеые сплавы	МА1, МА2, МА5, МА8, МА14	1,76 – 1,80
Медно-цинковые сплавы – латуни	ЛАЖ60–1–1; ЛАН 59–3–2; ЛО60–1	8,4
	Л62; ЛЖМц59–1–1; ЛС 63–3; ЛС59–1	8,5
	ЛС59–1Л; ЛАЖМц66–6–3–2; ЛАЖ1–1Л	
Сталь конструкционная		7,8
Сталь быстрорежущая	Вольфрама: 5 %; 10%	8,1; 8,35; 8,60
Твердые сплавы.	ВК2; ВК3; ВК 6; ВК8; ВК10; ВК 11; ВК 15	14,0 – 15,4
	Т5К10; Т15К6; Т30К4; Т60К5	13,0 – 7,0
Цинковые сплавы	ЦАМ 4–3; ЦАМ 4–2,7; ЦАМ 10–0,5; ЦАМ 10–2; ЦАМ 10–5	6,3
Чугун	антифрикционный	7,4 – 7,6

	высокопрочный	7,2 – 7,4
	ковкий	7,2 – 7,4
	серый	6,8 – 7,4

Таблица 10

Виды и области применения проката

Вид проката	ГОСТ	Область применения
Сортовой горячекатаный		
круг: - А – высокой точности; - Б – повышенной точности; - В – обычной точности - калиброванный	2590–88 2590–88 2590–88 1051–73	Гладкие и ступенчатые валы с небольшим перепадом диаметров ступеней; стаканы диаметром до 50 мм; втулки с наружным диаметром до 25 мм
шестигранник; квадрат: - нормальной точности; - калиброванный	2591–88 8560–78	Небольшие детали типа рычагов, тяг, планок, клиньев
лист: - толстолистовой; - тонколистовой	19903–74 19903–74	Фланцы, кольца, плоские детали различной формы; цилиндрические полые заготовки типа втулок и валов
труба: - стальные бесшовные	8732–78	Цилиндры, втулки, гильзы, шпиндели, стаканы, барабаны, ролики, валы
Сортовой холоднокатаный		
лист: - тонколистовой	19904–90	Фланцы, кольца, плоские детали различной формы; цилиндрические полые заготовки типа втулок и валов
труба: - стальные бесшовные	8734–75	Цилиндры, втулки, гильзы, шпиндели, стаканы, барабаны, ролики, валы

Круглая горячекатаная сталь бывает обычной (14 квалитет; выпускается диаметром от 5 до 250 мм) и повышенной точности (12 квалитет; выпускается диаметром от 5 до 150 мм). Выпускается также круглая сталь повышенной точности с улучшенной отделкой поверхности (серебрянка) (9 квалитет; выпускается диаметром от 0,2 мм до 25мм). В серийном производстве чаще всего детали типа «вал» изготавливают из круглого сортового стального проката. При этом для определения расчетного диаметра заготовки пользуются соотношением длины детали (L) к ее диаметру (D) (табл. 18). Диаметры заготовок для ступенчатых валов выбирают по наибольшему диаметру ступени.

Таблица 11

**Сталь горячекатаная круглая обычной точности
(из ГОСТ 2590–88)**

Диаметр, мм
5; 5,5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20
21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40
42; 44; 48; 50; 52; 54; 55; 56; 58; 60; 62; 65; 68; 70; 72; 75; 78; 80
85; 90; 95; 100; 110; 115; 120; 125; 130; 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200

Таблица 12

**Сталь горячекатаная квадратная
(из ГОСТ 2591–88)**

Сторона квадрата, мм
5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20
21; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 53; 56; 60; 63; 65; 70; 75; 80
85; 90; 95; 100; 105; 110; 120; 125; 130; 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200

Таблица 13

Сталь горячекатаная шестигранная (из ГОСТ 2879–88)

Диаметр вписанного круга, мм
8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 24; 25; 26; 27; 28
30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 53; 56; 60; 63; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 95; 100

Таблица 14**Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные и холоднокатаные
(из ГОСТ 8734–75)**

Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм
10,0; 11,0	0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5
12,0; 14,0	0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0
16,0; 18,0	0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0
19; 20	0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0
22; 25; 28	0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0
30; 32; 34; 36	0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0
38; 40	0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0
42; 45; 48	1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0
50; 53; 56; 60; 63; 65; 70; 75	1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 11; 12
80; 85; 90; 95; 100; 110	1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 11; 12
120	1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 11; 12
125	1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 11; 12
130	2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 11; 12
140; 150	3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 11; 12
160; 170; 180	3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 11; 12
190; 200	4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 11; 12

Таблица 15**Трубы стальные бесшовные горячекатаные
(из ГОСТ 8732–78)**

Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм
25; 28; 32; 38	2,5; 2,8; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0
42; 45; 50	2,5; 2,8; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0
54; 57; 60; 63,5	3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11; 12
68; 70	3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11; 12; 14; 16
73; 76	3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11; 12; 14; 16; 18
83	3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11; 12; 14; 16; 18
89; 95; 102	3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22
108; 114; 121	4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28
127; 133	4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 30; 32
140; 146; 152; 159	4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 30; 32; 36
168; 180; 194	5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 30; 32; 36; 40; 45
203; 219	6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 30; 32; 36; 40; 45; 50

В соответствии с техническими условиями (ГОСТ 8731–74) трубы стальные бесшовные горячекатаные изготавливаются из углеродистой и легированной стали следующих марок:

Углеродистые:

по ГОСТ 380–94: М12; М16; М21а; М26а; М32а; М44а; М56а; Ст. 2; Ст. 3; Ст. 4; Ст. 5; Ст. 6; Ст. 7

по ГОСТ 1050–88: Сталь 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 15Г; 20Г; 30Г; 40Г; 50Г; 60Г; 70Г; 10Г2; 15Г2; 20Г2; 30Г2; 35Г2; 40Г2; 45Г2; 50Г2

легированные:

по ГОСТ 4543–71: 35СГ; 36Г2С; 15Х; 20Х; 30Х; 35Х; 38ХА; 40Х; 45Х; 50Х; 38ХЮ; 33ХС; 38ХС; 40ХС; 15ХФ; 20ХФ; 40ХФА; 50ХФА; 20ХГС; 25ХГС; 30ХГС; 35ХГСА; 18ХГТ; 30ХГТ; 35ХГТ; 40ХГТ; 20ХН; 40ХН; 45ХН; 50ХН; 13Н2ХА; 12ХН2; 12ХН3А; 20ХН3А; 30ХН3А; 18ХГН; 30ХГНА; 38ХГН; 40ХМА; 40ХНВА; 38ХМЮА; 12ХМ; 15ХМ; 30ХМ; 35ХМ; 35ХВ; 12ХМФ; 25Х2МФА; 38ХВФЮ; 16М; 15ХР; 35ХРА; 40ХР; 20ХГР; 40ХГР.

Таблица 16

**Трубы стальные электросварные холоднодеформируемые для карданных валов
(из ГОСТ 5005–82)**

Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм
45	2,5	63	3,5
46	2,0; 2,5	66	2,0
55	1,8; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5	71	1,6; 1,8; 1,9; 2,0; 2,1; 2,2; 2,5; 3,0
		82	2,5; 3,0; 3,5; 4,0

В соответствии с техническими условиями (ГОСТ 8731–74) трубы стальные электросварные холоднодеформируемые для карданных валов изготавливаются из углеродистой и легированной стали следующих марок:

Сталь 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 15Г; 20Г; 30Г; 40Г; 50Г; 60Г; 70Г; 10Г2; 15Г2; 20Г2; 30Г2; 35Г2; 40Г2; 45Г2; 50Г2

Сталь 35СГ; 36Г2С; 15Х; 20Х; 30Х; 35Х; 38ХА; 40Х; 45Х; 50Х; 38ХЮ; 33ХС; 38ХС; 40ХС; 15ХФ; 20ХФ; 40ХФА; 50ХФА; 20ХГС; 25ХГС; 30ХГС; 35ХГСА; 18ХГТ; 30ХГТ; 35ХГТ; 40ХГТ; 20ХН; 40ХН; 45ХН; 50ХН; 13Н2ХА; 12ХН2; 12ХН3А; 20ХН3А; 30ХН3А; 18ХГН; 30ХГНА; 38ХГН; 40ХМА; 40ХНВА; 38ХМЮА; 12ХМ; 15ХМ; 30ХМ.

Таблица 17

Сталь прокатная толстолистовая

Толщина листов, мм	Ширина листов, мм	Длина листов, мм
4,0; 4,5	600; 710; 1000; 1250; 1400; 1500; 1600	2000; 2500; 2800; 3500
5,0; 5,5	1250; 1400; 1500; 1600	2500; 2800; 3500
6,0; 7,0	1250; 1400; 1500; 1600; 1800	2800; 3500; 4500; 5000
8,0; 9,0; 10,0; 11,0	1250; 1400; 1500; 1600; 1800; 2000	4500; 5000; 5500; 6000
12,0; 13,0	1400; 1500; 1600; 1800; 2000	5000; 5500; 6000; 7000
16; 18; 20; 22; 25; 28; 30; 32	1400; 1500; 1600; 1800; 2000; 2200; 2400	5000; 5500; 6000; 7000; 8000
36; 40; 45; 50; 56; 60	1500; 1600; 1800; 2000; 2200; 2500	5000; 5500; 6000; 7000; 8000

Таблица 18

Выбор диаметра заготовки для деталей, изготавливаемых из круглого сортового проката по ГОСТ 2590–88 (размеры, мм)

Номинальный диаметр вала	Отношение длины детали к ее диаметру, L/D				Номинальный диаметр вала	Отношение длины детали к ее диаметру, L/D			
	< 4	< 8	< 12	< 20		< 4	< 8	< 12	< 20
5	7	7	7	8	46	50	50	52	52
6	8	8	8	8	48	52	52	54	54
7	9	9	9	9	50	54	54	55	55
8	10	10	10	11	52	55	55	56	56
9	11	11	11	11	54	58	60	60	62
10	12	12	13	13	55	60	60	62	65
11	13	13	13	13	58	62	62	65	68
12	14	14	15	15	60	65	65	68	70
13	15	15	16	16	62	68	68	70	72
14	16	16	17	17	65	70	70	72	75
15	17	17	18	18	68	72	72	76	78
16	18	18	18	19	70	75	75	78	80

17	19	19	20	20	72	78	78	80	85
18	20	20	21	21	75	80	80	80	90
19	21	21	22	22	78	85	85	90	90
20	22	22	23	24	80	85	90	95	95
21	24	24	24	25	82	90	95	95	95
23	26	26	26	27	85	90	95	95	100
24	27	27	27	28	88	95	100	100	100
25	28	28	28	30	90	95	100	105	105
26	30	30	30	30	92	100	100	105	110
27	30	30	32	32	95	100	105	110	110
28	32	32	32	32	98	105	110	110	115
30	33	33	34	34	100	105	110	115	115
32	35	35	36	36	105	110	115	120	120
34	38	38	38	38	110	115	120	125	125
35	38	38	39	39	115	120	125	130	130
36	39	40	40	40	120	125	130	135	135
38	42	42	42	43	125	130	130	135	140
40	43	45	45	45	130	135	140	140	150
42	45	45	48	48	135	140	140	150	150
44	48	48	50	50	140	150	150	160	160

редварительная обработка проката состоит в правке и разрезания на штучные заготовки (табл. 19 – 20).

Таблица 19

Резка проката (Лист тонко и толстолистовой, полоса, лента)

Способ резки или оборудование	Точность резки. Режущий инструмент, режимы резания	Область применения
<i>Газовая резка</i>		
Ацетилено-кислородная	$\pm 2 - 5$ мм (ручная) $\pm 0,5 - 1$ мм (машинная)	Резка углеродистых и низколегированных сталей с 0,4 % С толщиной до 200 мм и шириной до 2500 мм по разметке или копиру
Кислородная	$\pm 2 - 5$ мм (ручная) $\pm 0,5 - 1$ мм (машинная)	Резка углеродистых и низколегированных сталей с 0,4 % С; раскрой листов и разделительная резка листов толщиной до 100 мм
Кислородно-флюсовая	$\pm 2 - 5$ мм (ручная) $\pm 0,5 - 1$ мм (машинная)	Резка заготовок из хромоникелевых и нержавеющей сталей, чугуна, цветных металлов и их сплавов толщиной до 400 мм
Плазменно-дуговая	$\pm 2 - 5$ мм (ручная) $\pm 0,5 - 1$ мм (машинная)	Резка малоуглеродистых, легированных сталей и цветных металлов толщиной до 100 мм
<i>Ножницы</i>		
Пресс-ножницы с продольными или поперечными ножами	$\pm 0,5 - 3$ мм	Прямолинейная резка проката толщиной до 25 мм и шириной до 3000 мм
Гильотинные	$\pm 0,12 - 1,5$ мм	Прямолинейная резка проката толщиной до 40 мм и шириной до 2500 - 3000 мм
Дисковые с параллельными осями	14-й квалитет	Прямолинейная резка проката толщиной до 30 - 40 мм
Дисковые с наклонными осями	15 - 16-й квалитет	Вырезка из листового проката толщиной 6 - 8 мм заготовок с контурами, очерченными кривыми линиями и прямыми. Наименьший радиус кривизны 0,4 - 0,7 диаметра дискового ножа

Многодисковые параллельными осями	с	14-й квалитет	Одновременная резка широкой ленты и листов на узкие полосы толщиной от 0,5 до 3 мм
Ручные, рычажные		± 1 мм	Вырезка из проката толщиной не более 2 мм заготовок с прямолинейными контурами по упору и разметке

Таблица 20

Резка проката (Круг, квадрат, шестигранник, труба)

Способ резки или оборудование	Точность резки. Режущий инструмент, режимы резания	Область применения
<i>Ножницы</i>		
Прессы	2 – 4 мм	Резка круглого проката диаметром 10 – 80 мм
Приводные ножовки	2 – 4,5 мм Ширина реза 1 – 3,5 мм	Резка круглого и профильного проката размером до 300 мм
<i>Пилы</i>		
Диковые, зубчатые, фрикционные и электрофрикционные	0,4 – 3,0 мм	Резка круглого проката больших сечений (от 150 до 500 мм)
Ленточные	1,5 – 5,0 мм Ленточная пила. Ширина реза 0,8 – 1,3 мм. $V = 0,23 - 14$ м/с	Резка проката из черных и цветных металлов сечений до 250 мм
<i>Станки</i>		
Токарные	0,3 – 0,8 мм Резец. $V_{до} 105$ м/мин	Резка круглого проката и труб диаметром до 80 мм
Отрезные, работающие, дисковыми пилами (мод. 8Г862, 8Г681)	2,5 – 4,5 мм Пила дисковая $\Phi 160 - 800$ мм $V_{до} 65$ м/мин	Резка круглого проката и труб диаметром до 500 мм
Фрезерно-отрезные (мод. 8В66А)	Пила дисковая $\Phi 710$ мм $V_{до} 65$ м/мин	Резка круглого проката и труб диаметром до 800 мм
Отрезные ножовочные (мод. 8Б72К)		Резка круглого и профильного проката сечением до 250 мм
Отрезные, работающие абразивным кругом диаметром 200, 300, 400 мм (мод. 8220, 8230, 8240)	0,3 – 0,7 мм Абразивный круг $\Phi 30 - 500$ мм; $B = 0,5 - 4$ мм. $V = 35$ м/с Алмазный круг $\Phi 50 - 320$ мм; $B = 0,15 - 2$ мм. $V = 50 - 80$ м/с	Резка стальных прутков с высокой твердостью из инструментальных сталей и твердых сплавов
Ленточно-отрезные (мод. 8541, 8543, 8Б545)		Резка круглого и профильного проката сечением до 500 мм
Горизонтально-фрезерные (мод. 6Н804Г, 6Р81Ш, 6Р82Г, 6Р83Ш,)	0,4 – 0,7 мм Фреза отрезная	Резка круглого, листового и профильного проката сечением до 50- 60 мм на заготовках небольшой длины
Анодно-механические	9 – 11 квалитет Стальной диск ($\Phi 200 - 250$ мм)	Резка проката с высокой твердостью.

4.3.3.2. Отливки из металлов и сплавов

(из ГОСТ 26645–85)

Припуски и допускаемые отклонения на литые заготовки, припуски на механическую обработку отливок из чугуна, стали, цветных металлов и сплавов, а также допускаемые отклонения от номинальных размеров устанавливают по ГОСТ 26645–85 (табл. 21 – 23).

Согласно ГОСТ 26645–85 точность отливки характеризуется четырьмя показателями:

- классом размерной точности (22 класса);
- степенью коробления (11 степеней);

- степенью точности поверхностей (22 степени);
- классом точности массы (22 класса).

и 18 рядами припусков отливок.

Обязательному применению подлежат классы размерной точности и точности массы отливок (табл. 21).

Таблица 21

Классы точности размеров и масс и ряды припусков на механическую обработку отливок для различных способов литья (из ГОСТ 26645–85)

Способ литья	Наибольшие габаритные размеры отливки, мм	Металлы и сплавы			
		Цветные металлы и сплавы		Чугун	Таль
		температурой плавления	с температурой плавления		
		до 700 °С	более 700 °С	серый, ковкий, высокопрочный, легированный	
В песчаные формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой. Центробежное в сырые и сухие песчано-глиняные формы	до 630	$\frac{6-11}{2-4}$	$\frac{7-12}{2-4}$	$\frac{7-13}{2-5}$	
	630 – 4000	$\frac{7-12}{2-4}$	$\frac{8-13}{3-5}$	$\frac{9-13}{3-6}$	
	свыше 4000	$\frac{8-13}{3-5}$	$\frac{9-13}{3-6}$	$\frac{9-14}{4-6}$	
В кокиль и под давлением в металлические формы без и с песчаными стержнями. В песчаные формы, отверждаемые в контакте с оснасткой.	До 100	$\frac{4-9}{1-2}$	$\frac{5-10}{1-3}$	$\frac{5-11}{2-4}$	
	100 – 630	$\frac{5-10}{1-3}$	$\frac{5-11}{1-3}$	$\frac{6-11}{2-4}$	
	свыше 630	$\frac{5-11}{1-3}$	$\frac{6-11}{2-4}$	$\frac{7-12}{2-5}$	
Под давлением в металлические формы	до 100	$\frac{3-5}{1}$	$\frac{3-6}{1}$	$\frac{4-7}{1}$	
	свыше 100	$\frac{3-6}{1}$	$\frac{4-7}{1}$	$\frac{5-7}{1}$	
В керамические формы и по выплавляемым моделям	до 100	$\frac{3-6}{1}$	$\frac{4-7}{1-2}$	$\frac{5-7}{1-2}$	
	свыше 100	$\frac{4-7}{1-2}$	$\frac{5-7}{1-2}$	$\frac{5-8}{1-2}$	

Примечание. 1. В числителе указаны классы точности размеров и масс, в знаменателе – ряды припусков. Меньшие их значения относятся к простым отливкам и условиям массового производства; большие значения – к сложным, мелкосерийного и индивидуального изготовленным отливкам; средние – к отливкам средней сложности и условиям серийного производства.

2. Классы точности масс следует принимать соответствующими классам точности отливок.

Таблица 22

**Допуски линейных размеров отливок, мм
(из ГОСТ 26645–85)**

Интервалы размеров, мм	Класс точности размеров отливок																			
			т			т			т			т		0	1т	1	2	3т	3	4
До 4	0,06	0,08	0,1	0,12	0,16	0,2	0,24	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	—	—	—	—
4 – 6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	—	—	—
6 – 10	0,08	0,1	0,12	0,16	0,2	0,24	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	—
10 – 16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0
16 – 25	0,1	0,12	0,16	0,2	0,24	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0
25 – 40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,30	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9
40 – 63	0,12	0,16	0,2	0,21	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10
63 – 100	0,14	0,18	0,22	0,23	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11
100 – 160	0,16	0,2	0,24	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12
160 – 250		—	0,28	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14
250 – 400		—	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16
400 – 630		—	—	—	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18

Примечания:

1. Классы точности размеров отливок – см. табл.21

2. Допуски размеров элементов отливки, образованных двумя полуформами, перпендикулярными к плоскости разъема, следует устанавливать соответствующему классу точности размеров отливки. Допуски размеров элементов отливки, образованных одной частью формы или одним стержнем, устанавливают на 1 – 2 класса точнее.

3. Допуски размеров элементов, образованных тремя частями формы и более, несколькими стержнями или подвижными элементами формы, а также толщины стенок, ребер и фланцев устанавливают на 1 – 2 класса грубее.

4. Допуски размеров от предварительно обработанной поверхности, используемой в качестве базы, до литой поверхности следует устанавливать на 2 класса точнее.

5. Допускается устанавливать симметричные и несимметричные предельные отклонения, при этом для охватывающих элементов (отверстие) поле допуска располагают «в плюс», а для охватываемых элементов (вал) – «в минус»; симметричные – для размеров всех остальных элементов отливок.

Таблица 23

**Припуски на механическую обработку отливок, мм
(из ГОСТ 26645–85)**

Допуск и размеров отливок, мм	Основной припуск для рядов на сторону, не более					
	1	2	3	4	5	6
0,30 – 0,40	0,7; 0,9	1,0; 1,3	1,4; 1,8	1,9; 2,4	2,8; 3,2	—
0,40 – 0,50	0,8; 1,0	1,1; 1,4	1,5; 2,0	2,0; 2,6	3,0; 3,4	—
0,50 – 0,60	0,9; 1,2	1,2; 1,6	1,6; 2,2	2,2; 2,8	3,2; 3,6	—
0,60 – 0,80	1,0; 1,4	1,3; 1,8	1,8; 2,4	2,4; 3,0	3,4; 3,8	4,4; 5,0
0,80 – 1,0	1,1; 1,6	1,4; 2,0	2,0; 2,8	2,6; 3,2	3,6; 4,0	4,6; 5,5
1,0 – 1,2	1,2; 2,0	1,6; 2,4	2,2; 3,0	2,8; 3,4	3,8; 4,2	4,8; 6,0
1,2 – 1,6	1,6; 2,4	2,0; 2,8	2,4; 3,2	3,0; 3,8	4,0; 4,6	5,0; 6,5
1,6 – 2,0	2,0; 2,8	2,4; 3,2	2,8; 3,6	3,4; 4,2	4,2; 5,0	5,5; 7,0
2,0 – 2,4	2,4; 3,2	2,8; 3,6	3,2; 4,0	3,8; 4,6	4,6; 5,5	6,0; 7,5
2,4 – 3,0	2,8; 3,6	3,2; 4,0	3,6; 4,5	4,2; 5,0	5,0; 6,5	6,5; 8,0
3,0 – 4,0	3,4; 4,5	3,8; 5,0	4,2; 5,5	5,0; 6,5	5,5; 7,0	7,0; 9,0
4,0 – 5,0	4,0; 5,5	4,4; 6,0	5,0; 6,5	5,5; 7,5	6,0; 8,0	8,0; 10,0
5,0 – 6,0	5,0; 7,0	5,5; 7,5	6,0; 8,0	6,5; 8,5	7,0; 9,5	9,0; 11,0
6,0 – 8,0	—	6,5; 9,5	7,0; 10,0	7,5; 11,0	8,5; 12,0	10,0; 13,0
8,0 – 10,0	—	—	9,0; 12,0	10,0; 13,0	11,0; 14,0	12,0; 15,0
10,0 – 12,0	—	—	10,0; 13,0	11,0; 14,0	12 15,0 0;	13,0; 16,0
12,0 – 16,0	—	—	13,0; 15,0	14,0; 16,0	15,0; 17,0	16,0; 19,0

Примечания:

1. Для каждого интервала значений допусков размеров отливки в каждом ряду припусков предусмотрены два значения основного припуска.

2. Меньшие значения припуска устанавливают при более грубых качествах точности обработки деталей, большие значения припуска устанавливают при более точных качествах согласно следующим данным:

Класс точности размеров отливок	1 – 3т	3 – 5т	5 – 7	7 – 9т	9 – 16
Квалитет точности размеров деталей, получаемых механической обработкой отливок	IT 9 и грубее	IT 10 и грубее	IT 11 и грубее	IT 12 и грубее	IT 13 и грубее
	IT 8 и точнее	IT 8– IT 9	IT 9– IT 10	IT 9– IT 11	IT 10– IT 12

3. При более высоких требованиях к точности размеров обрабатываемых деталей допускается увеличение основного припуска до ближайшего большего значения из того же ряда.

Пример. Определение основных параметров литой заготовки (рис. 3).

Необходимые исходные данные:

1. Технологический процесс литья.
2. Материал (тип сплава).
3. Наибольший габаритный размер отливки.
4. Тип производства.
5. Группа сложности отливки.

Технологический процесс – литье в песчано-глинистые сырые формы из смесей с влажностью от 2,8 до 3,5 % и прочностью от 120 до 160 кПа со средним уровнем уплотнения до твердости не ниже 80 единиц.

Материал – сталь 20Х13Л.

Наибольший габаритный размер отливки – 360 мм.

Тип производства – серийное.

Группа сложности отливки – средняя.

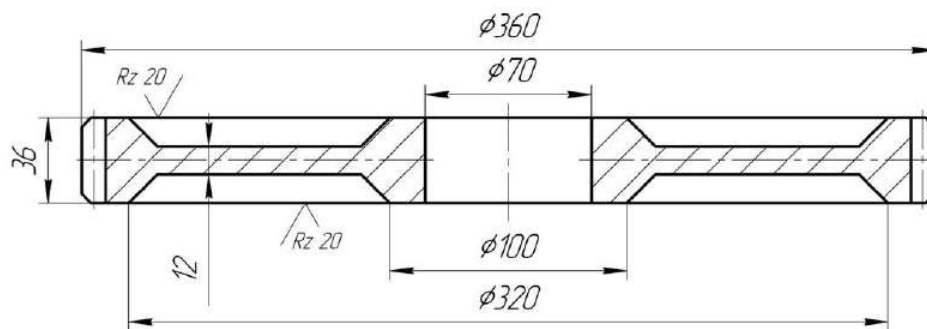


Рис. 3. Эскиз детали для определения основных параметров литой заготовки.

Алгоритм определения припусков и допусков на размеры отливки

1. В соответствии с исходными данными по табл. 21 определяем класс точности размеров и ряды припусков на механическую обработку отливки.

Класс точности 7 – 13 т; ряд припусков 2 – 5. В соответствии с примечаниями к табл. 21 принимаем 10 класс точности отливки.

2. По таблице 22 определяем допуски линейных размеров отливки – 10 класс точности:

Ø 360 – 4,0 мм; Ø 320 – 4,0 мм; Ø 100 – 3,2 мм; Ø 70 – 2,8 мм;

Высота детали 36 мм – допуск равен для 10 класса точности 2,2 мм.

3. По табл. 2 для размеров устанавливаем припуски исходя из ряда припусков 4 (2 – 5 ряд припусков по табл. 21, среднее значение 3,5; принимаем 4).

Ø 360 – 6,5 мм (допуск 4,0 мм; Ø 320 – 6,5 мм; Ø 100 – 5,0 мм; Ø 70 – 5,0 мм;

Высота детали 36 мм – 4,6 мм.

4. Допуск на отливку устанавливаем симметричными предельными отклонениями: ± 2,0 мм; ± 1,6 мм; ± 1,4 мм; ± 1,1 мм.

5. Рассчитываем номинальные размеры отливки:

Ø 360 + 6,5 + 2 = 368,5 мм; Ø 320 + 6,5 + 2 = 328,5 мм;

Ø 100 + 5,0 + 1,6 = 106,5 мм; Ø 70 + 5,0 + 1,4 = 63,6 мм;

36 + 4,6 + 1,1 = 41,7 мм.

6. Размеры, проставляемые на чертеже отливки:

Ø 368,5 ± 2,0; Ø 328,5 ± 2,0; Ø 106,5 ± 1,6; Ø 63,6 ± 1,4; 41,7 ± 1,1

7. По данным табл. 7 назначаем шероховатость поверхности $Ra = 80 \dots 20$ мкм. Используя известное соотношение между параметрами шероховатости Ra и Rz , что в пределах ($80 < Ra < 2,5$), $Rz = 4 Ra$, имеем $Rz = 80 \dots 320$ мкм. Принимаем среднее значение $Rz = 200$ мкм.

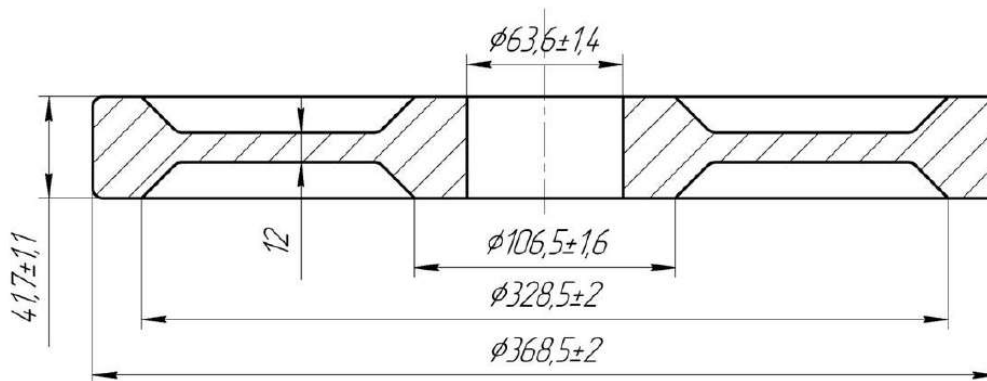


Рис. 4. Эскиз отливки (эскиз детали см. рис. 3).

4.3.3.3. Поковки стальные штампованные (из ГОСТ 7505–89)

Для определения и назначения припусков и допусков на поковку определяют *исходный индекс поковки*. Исходный индекс поковки – условный показатель, учитывающий в обобщенном виде сумму конструктивных характеристик (класс точности, группу стали), степень сложности (конфигурацию поверхности разреза) и массу поковки (табл. 24 – 28).

Таблица 24

Конструктивные характеристики поковки

Конструктивная характеристика поковки	Обозначение конструктивных характеристик	Примечание
1. Класс точности	T1 – 1 класс T2 – 2 класс T3 – 3 класс T4 – 4 класс T5 – 5 класс	Определяют согласно выбранному оборудованию (табл. 26)
2. Группа стали	М – 1. Сталь с массовой долей углерода 0,35 % и суммарной массовой долей легирующих элементов до 2 % включительно. М – 2. Сталь с содержанием углерода до 0,65 % и легирующих элементов до 5 %. М – 3. Сталь с содержанием углерода более 0,65 % и легирующих элементов более 5 %.	При назначении группы стали определяющим является содержание углерода и легирующих элементов (Si, Mn, Cr, Ni, Mo, W, V)
3. Степень сложности	C1 – 1-я степень C2 – 2-я степень C3 – 3-я степень C4 – 4-я степень	Устанавливается согласно расчетам (табл. 28)
4. Конфигурация поверхности разреза штампа	П – плоская Ис – симметрично изогнутая Ир – несимметрично изогнутая	

Расчетная масса поковки определяется как масса подвергаемых деформации ее частей.

Расчетная масса поковки определяется исходя из номинальных размеров детали:

$$M_{р.п.} = M_d \cdot K_p,$$

где $M_{р.п.}$ – расчетная масса поковки, кг;

M_d – масса детали, кг;

K_p – расчетный коэффициент (табл. 26)

Таблица 25

Выбор класса точности поковок

Основное технологическое оборудование, технологические процессы	Класс точности				
	1	2	3	4	5
Кривошипные горячештамповочные прессы:					
открытая штамповка				+	+
закрытая штамповка		+	+		
Горизонтально-ковочные машины				+	+
Штамповочные молоты				+	+
Калибровка	+	+			

Таблица 26

Коэффициент K_p для определения ориентировочной расчетной массы поковки

Группа	Характеристика детали	Типовые представители (виды, типы деталей)	K_p
1.	Удлиненной формы		
1.1	С прямой осью	Валы, оси, цапфы, шатуны	1,3 – 1,6
1.2	С изогнутой осью	Рычаги, сошки рулевого управления	1,1 – 1,4
2.	Круглые и многогранные в плане		

2.1.	Круглые	Шестерни, ступицы, фланцы	1,5 – 1,8
2.2	Квадратные, прямоугольные, многогранные		1,3 – 1,7
2.3	С отрезками	Крестовины, вилки	1,4 – 1,6
3.	Комбинированной конфигурации	Кулаки поворотные, коленчатые валы	1,3 – 1,8
4.	С большим объемом необработанных поверхностей	Балки передних осей, рычаги переключения коробок передач, буксирные крюки	1,1 – 1,3
5.	С отверстиями, углублениями, поднутрениями, не оформляемыми в поковке при штамповке	Полые валы, фланцы, блоки шестерен	1,8 – 2,2

Степень сложности является одной из конструктивных характеристик формы поковок, качественно оценивающей ее и используется при назначении припусков и допусков. Степень точности определяют путем вычисления отношения массы G_n (объема V_n) поковки к массе G_ϕ (объему V_ϕ) геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки. Геометрическая фигура может быть параллелепипедом, цилиндром с перпендикулярными к его оси торцам, шаром, прямой правильной призмой.

При вычислении отношения степени сложности поковки G_n/G_ϕ принимают ту из геометрических фигур, масса (объем) которой наименьший. При определении размеров описывающей поковку геометрической формы допускается исходить из увеличения в 1,05 габаритных линейных размеров детали, определяющих положение ее обрабатываемых поверхностей.

Степень сложности поковок соответствуют следующие численные значения отношения G_n/G_ϕ (табл. 27).

Таблица 27

Степени сложности поковок

Степень сложности	Отношение G_n/G_ϕ
C1	до 0,63
C2	от 0,32 до 0,63 включительно
C3	от 0,16 до 0,32 включительно
C4	до 0,16

Например, для фигуры поковки это цилиндр (рис. 5).

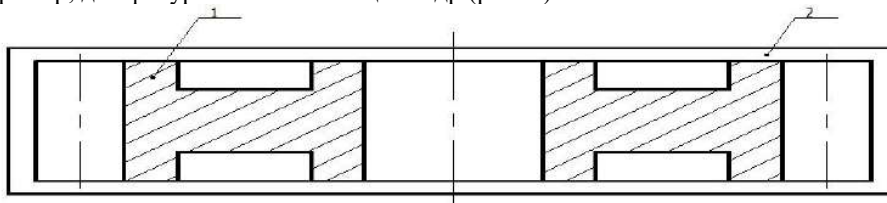


Рис. 5. Геометрическая форма поковки:

1 – форма поковки; 2 – форма описанной фигуры

Алгоритм определения припусков и допусков на размеры поковки

1. В зависимости от исходных данных по табл. 24 определяется группа стали.
2. В зависимости от технологического оборудования по табл. 25 выбирается класс точности поковки.
3. Определяется степень сложности поковки (табл. 27).
4. По табл. 28 определяется исходный индекс поковки. Для определения исходного индекса (табл. 28) в графе «Масса поковки» находят соответствующую данной массе строку и, смещаясь по горизонтали вправо или по утолщенным линиям вправо вниз до пересечения с вертикальными линиями, соответствующими значениями группы стали М, степени сложности С, классу точности Т, устанавливают исходный индекс поковки (от 1 до 23).

Например. 1). Поковка массой 2,2 кг, группа стали М1, степень сложности С1, класс точности Т2. Исходный индекс – 4.

2). Поковка массой 2,2 кг, группа стали М2, степень сложности С2, класс точности Т2. Исходный индекс – 9.

5. Припуск на механическую обработку поковок, в зависимости от исходного индекса определяется по табл. 29.

6. Допуски и предельные отклонения линейных размеров поковок назначают в зависимости от исходного индекса и размеров поковок по табл. 30

4.3.3.4. Пример расчета допусков и припусков на поковки (заготовки) и составление чертежа заготовки

Исходные данные. Изделие – цилиндрическая шестерня с наружным зубчатым венцом (рис. 6).
Материал Сталь 45ХН2МФА ГОСТ 4543-71 (0,42 – 0,50 % С; 0,17 – 0,37 % Si; 0,5 – 0,8 % Mn; 0,8 – 1,1 % Cr; 1,3 – 1,8 % Ni; 0,2 – 0,3 % Mo; 0,10 – 0,18 % V). Штамповочное оборудование – кривошипный пресс. Инструмент – открытый штамп из инструментальной стали марки 5ХНМ. Масса шестерни 1,83 кг.

1. Определение расчетной массы поковки.

$$M_{р.л.} = 1,83 \cdot 1,8 = 3,3 \text{ кг.} \quad K_p = 1,8 \text{ (см. табл. 26)}$$

2. Класс точности – Т3 (см. табл. 25).

3. Группа стали – М2 (см. табл. 24). Средняя массовая доля углерода в стали 45ХН2МФА 0,46 % С; суммарная массовая доля легирующих элементов – 3,81 % (0,27 % Si; 0,6 % Mn; 0,95 % Cr; 1,55 % Ni; 0,23 % Mo; 0,14 % V).

5. Степень сложности – С1 (табл. 28).

Массу геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки, определяем исходя из размеров описанного цилиндра с диаметром $d = 128,7 \cdot 1,05 = 134,2$ и высотой $h = 39 \cdot 1,05 = 41$. Масса описывающей фигуры (расчетная) – 4,55 кг;

$$G_n/G_{\phi} = 3,3 / 4,55 = 0,72$$

5. Исходный индекс – 10 (см. табл. 28)

Для определения исходного индекса по табл. 25 в графе «Масса поковки» находят соответствующую данной массе строку и, смещаясь по горизонтали вправо или по утолщенным наклонным линиям вправо вниз до пересечения с вертикальными линиями, соответствующим заданным значениям группы стали М, степени сложности С, класса точности Т, устанавливают исходный индекс (от 1 до 23).

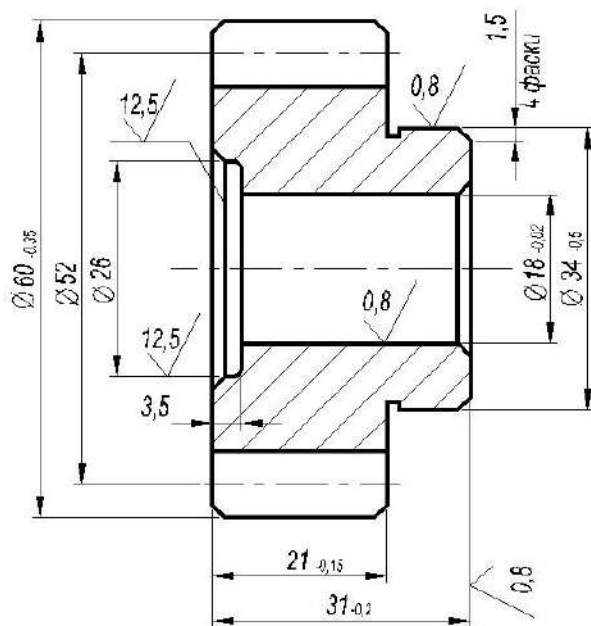


Рис. 6. Шестерня.

6. Припуски на механическую обработку.

Припуски на механическую обработку (табл. 29). Размер диаметра поковки 127,8 мм, шероховатость поверхности 6,3 мкм, припуск 1,6 мм (на сторону). Размер наружного диаметра с припуском на обработку составит величину $127,8 + 1,6 \cdot 2 = 131$ мм. Дополнительные припуски, учитывающие смещение поверхности разреза штампов – 0,3 мм. Размер наружного диаметра поковки $131 + 0,3 \cdot 2 = 131,6$ мм. Принимаем размер поковки 132 мм. Величина допуска на размер определяется в 2,0 мм (табл. 30) с предельными отклонениями +1,3 мм и – 0,7 мм. Размер поковки, представляемый на чертеже $132^{+1,3}_{-0,7}$.

Таблица 28

Номограмма определения исходного индекса поковки

Помощная таблица определения исходного индекса поковки																			
Масса поковки, кг	Группа стали			Степень сложности поковки	Класс точности поковки														Исходный индекс
	M1	M2	C1		C2	C3	C4	T1	T2		T3		T4		T5				
	M3																		
до 0,5																		1	
0,5 – 1,0																		2	
1,0 – 1,8																		3	
1,8 – 3,2																		4	
3,2 – 5,6																		5	
5,6 –10,0																		6	
10,0 – 20,0																		7	
20,0 – 50,0																		8	
50,0 – 125,0																		9	
125,0 –250,0																		10	
																		11	
																		12	
																		13	
																		14	
																		15	
																		16	
																		17	
																		18	
																		19	
																		20	
																		21	

Аналогично рассчитываются остальные размеры поковки шестерни:

- диаметр 36 и шероховатость поверхности 6,3;

$36 - (1,4 + 0,3) \times 2 = 32,6$; принимаем 32; размер на чертеже $32^{+0,5}_{-0,9}$;

- толщина 39 и шероховатость поверхности 1,6;

$39 + (1,5 + 0,3) \times 2 = 42,6$; принимаем 42,5; размер на чертеже $42,5^{+1,1}_{-0,5}$;

- толщина 28 и шероховатость поверхности 6,3;

$28 + (1,5 + 0,3) \times 2 = 31,6$; принимаем 31,5; размер на чертеже $31,5^{+1,1}_{-0,5}$;

Чертеж заготовки.

Чертеж заготовки (поковки) составляется по чертежу готовой детали. При этом следует учесть расположение волокон детали в зависимости от эксплуатационных требований, установить линию разреза штампа, назначить радиусы закруглений, наметки под прошивку.

Разработка (составление) чертежа поковки начинается с того, что тонкими линиями наносят контур готовой детали (см. рис. 2), затем расчетные поковочные припуски на номинальные размеры детали. Получившийся контур обводят жирными линиями, проставляют номинальные размеры с допусками, радиусы закруглений, штамповочные уклоны, плоскость разреза.

Для заготовки шестерни (поковки) (см. рис 6):

- штамповочный уклон:

на наружные поверхности рекомендуется не более 5^0 , принимается 5^0 ;

на внутренние поверхности рекомендуется не более 7^0 , принимается 7^0 ;

- радиус закругления наружных углов принимается 3,0 мм.

На чертеже заготовки последовательно излагают требования к качеству поковки (коробление, непараллельность плоскостей, дефекты и их ограничения) термической обработке, марке материала размерам, предельным отклонениям, массе поковки.

Чертеж заготовки шестерни (см. рис.6) приведен на рис. 7.

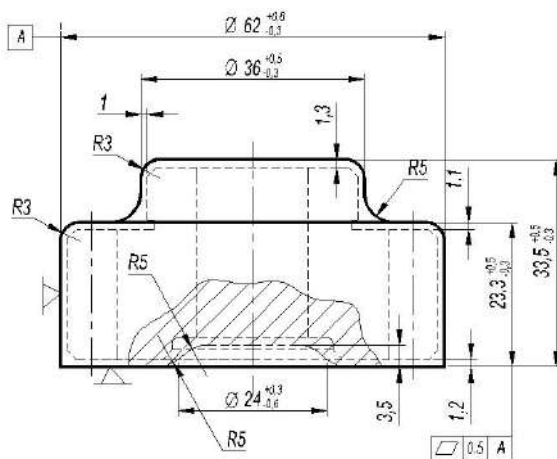


Рис. 7. Шестерня (Заготовка)

Таблица 29

Основные припуски на механическую обработку (на сторону), мм

Исходный индекс	Толщина детали														
	до 25			25 – 40			40 – 63			63 – 100			100 – 160		
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота детали														
	до 40			400 – 100			100 – 160			160 – 250			250 – 400		
	100 12,5 √	10 1,6 √	1,25 √	100 12,5 √	10 1,6 √	1,25 √	100 12,5 √	10 1,6 √	1,25 √	100 12,5 √	10 1,6 √	1,25 √	100 12,5 √	10 1,6 √	1,25 √
1	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,8	0,6	0,8	0,8
2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,8	0,7	0,9	0,9
3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	0,9	0,8	1,0	1,0
4	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,0	0,9	1,1	1,1
5	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,1	1,0	1,2	1,2
6	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,2	1,2	1,1	1,4	1,4

7	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,2	1,4	1,1	1,4	1,4	1,2	1,5	1,5
8	0,9	1,1	1,2	1,0	1,2	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,5	1,3	1,6	1,6
9	1,0	1,2	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,6	1,4	1,8	1,8
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,8	1,8	1,5	1,9	1,9
11	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,8	1,9	1,5	1,9	1,9	1,7	2,0	2,0
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,8	1,9	1,5	1,9	2,0	1,7	2,0	2,0	1,9	2,3	2,3
13	1,4	1,8	1,9	1,5	1,9	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,3	2,0	2,5	2,5
14	1,5	1,9	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,5	2,2	2,7	2,7
15	1,6	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	2,7	2,4	3,0	3,0
16	1,7	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,0	2,6	3,2	3,5
17	1,8	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
18	1,9	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
19	2,0	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
20	2,1	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7			

Таблица 30

Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковок, мм

Исходны й индекс	Толщина детали									
	до 25		25 - 40		40 - 63		63 - 100		100 - 160	
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота детали									
	до 40		400 – 100		100 - 160		160 - 250		250 - 400	
1	0,3	+ 0,2 - 0,1	0,4	+ 0,3 - 0,1	0,5	+ 0,3 - 0,2	0,6	+ 0,4 - 0,2	0,7	+ 0,5 - 0,2
2	0,4	+ 0,3 - 0,1	0,5	+ 0,3 - 0,2	0,6	+ 0,4 - 0,2	0,7	+ 0,5 - 0,2	0,8	+ 0,5 - 0,3
3	0,5	+ 0,3 - 0,2	0,6	+ 0,4 - 0,2	0,7	+ 0,5 - 0,2	0,8	+ 0,5 - 0,3	0,9	+ 0,6 - 0,3
4	0,6	+ 0,4 - 0,2	0,7	+ 0,5 - 0,2	0,8	+ 0,5 - 0,3	0,9	+ 0,6 - 0,3	1,0	+ 0,7 - 0,3
5	0,7	+ 0,5 - 0,2	0,8	+ 0,5 - 0,3	0,9	+ 0,6 - 0,3	1,0	+ 0,7 - 0,3	1,1	+ 0,7 - 0,4
6	0,8	+ 0,5 - 0,3	0,9	+ 0,6 - 0,3	1,0	+ 0,7 - 0,3	1,1	+ 0,7 - 0,4	1,2	+ 0,8 - 0,4
7	0,9	+ 0,6 - 0,3	1,0	+ 0,7 - 0,3	1,1	+ 0,7 - 0,4	1,2	+ 0,8 - 0,4	1,3	+ 0,8 - 0,5
8	1,0	+ 0,7 - 0,3	1,1	+ 0,7 - 0,4	1,2	+ 0,8 - 0,4	1,3	+ 0,8 - 0,5	1,4	+ 0,9 - 0,5
9	1,1	+ 0,7 - 0,4	1,2	+ 0,8 - 0,4	1,3	+ 0,8 - 0,5	1,4	+ 0,9 - 0,5	1,5	+ 1,0 - 0,5
10	1,2	+ 0,8 - 0,4	1,3	+ 0,8 - 0,5	1,4	+ 0,9 - 0,5	1,5	+ 1,0 - 0,5	1,6	+ 1,0 - 0,6
11	1,3	+ 0,8 - 0,5	1,4	+ 0,9 - 0,5	1,5	+ 1,0 - 0,5	1,6	+ 1,0 - 0,6	1,7	+ 1,1 - 0,6
12	1,4	+ 0,9 - 0,5	1,5	+ 1,0 - 0,5	1,6	+ 1,0 - 0,6	1,7	+ 1,1 - 0,6	1,8	+ 1,1 - 0,7
13	1,5	+ 1,0 - 0,5	1,6	+ 1,0 - 0,6	1,7	+ 1,1 - 0,6	1,8	+ 1,1 - 0,7	1,9	+ 1,2 - 0,7
14	1,6	+ 1,0 - 0,6	1,7	+ 1,1 - 0,6	1,8	+ 1,1 - 0,7	1,9	+ 1,2 - 0,7	2,0	+ 1,2 - 0,8
15	1,7	+ 1,1 - 0,6	1,8	+ 1,1 - 0,7	1,9	+ 1,2 - 0,7	2,0	+ 1,2 - 0,8	2,1	+ 1,3 - 0,8
16	1,8	+ 1,1 - 0,7	1,9	+ 1,2 - 0,7	2,0	+ 1,2 - 0,8	2,1	+ 1,3 - 0,8	2,2	+ 1,3 - 0,9
17	1,9	+ 1,2 - 0,7	2,0	+ 1,2 - 0,8	2,1	+ 1,3 - 0,8	2,2	+ 1,3 - 0,9	2,3	+ 1,3 - 1,0
18	2,0	+ 1,2 - 0,8	2,1	+ 1,3 - 0,8	2,2	+ 1,3 - 0,9	2,3	+ 1,3 - 1,0	2,4	+ 1,4 - 1,0
19	2,1	+ 1,3 - 0,8	2,2	+ 1,3 - 0,9	2,3	+ 1,3 - 1,0	2,4	+ 1,4 - 1,0	2,5	+ 1,5 - 1,0

20	2,2	+ 1,3 - 0,9	2,3	+ 1,3 - 1,0	2,4	+ 1,4 - 1,0	2,5	+ 1,5 - 1,0	2,6	+ 1,5 - 1,1
21	2,3	+ 1,3 - 1,0	2,4	+ 1,4 - 1,0	2,5	+ 1,5 - 1,0	2,6	+ 1,5 - 1,1	2,7	+ 1,5 - 1,2
22	2,4	+ 1,4 - 1,0	2,5	+ 1,5 - 1,0	2,6	+ 1,5 - 1,1	2,7	+ 1,5 - 1,2	2,8	+ 1,6 - 1,2

Внимание!

В поковке выполняют сквозные отверстия при двухстороннем углублении, если диаметр отверстия не менее 30 мм, а толщина поковки в месте пробивки – не более диаметра пробиваемого отверстия.

Впадины и углубления в поковке при диаметре отверстия не менее 30 мм выполняют глубиной до 0,8 их диаметра при изготовлении на молотах и до 3 – х диаметров при изготовлении на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ).

Примеры эскизов деталей и их заготовок, полученных штамповкой, приведены на рис. 8 – 17 (ГОСТ 7505–89):

Рис. 8 и 9 деталь – шестерня привода (сталь 30ХМА, масса 0,39 кг);

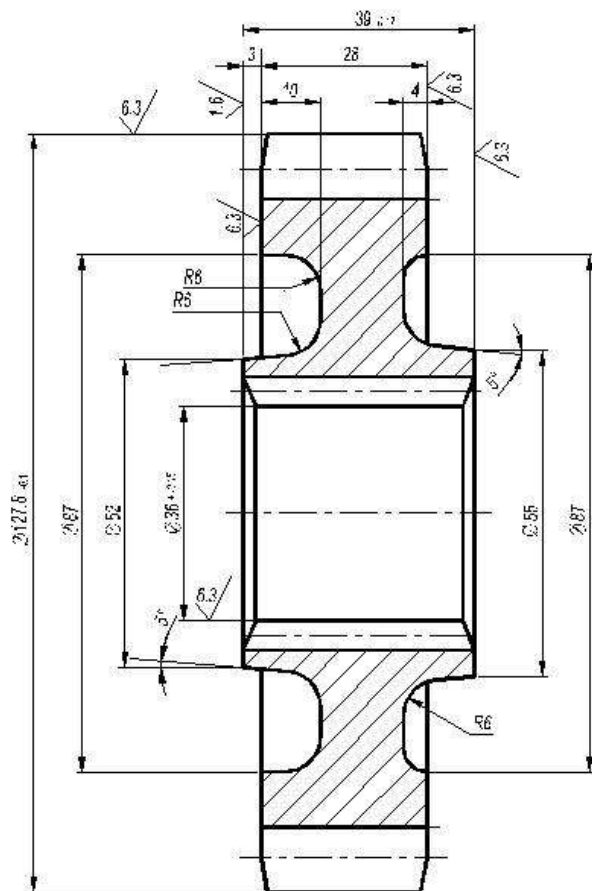
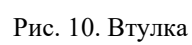
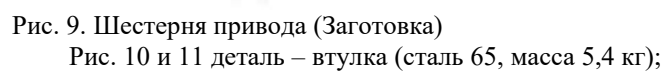


Рис. 8. Шестерня привода



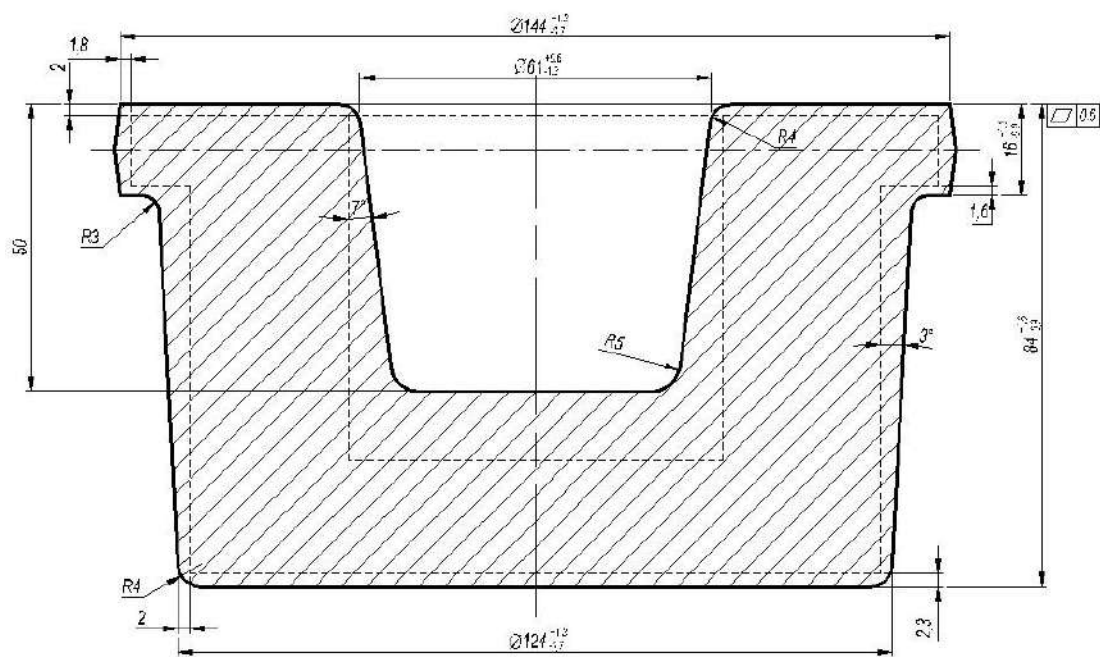


Рис. 11. Втулка (Заготовка)

Рис. 12 и 13 деталь – звездочка привода (сталь 35, масса 2,05 кг)

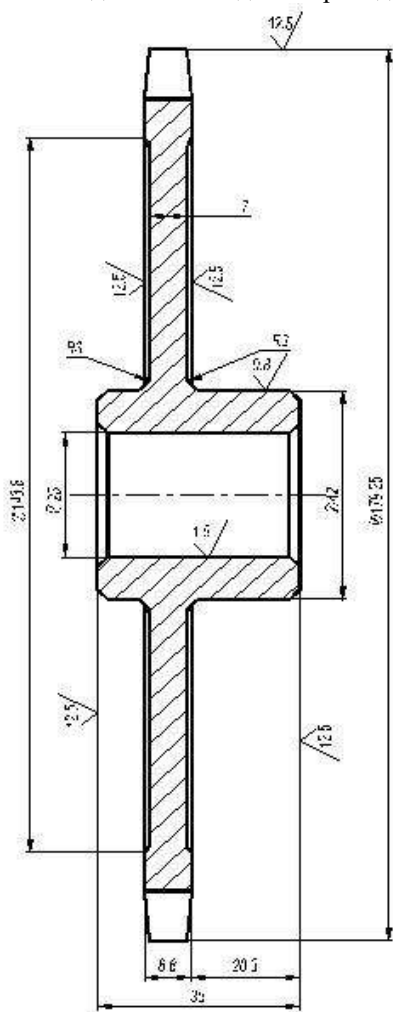


Рис. 12. Звездочка привода

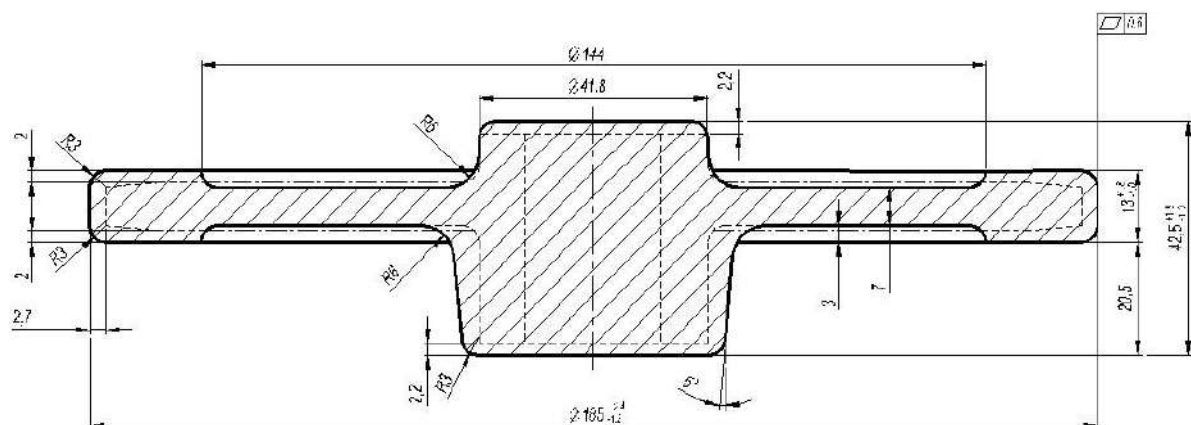


Рис. 13. Звездочка привода (Заготовка)

Рис.14 и 15 деталь - полуось (сталь 45Г, масса 6,5 кг)

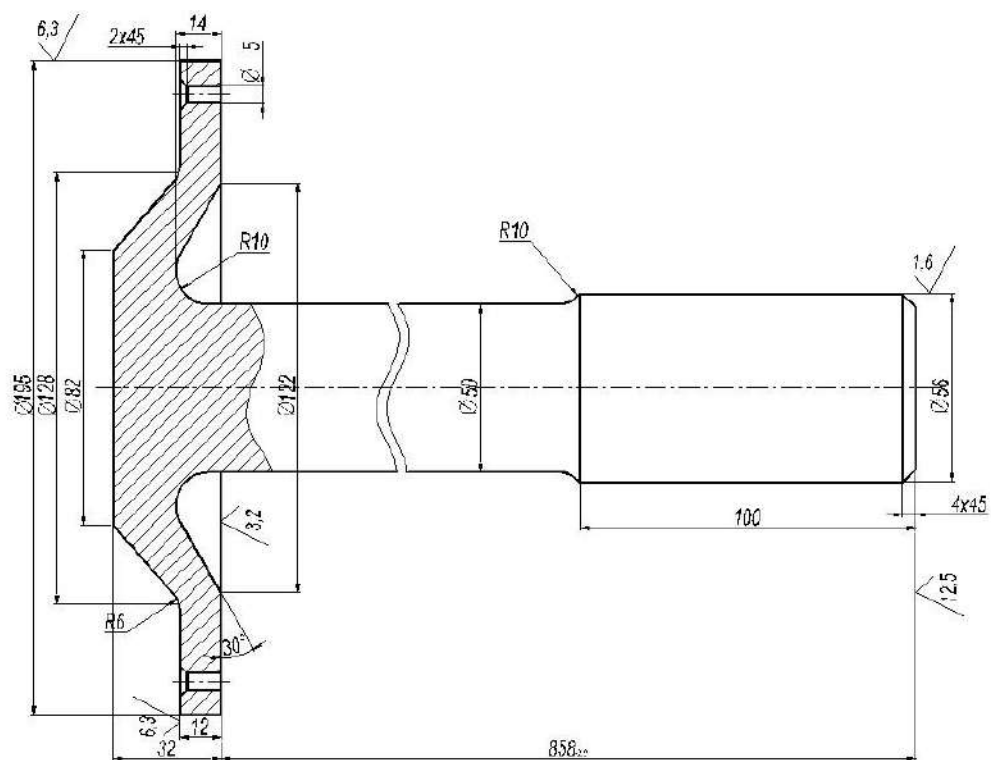
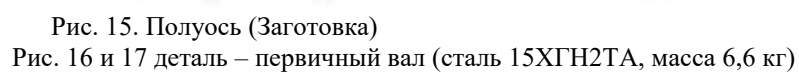


Рис. 14. Полуось



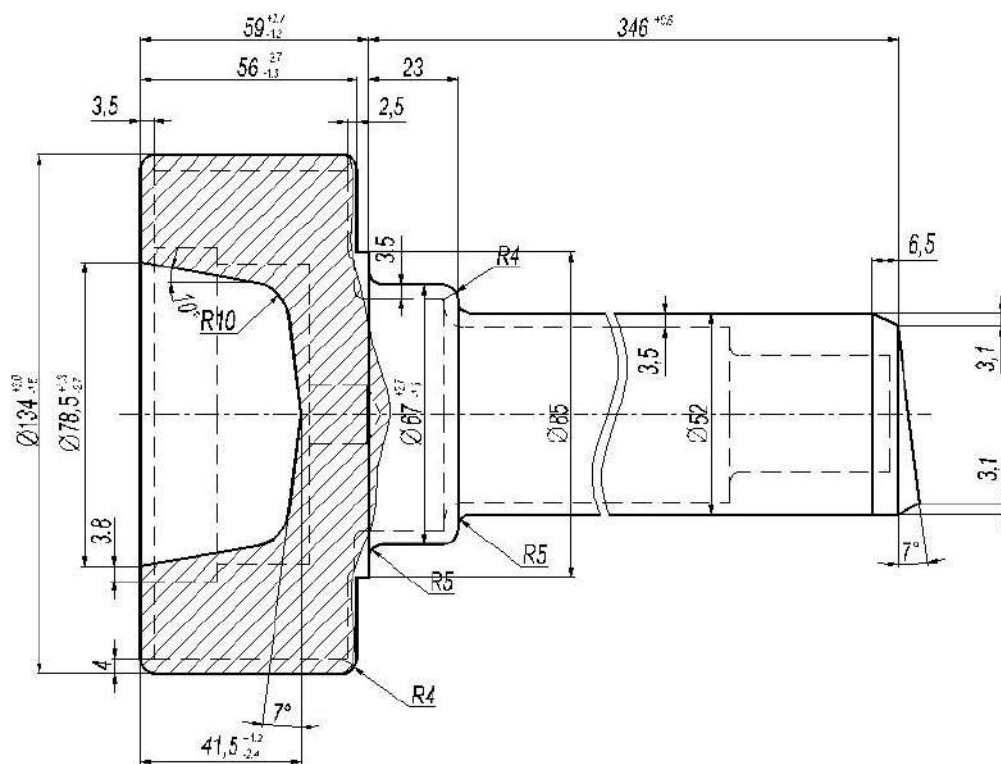


Рис. 17. Первичный вал (Заготовка)

4.3.3.5. Поковки, изготавливаемые свободной ковкой на прессах (из ГОСТ 7062–90)

Стандарт устанавливает припуски на механическую обработку и допуски на номинальные размеры поковок гладких и с уступами, круглого и прямоугольного сечения, дисков, колец, плит сплошных с отверстиями, муфт, раскатных колец и цилиндров с отверстиями.

Так как припуски в соответствии с ГОСТ 7062–90 распространяются на детали с относительно большими номинальными размерами ($L > 1,2 D$; $D \geq 200$ мм), которые в учебных целях не рассматриваются в индивидуальных заданиях студентов, поэтому ограничимся только ссылкой на данный ГОСТ.

4.3.3.6. Поковки, изготавливаемые свободной ковкой на молотах (из ГОСТ 7829–70)

Стандарт устанавливает припуски на механическую обработку резанием, допуски на номинальные размеры поковок для условий единичного и мелкосерийного производства (табл. 31 – 34).

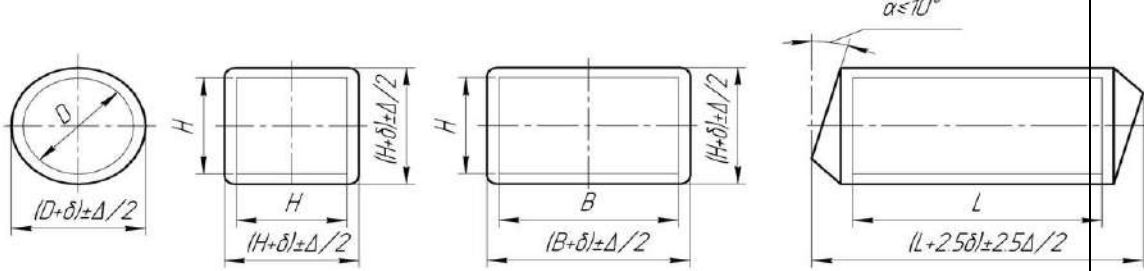
Таблица 31

Припуски и допуски на поковки сплошные, круглого и прямоугольного сечения, гладкие, мм

Интервалы диаметров или размеры сечения, мм	Длина детали, мм			
	До 250		250 - 500	
	Размеры детали на которые устанавливаются припуски и допуски			
	D, A, B	L	D, A, B	L
30 - 50	5±25	15±6	6±2	18±6
50 - 80	6±2	18±6	8± ² ₃	24±8
120 - 180	8±3	24±8	9±3	27±10
180 - 250		-	10±3	30±10

Таблица 32

Припуски и предельные отклонения для гладких поковок круглого, квадратного и прямоугольного сечений, мм
(из ГОСТ 7829-70)

									
Длина детали	Диаметр детали D или размер сечения B, H								
	До 50	50 - 70	70 - 90	90 - 120	120-160	160-200	200-250	250-300	300-360
	Припуски ($\delta, \delta_1, \delta_2, \delta_3$) и предельны отклонения ($\pm\Delta/2; \pm\Delta_1/2; \pm\Delta_2/2; \pm\Delta_3/2$)								
До 250	5±2	6±2	7±2	8±3	9±3	—	—	—	—
250 - 500	6±2	7±2	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4
500 - 800	7±2	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4
800 - 1200	8±2	9±2	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4	16±4

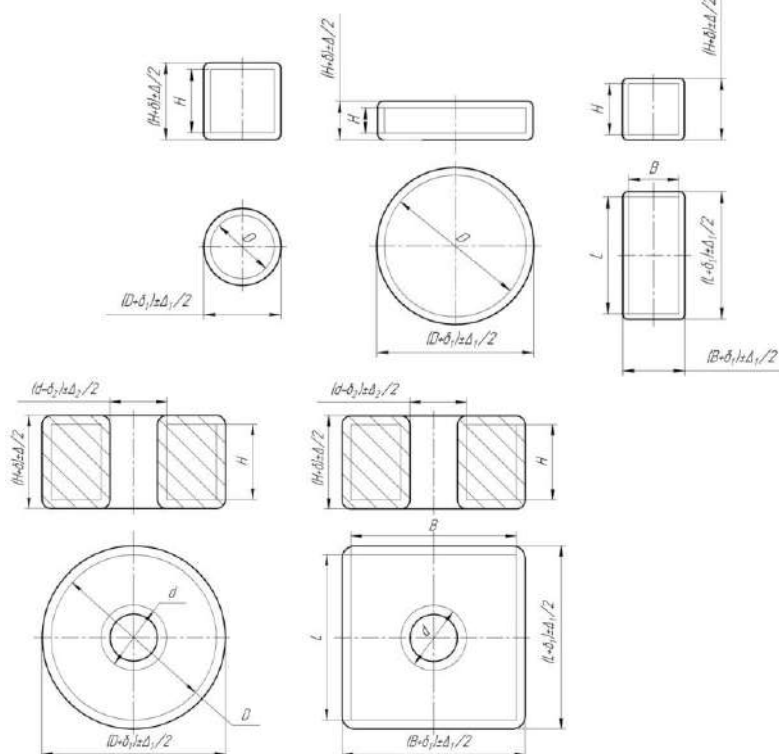
Примечания:

1. Данные таблицы распространяются на детали с соотношением размеров $L > 1,5D$ для круглого сечения; $L > 1,5B$ и $H \leq B \leq 1,5H$ – для квадратного и прямоугольного сечений.

2. В случае обработки поверхности детали шероховатостью 6.3 мкм ниже допускается увеличение соответствующих табличных значений припусков, но не более чем 1 мм на сторону.

Таблица 33

Припуски и предельные отклонения для поковок типа дисков, цилиндров, втулок, брусков, кубиков, пластин сплошных и пластин с отверстиями, в мм
(из ГОСТ 7829 – 70)

							
Диаметр детали или	Размеры детали, на которые	Высота детали H					
		До 50	50 - 65	65 - 80	80 - 100	100 - 125	125 - 150
							150 - 180

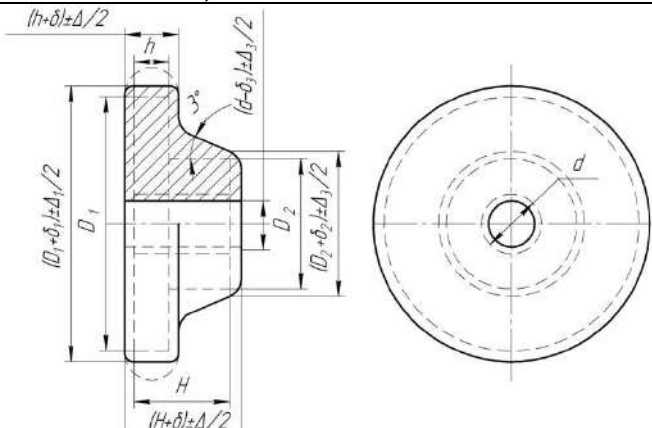
размер сечения L, B	назначаются припуски и предельные отклонения	Припуски ($\delta, \delta_1, \delta_2$) и предельны отклонения ($\pm A/2; \pm A_1/2; \pm A_2/2$)						
До 50	H D; L; B d	6 ± 2 6 ± 2 —	6 ± 2 6 ± 2 —	7 ± 2 7 ± 2 —	— — —	— — —	— — —	— — —
50 - 80	H D; L; B d	6 ± 2 7 ± 2 —	7 ± 2 7 ± 2 —	8 ± 2 8 ± 2 —	9 ± 2 9 ± 2 —	9 ± 2 9 ± 2 —	— — —	— — —
80 - 110	H D; L; B d	7 ± 2 8 ± 2 14 ± 2	8 ± 2 8 ± 2 15 ± 2	8 ± 2 10 ± 2 15 ± 2	9 ± 2 10 ± 2 16 ± 2	10 ± 3 10 ± 2 16 ± 2	11 ± 3 11 ± 3 17 ± 3	12 ± 3 12 ± 3 18 ± 3
110 - 150	H D; L; B d	7 ± 2 9 ± 2 15 ± 2	8 ± 2 9 ± 2 16 ± 2	8 ± 2 10 ± 2 16 ± 2	9 ± 2 11 ± 3 17 ± 3	10 ± 3 11 ± 3 17 ± 3	11 ± 3 12 ± 4 18 ± 4	12 ± 3 13 ± 4 19 ± 4

Примечание:

1. Данные таблицы распространяться на детали с соотношением размеров: $H \leq 0.5D$ – для дисков; $0.5D \leq H \leq 1.5D$ – для цилиндров; $H \leq B$ и $B \leq L \leq 1.5B$ – для брусков, кубиков, пластин; $H \leq 0.5D$, $d \leq 0.5D$ – для дисков с отверстием; $0.5D \leq H \leq 1.5D$, $d \leq 0.5D$ – для втулок; $H \leq B$, $B \leq L \leq 1.5B$, $d \leq 0.5B$ – для брусков и пластин с отверстием.

Таблица 34

Припуски и предельные отклонения для поковок типа втулок с уступами, сплошных и отверстиями, изготавливаемых в подкладных кольцах, мм
(из ГОСТ 7829 – 70)

		Высота детали H						
Диаметр детали D	Размеры детали, которые назначаются припуски и предельные отклонения	До 50	50 - 65	65 - 80	80 - 100	100 - 125	125 - 150	150 - 180
		Припуски ($\delta, \delta_1, \delta_2$) и предельны отклонения ($\pm A/2; \pm A_1/2; \pm A_2/2$)						
До 50	H; h D ₁ D ₂ d	7 ± 2 7 ± 2 5^{+2}_{-1} —	7 ± 2 7 ± 2 6^{+2}_{-1} —	— — 6^{+2}_{-1} —	— — 7^{+3}_{-1} —	— — 7^{+3}_{-1} —	— — — —	— — — —
50 – 80	H; h D ₁ D ₂ d	7 ± 2 7 ± 2 5^{+2}_{-1} 13 ± 2	7 ± 2 8 ± 2 7^{+3}_{-1} 14 ± 2	8 ± 2 8 ± 2 7^{+3}_{-1} 14 ± 2	9 ± 2 9 ± 2 7^{+3}_{-1} 15 ± 2	— — 8^{+4}_{-1} —	— — — —	— — — —

80 – 110	H; h	7±2	8±2	9±2	10±3	10±3	11±3	-
	D ₁	8±2	9±2	9±2	10±3	10±3	11±3	-
	D ₂	6±2	7±3	7±3	8±4	8±4	9±4	9±4
	d	14±2	15±2	15±2	16±2	16±2	17±2	-
110 – 150	H; h	7±2	8±2	9±2	10±3	10±3	11±3	12±3
	D ₁	8±2	10±2	10±3	11±3	11±3	12±3	13±4
	D ₂	7 ⁺² ₋₁	8 ⁺⁴ ₋₂	8 ⁺⁴ ₋₂	9 ⁺⁴ ₋₂	9 ⁺⁴ ₋₂	10 ⁺⁴ ₋₂	10 ⁺⁴ ₋₂
	d	15±2	16±2	16±2	17±3	18±4	18±4	19±4
150 – 200	H; h	8±2	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	12±3
	D ₁	10±3	10±3	10±3	12±3	12±3	13±4	13±4
	D ₂	8 ⁺⁴ ₋₂	8 ⁺⁴ ₋₂	9 ⁺⁴ ₋₂	9 ⁺⁴ ₋₂	10 ⁺⁴ ₋₂	11 ⁺⁵ ₋₂	11 ⁺⁵ ₋₂
	d	16±3	17±3	17±3	18±4	18±4	19±4	19±4

4.4. Выбор технологических баз и схем установки заготовок

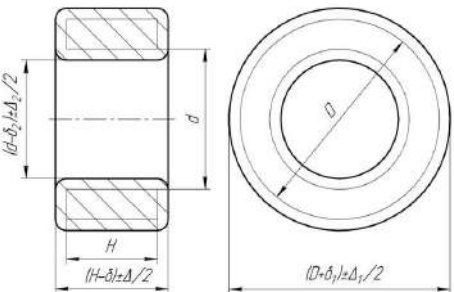
Исходными данными для выбора баз являются: чертеж детали со всеми необходимыми техническими требованиями; вид и точность заготовки; условия расположения и работы детали в машине.

Правильный выбор технологических баз определяет точность линейных размеров и взаимное расположение обработанных поверхностей. Технологические базы делятся на черновые – необработанные поверхности и чистовые – обработанные поверхности.

Черновые базы используются только для первой установки, чистовые – для последующих установок. Заготовку, как правило, не снимают со станка до тех пор, пока не подготовлена чистовая база для следующего установа. Технологические базы могут быть постоянными и повторно обрабатываемыми (например, шлифовка или притирка центровых отверстий валов после термической обработки), а в отдельных случаях и неоднократно с целью обеспечения необходимого качества при выполнении точных размеров.

Таблица 35

Припуски и предельные отклонения для поковок типа раскатных колец, мм
(из ГОСТ 7829–70)

									
Диаметр детали D	Размеры детали, на которые назначаются припуски и предельные отклонения	Высота детали H							
		До 50	50 - 65	65 - 80	80 - 100	100 - 125	125 - 150	150 - 180	
		Припуски (δ , δ_1 , δ_2) и предельны отклонения ($\pm A/2$; $\pm A_1/2$; $\pm A_2/2$)							
До 110	H	6±2	7±2	8±3	9±3	10±3	–	–	
	D	9±3	10±2	11±3	12±4	12±3	–	–	
	d	12±3	13±3	14±3	15±4	15±3	–	–	
110 – 150	H	7±2	8±2	9±3	10±3	11±4	12±4	–	
	D	10±3	11±3	11±3	12±4	13±4	14±4	–	
	d	13±3	14±3	14±3	15±4	16±4	17±4	–	
150 – 200	H	7±2	8±2	9±3	10±3	11±4	12±4	13±5	
	D	11±3	12±3	12±3	13±4	13±4	14±4	15±5	
	d при D – d	до 50	14±3	15±3	15±3	16±4	16±4	17±4	18±5
		50 – 100	15±3	16±3	16±3	17±4	17±4	18±5	19±5

В основе выбора технологических баз лежит ряд правил .

Правила выбора черновых баз.

Требования к черновым базам:

- должны быть ровными и чистыми, надежно закреплять заготовку;
- иметь минимальный припуск на обработку, или вообще не подвергаться обработке;
- стабильно располагаться относительно других поверхностей и позволять подготовить чистовую базу для обработки других поверхностей.

1. Необработанные (черновые) поверхности в качестве баз можно использовать только один раз и только на первой операции.
2. В качестве технологических баз следует принимать наиболее точные поверхности достаточных размеров, с наименьшей шероховатостью, без прибылей, литников, окалины и других дефектов. Это обеспечивает большую точность базирования и закрепления.
3. Если у заготовки обрабатываются не все поверхности, то за технологические базы рекомендуется принимать поверхности, которые вообще не обрабатываются.
4. Если у заготовки обрабатываются все поверхности, то в качестве технологической базы целесообразно принимать поверхности с наименьшими припусками, что позволяет избежать появления «чернот».
5. Черновая база выбирается с учетом обеспечения лучших условий обработки поверхностей, принимаемых в дальнейшем за чистовые базы.

Правила выбора чистовых баз.

Требования к чистовым базам:

- наибольшая точность размеров и геометрической формы,
- наименьшая шероховатость поверхности;
- наибольшая жесткость чтобы не деформироваться под действием сил зажима и резания и собственной массы заготовки;
- надежное и прочное закрепление заготовки и неизменность ее положения во время обработки.

1. *Принцип постоянства технологической базы.* Наибольшая точность обработки достигается при использовании на всех операциях механической обработки одних и тех же базовых поверхностей. При вынужденной смене баз необходимо переходить от менее точной базы к более точной. При смене технологической базы необходимо составить размерную цепь, определить погрешность базирования и убедиться, что это не приведет к погрешности обработки.
2. *Принцип совмещения технологических баз.* Согласно этому принципу в качестве технологических баз используются измерительные базы. При совмещении технологической и измерительной баз погрешность базирования равна нулю. При их несовпадении выбранная технологическая база может считаться приемлемой при условии, что погрешность базирования с суммой с погрешностью технологической системы не превышает допуск на размер, выдерживаемый на выполняемом технологическом переходе.
3. *Принцип кратчайшей размерной цепи.* Согласно этому принципу в качестве технологической базы следует использовать те поверхности, которые связаны с обрабатываемой кратчайшей размерной связью.
4. *Принцип искусственных баз.* Согласно этому принципу при отсутствии у заготовки надежных технологических баз, можно создавать искусственные базы, изменив при необходимости конструкцию заготовки (технологические и центровые отверстия, бобышки, приливы и др.).
5. *Принцип относительного расположения поверхностей.* Для операций, на которых обеспечиваются требования по точности относительного взаимного расположения поверхностей, в качестве технологических баз выбираются поверхности, связанные с обрабатываемой требованиями по относительному расположению.
6. *Принцип простоты.* Выбранные технологические базы должны обеспечивать простую и надежную конструкцию приспособления, удобство и быстроту установки и снятия обрабатываемой детали.

Точность, форма и размеры технологической базы должны обеспечивать необходимую точность обрабатываемой поверхности.

Поверхности, которые будут использованы в качестве технологической базы в дальнейшем, должны быть *обработаны на первой операции, желательно за один установ детали.*

Базы, используемые на операциях окончательной обработки, должны иметь *наибольшую точность.*

В зависимости от сложности детали может быть несколько схем базирования, анализ которых необходимо производить на основе решения технологических размерных цепей.

Для установки заготовок на металлорежущих станках применяют станочные приспособления, которые состоят из корпуса, опор, установочных элементов, зажимов и других деталей и элементов.

Установочные элементы приспособлений выбирают в зависимости от формы обрабатываемой детали, обрабатываемой поверхности, а также принятого способа базирования. К установочным элементам относят точечные опоры различных типов, опорные пластины, призмы, втулки, цанги, пальцы, кулачки и т.д.

Графическое обозначение опор, зажимов и установочных устройств при базировании регламентированы ГОСТ 3.1107–81, а также приведены в справочной литературе.

Для базирования заготовки по плоскости чаще всего используют точечные опоры, которые являются стандартными деталями приспособления. Точечные опоры могут быть неподвижными, подвижными, плавающими и регулируемые.

При базировании по цилиндрическим поверхностям заготовки устанавливают в призмы, цанги (ГОСТ 2876–80, ГОСТ 2877–80) самоцентрирующие кулачковые патроны (ГОСТ 24351–80, ГОСТ 2675–80), а также мембранные патроны.

При базировании по внутренним цилиндрическим поверхностям заготовки устанавливают в оправки различных типов: гладкие, цилиндрические, конические, кулачковые, разжимные, шлицевые, резьбовые и т.д. (ГОСТ 18437–73 - 18440–73), установочные пальцы, сухари и кулачки разжимных устройств.

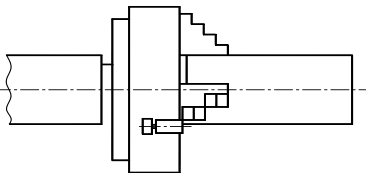
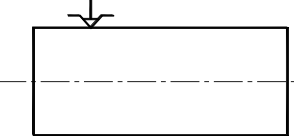
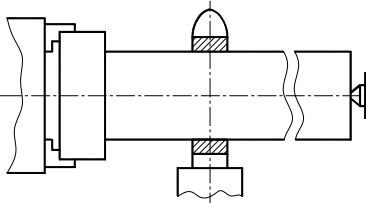
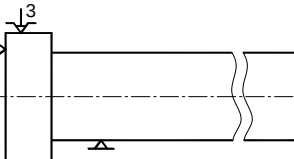
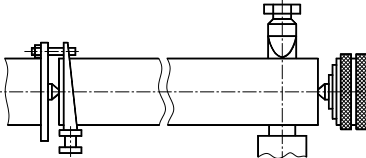
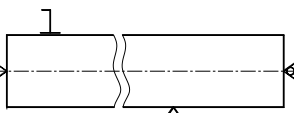
Для базирования цилиндрических заготовок по центровым гнездам и фаскам центровых отверстий используют центры: упорные (ГОСТ 13214–79, ГОСТ 2575–79, ГОСТ 2576–79, вращающиеся (ГОСТ 8742–75) и поводковые.

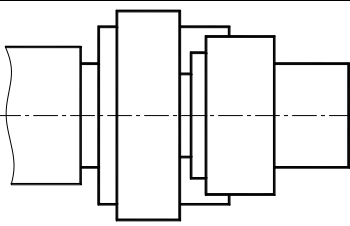
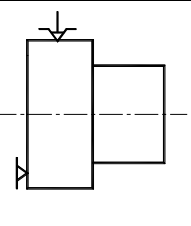
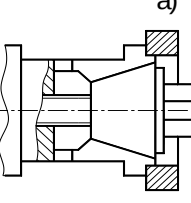
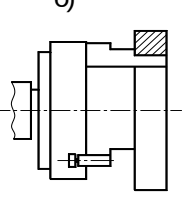
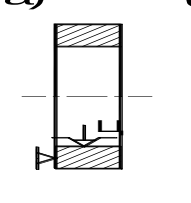
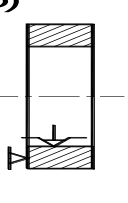
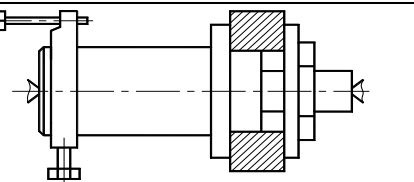
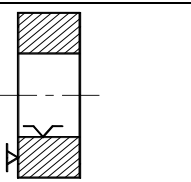
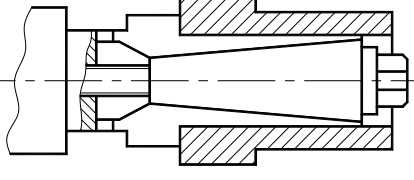
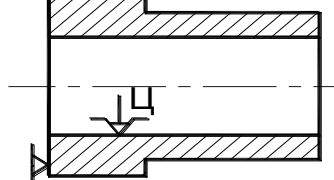
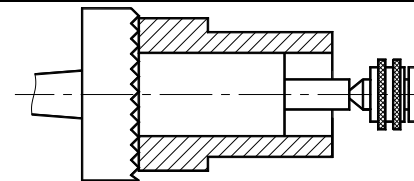
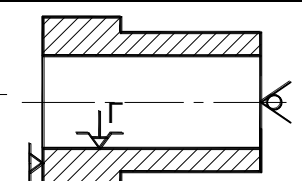
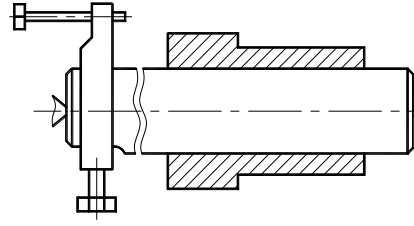
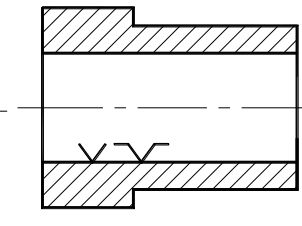
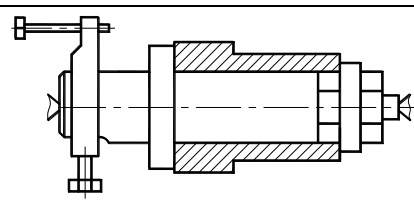
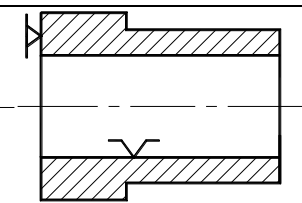
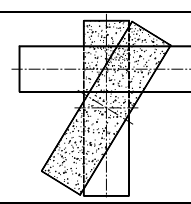
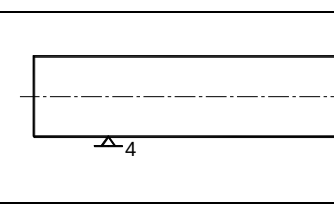
Так как базирование заготовок осуществляется по нескольким поверхностям (комплекту технологических баз), часто в приспособлении используют несколько установочных элементов.

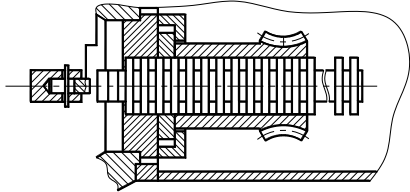
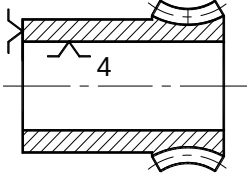
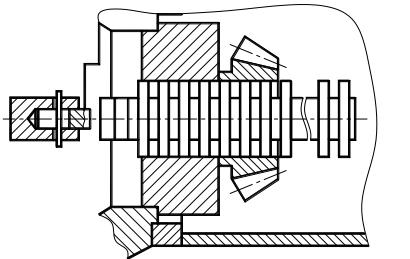
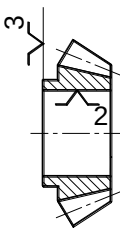
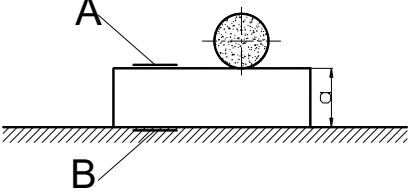
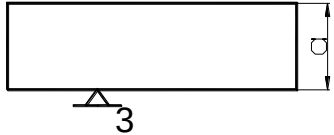
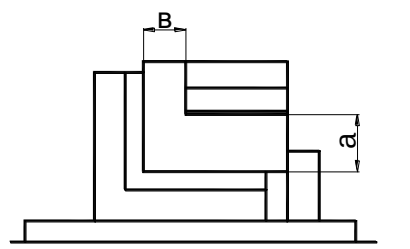
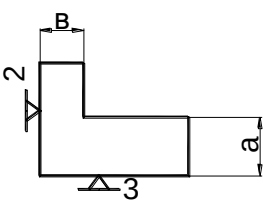
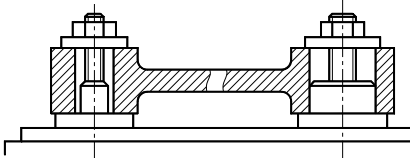
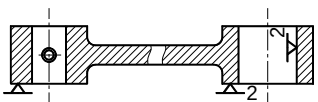
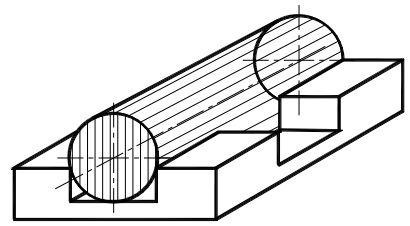
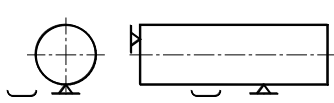
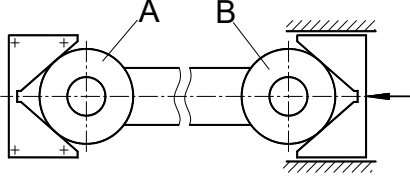
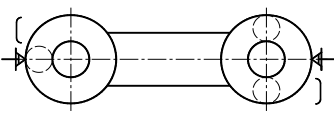
Принятые схемы базирования, условные обозначения опор и зажимных устройств, указываемых на операционных эскизах технологических процессов на каждой операции, приведены в табл.36.

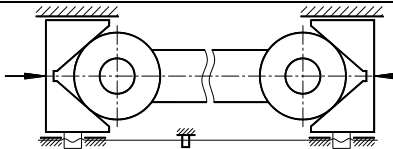
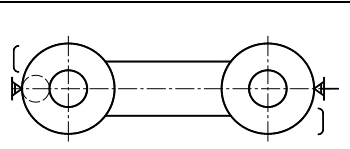
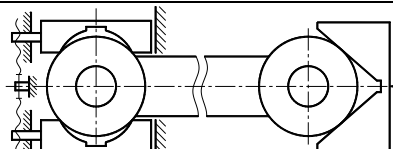
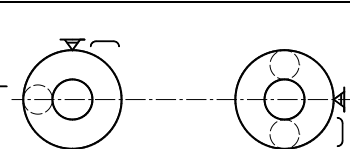
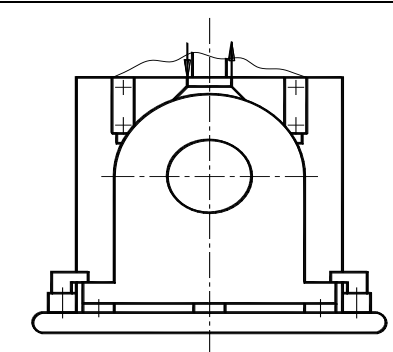
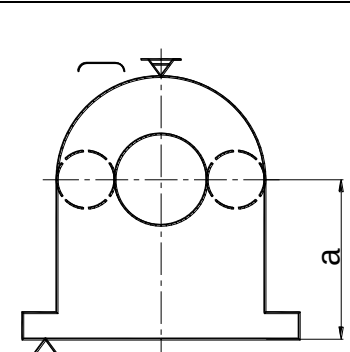
Таблица 36

Схемы базирования и установки заготовок в приспособлениях и на станках

Содержание операции или характеристика установки	Возможная схема базирования	
	Конструктивная реализация	Условное изображение на технологическом эскизе, согласно ГОСТ 3.1107–81
Установка вала в двух–трехкулачковом самоцентрирующем патроне, в том числе с длинными кулачками, без упора по торцу		
Установка вала в самоцентрирующем трехкулачковом патроне с механическим зажимом с упором по торцу с поджимом вращающимся задним центром и с неподвижным люнетом		
Установка вала в неподвижном переднем центре с поводковым патроном и вращающимся задним центром с неподвижным люнетом		

Установка заготовки в двух-трехкулачковом самоцентрирующем патроне с упором по торцу		
Установка детали (втулка, диск, зубчатое колесо) на разжимной (цанговой) оправке или трехкулачковом патроне с упором по торцу	а)  б) 	а)  б) 
Установка детали (втулка, диск, зубчатое колесо) на гладкой цилиндрической оправке с упором по торцу		
Установка длинной детали (цилиндра) на разжимной (цанговой) оправке или трехкулачковом патроне с упором по торцу (обеспечивает concentricity поверхностей вращения)		
Установка детали на цилиндрической оправке с гидравлическим зажимом с упором в торец на рифленую поверхность и с поджимом вращающимся задним центром (обеспечивает concentricity поверхностей вращения)		
Установка детали на конусной жесткой оправке (обеспечивает concentricity поверхностей вращения)		
Установка детали на цилиндрической оправке с гайкой (появляется эксцентриситет поверхностей вращения)		
Бесцентровое шлифование гладкого валика		

Протягивание длинных отверстий (пазов)		
Протягивание коротких отверстий (пазов)		
Установка детали на магнитном столе. При шлифовании плоскостей обеспечивается параллельность поверхностей А и В		
Установка заготовки для фрезерования уступов, выдерживая уступы а и в (приспособление не указано)		
Установка шатуна на плоскости торцев и отверстиям (один палец цилиндрический, другой срезанный) для обработки наружного контура		
Установка детали на призме (приспособление не указано)		
Установка шатуна (рычага) в призмах. При расточке отверстий в головках обеспечивается их симметрия на оси и концентричность, а также при обработке наружной поверхности перпендикулярность осей отверстий к торцевой поверхности		

Установка шатуна (рычага) в призмах. При расточке отверстий в головках обеспечивается их симметрия на оси и концентричность, а также при обработки наружной поверхности перпендикулярность осей отверстий к торцевой поверхности		
Установка шатуна (рычага) в призмах для расточки отверстий в головках. Обеспечивается концентричность отверстия А по контуру головки, симметричность расположения осей отверстий относительно наружного контура и их перпендикулярность к торцам головок		
Установка заготовки для расточки отверстий, обеспечивая размер a и перпендикулярность оси и плоскости относительно основания расположения оси центрального отверстия в плоскости симметрии внешнего контура		

4.5. Выбор способов обработки поверхностей заготовки

Проектирование общего маршрута обработки детали начинается обычно с установления последовательности и способов обработки отдельных поверхностей. При выборе способа обработки поверхностей исходят из его технологических возможностей:

- возможности по обеспечению точности и качества поверхности;
- величине снимаемого припуска;
- времени обработки в соответствии с заданной производительностью.

Поэтому цель выбора способа обработки – обеспечить наиболее рациональный процесс обработки заготовки. В зависимости от требований, предъявляемых к точности размеров, формы, расположения и параметров шероховатости детали с учетом ее размеров, массы, технических требований, выбирают один или несколько возможных способов обработки и тип соответствующего оборудования.

Выбор конкретного метода обработки производят с помощью таблиц средней экономической точности различных способов механической обработки, полученных путем систематизации результатов непосредственных наблюдений за ходом операций в цеховых условиях.

Сопоставляя технологические возможности различных способов обработки, исходя из обеспечиваемой ими средней экономической точности, выбирают способы предварительной и окончательной обработки, обеспечивающие заданные значения параметров точности детали (Рис. 18, 19, 20). В таблицах рис. 18 - 20 для установления маршрута обработки приведены сведения об экономической точности способа обработки (кавалитет), параметрах шероховатости (Ra , Rz) и наиболее вероятное машинное время механической обработки поверхности.

При назначении вида обработки необходимо стремиться к тому, чтобы число переходов при обработке каждой поверхности было минимальным и возможно большее количество поверхностей заготовки обрабатывалось при одной установке. При построении маршрута исходят из того, что каждый последующий способ обработки должен быть точнее предыдущего и технологический допуск на промежуточный размер, полученный на предыдущем этапе обработки, должен находиться в пределах, при которых можно использовать намечаемый последующий способ обработки. Например, после чернового растачивания нельзя применять чистовое развертывание, так как для устранения всех погрешностей предшествующей обработки зубья развертки работали бы с недопустимо большой глубиной резания.

Количество возможных вариантов маршрута обработки данной поверхности может быть довольно большим. Все они различны по эффективности и рентабельности. Выбор окончательного варианта по этим показателям важен, но сложен и трудоемок. Поэтому маршрут обработки можно выбрать приближенно, оценивая трудоемкость сопоставляемых вариантов по суммарному основному времени обработки, т.е. на первом этапе разработки технологического маршрута пользоваться формулами расчета машинного времени в зависимости от размеров обрабатываемых поверхностей. Пользуясь данными рис. 18, 19, 20 можно составить формулу и получить для сравниваемых вариантов наиболее вероятное машинное время обработки типичных поверхностей.

Пример. Обработка цилиндрического отверстия 8-го квалитета. Отверстие в заготовке получено литьем.

Переход			$t_M = \sum t_{Mi}$
Вариант 1	Растачивание черновое	$t_M = 0,000134 \text{ д}\cdot\text{л}$	$t_M = 0,000694 \text{ д}\cdot\text{л}$
	Растачивание чистовое	$t_M = 0,00018 \text{ д}\cdot\text{л}$	
	Растачивание тонкое	$t_M = 0,000138 \text{ д}\cdot\text{л}$	
Вариант 2	Растачивание черновое	$t_M = 0,000134 \text{ д}\cdot\text{л}$	$t_M = 0,000894 \text{ д}\cdot\text{л}$
	Растачивание чистовое	$t_M = 0,00018 \text{ д}\cdot\text{л}$	
	Шлифование	$t_M = 0,00058 \text{ д}\cdot\text{л}$	
Вариант 3	Растачивание черновое	$t_M = 0,000134 \text{ д}\cdot\text{л}$	$t_M = 0,0132 \text{ д}\cdot\text{л}$
	Развертывание нормальное	$t_M = 0,00436 \text{ д}\cdot\text{л}$	
	Развертывание точное	$t_M = 0,0087 \text{ д}\cdot\text{л}$	
Вариант 4	Зенкерование	$t_M = 0,00021 \text{ д}\cdot\text{л}$	$t_M = 0,0132 \text{ д}\cdot\text{л}$
	Развертывание нормальное	$t_M = 0,00436 \text{ д}\cdot\text{л}$	
	Развертывание точное	$t_M = 0,0087 \text{ д}\cdot\text{л}$	
Вариант 5	Зенкерование	$t_M = 0,00021 \text{ д}\cdot\text{л}$	
	Протягивание	$t_M = 0,000286 \cdot \text{л}$	
Вариант 6	Растачивание черновое	$t_M = 0,000134 \text{ д}\cdot\text{л}$	
	Протягивание	$t_M = 0,000286 \cdot \text{л}$	

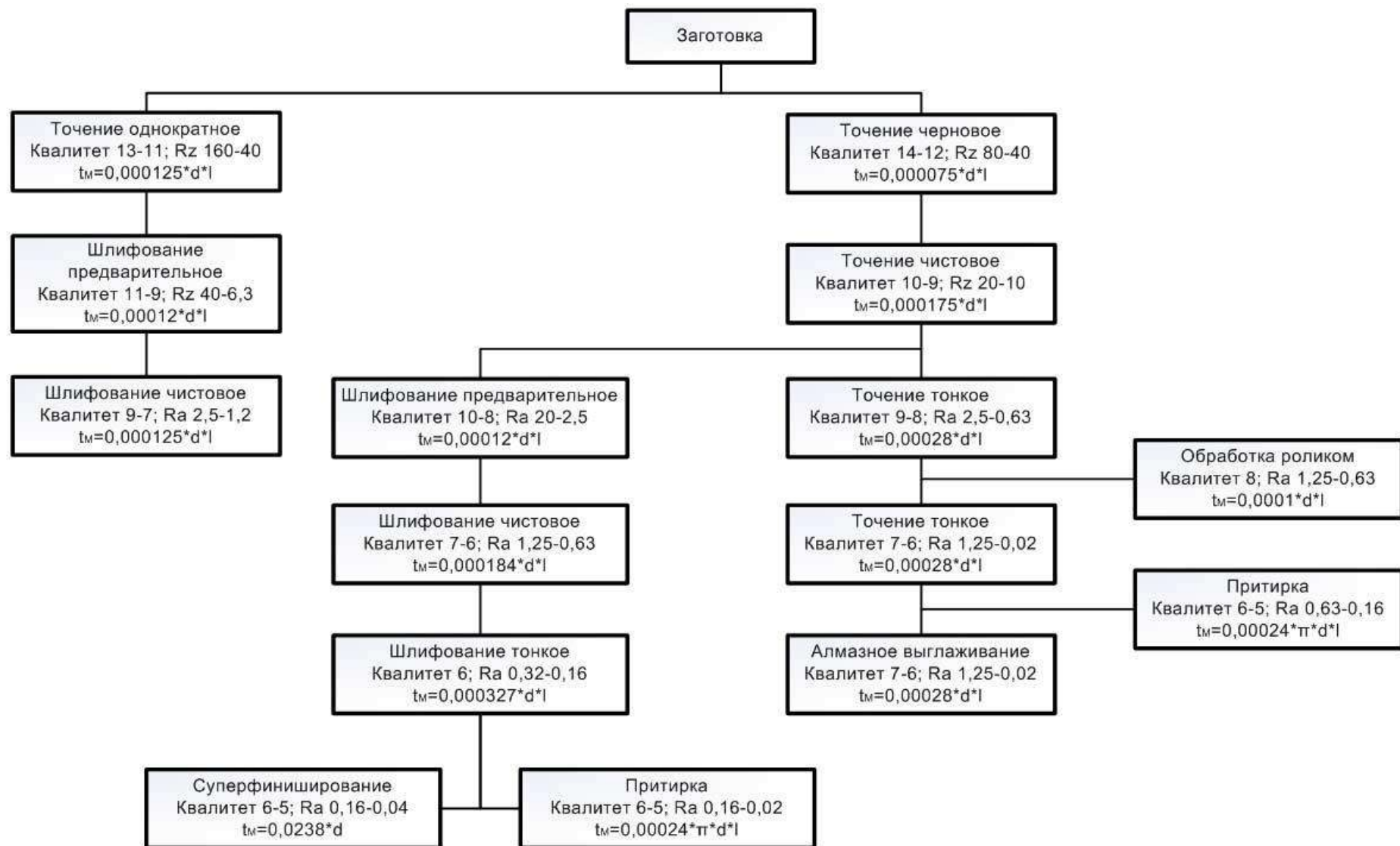


Рис. 18. Способы обработки наружных поверхностей вращения

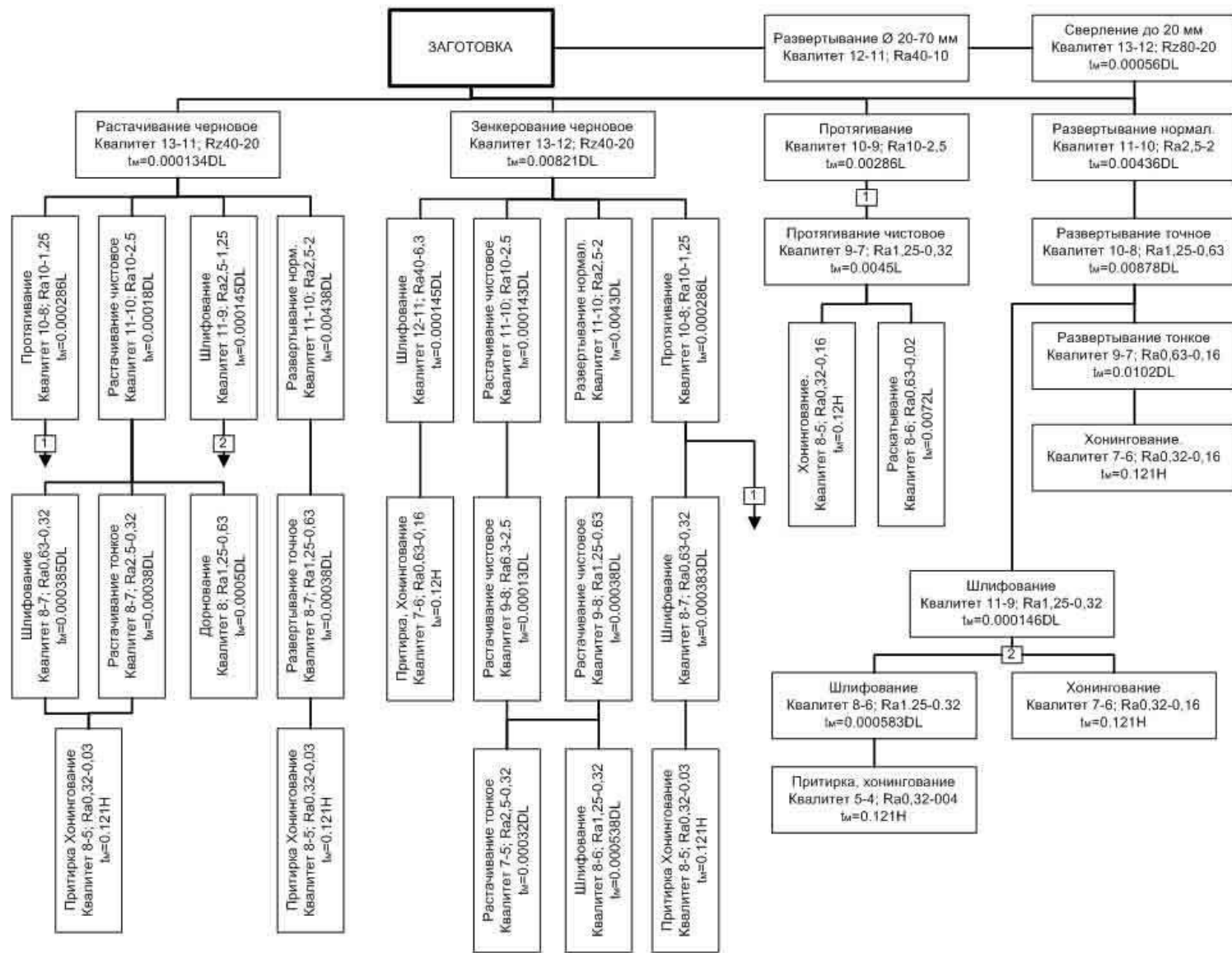


Рис. 19. Способы обработки внутренних поверхностей вращения

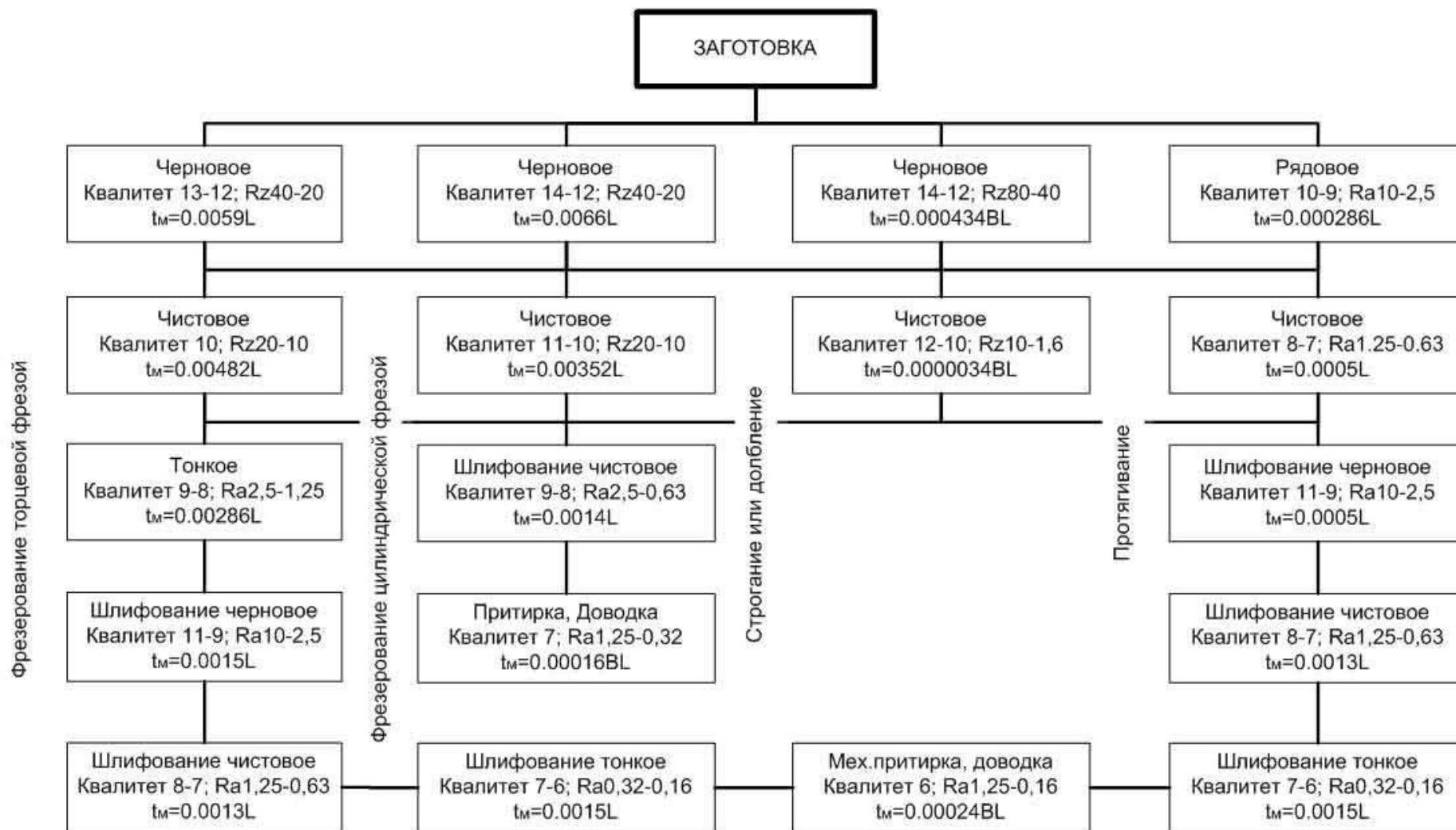


Рис. 20. Способы обработки плоских поверхностей

Число вариантов можно сократить с учетом некоторых соображений, К их числу можно отнести необходимость обработки данной поверхности на одном станке за несколько последовательных переходов (вариант 1), ограничение возможности применения других методов обработки (твердость HRC_{Σ} 45–50, вариант 2), необходимость дифференциации операций (варианты 3, 4). Из приведенных вариантов следует, что наиболее производительный способ окончательной обработки отверстия – протягивание, в условиях же серийного производства не является достаточно экономичным. Как видно из рис. 21, при партии заготовок в 200 шт. только для отверстий длиннее 80 мм протягивание оказывается экономичнее растачивания.

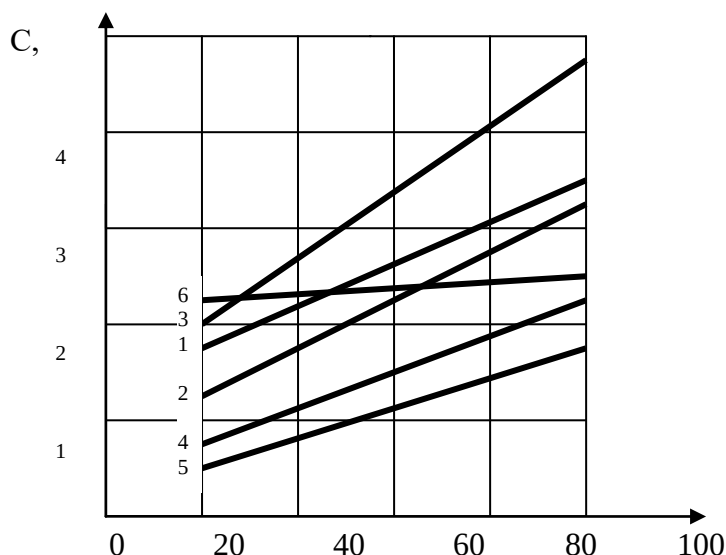


Рис. 21. Относительные затраты обработки отверстия $\text{Ø}30 \text{ H7}$ с шероховатостью $Ra \ 6,3$ в зависимости от длины l , мм:

1 – развертывание на токарном станке; 2 – шлифование; 3 – растачивание; 4 – развертывание на сверлильном станке; 5 – тонкое растачивание; 6 – протягивание.

Таким образом, окончательный выбор способа обработки отверстия из числа перечисленных производительных и экономичных способов должен производиться с учетом накладываемых ограничений, а также наличия и степени загрузки оборудования.

Пример. Выбор методов обработки $\text{Ø} 80 \text{ k6}$, $\text{Ø} 58 \text{ H7}$ (см. рис. 2).

Выбор вариантов последовательности обработки поверхности $\text{Ø} 80 \text{ k6}$ (табл. 37) и $\text{Ø} 58 \text{ H7}$ (табл. 38) осуществляем в соответствии со схемами (См. рис. 18) при этом накладываемое ограничение – твердость поверхностей HRC_{Σ} 52 – 56.

Таблица 37

Вал-шестерня. Способы обработки поверхности $\text{Ø} 80 \text{ k6}$, $Ra = 1,25$

№ п/п	Последовательность обработки	Квалитет	Шероховатость Rz , Ra , мкм	Машинное (основное) время, мин
1	Точение черновое	14-12	80 – 40	0,7
	Точение чистовое	10 – 9	20 – 10	1,7
	Термическая обработка			
	Шлифование предварит,	10 – 8	10 – 2,5	1,2
	Шлифование чистовое	7 – 6	2,5 – 0,63	1,8
				5,4

Таблица 38

Вал-шестерня. Методы обработки поверхности Ø 58 H7, Ra = 2,5

№ п/п	Последовательность обработки	Квалитет	Шероховатость Rz, Ra, мкм	Машинное (основное) время, мин
1	Растачивание черновое	13 – 11	40 – 20	0,2
	Растачивание чистовое	11 – 10	10 – 3,2	0,3
	Термическая обработка			
	Шлифование	8 – 7	1,25 – 0,32	0,7 1,2
2	Растачивание черновое	13 – 11	40 – 20	0,2
	Шлифование	11 – 9	2,5 – 1,6	0,3
	Термическая обработка			
	Шлифование	8 – 6	1,25 – 0,32	1,0 1,5
3	Растачивание черновое	13 – 11	40 – 20	0,2
	Зенкерование чистовое	11 – 10	20 – 10	0,4
	Термическая обработка			
	Шлифование	8 – 7	1,25 – 0,32	1,0 1,6
4	Растачивание черновое	13 – 11	40 – 20	0,2
	Развертывание норм,	11 – 10	2,5 – 1,6	0,8
	Развертывание тонкое	10 – 8	1,25 – 0,63	0,5
	Термическая обработка			
	Шлифование	11 – 9	2,5 – 1,6	0,3
	Шлифование	8 – 6	1,25 – 0,32	1,0 2,8
5	Растачивание черновое	13 – 11	40 – 20	0,2
	Зенкерование чистовое	11 – 10	20 – 10	0,4
	Развертывание чистовое	8 – 7	2,5 – 0,63	0,8
	Термическая обработка			
	Шлифование	8 – 6	1,25 – 0,32	1,0 2,4

4.6. Выбор технологического оборудования и средств технологического оснащения

4.6.1. Технологическое оборудование (металлорежущие станки)

Выбор технологического оборудования (станков) определяется:

- способом обработки;
- точностью и качеством обрабатываемой поверхности;
- габаритными размерами заготовок, размерами обрабатываемых поверхностей и массой заготовок;
- мощностью, потребляемой на резание;
- экономически целесообразной производительностью в соответствии с типом производства;
- стоимостью станка.

На основании технологического способа обработки выбирают тип металлорежущего станка (токарный, сверлильный, шлифовальный, зубофрезерный, фрезерный, протяжной и т. п.). Типоразмер станка определяется с учетом габаритных размеров – d и l – для токарных, сверлильных, шлифовальных; B и l – фрезерных, строгальных и плоскошлифовальных; конфигурации обрабатываемой заготовки.

В серийном производстве необходимо применять универсальные, револьверные, гидрокопировальные станки и станки с числовым программным управлением (ЧПУ). Модельные ряды станков приведены в Приложении А.

Если для разрабатываемой операции возможно применение станков двух разных моделей, которые обеспечивают равные технологические показатели обработки (производительность, точность, шероховатость, режимы и т.п.), то в этом случае следует сравнить технико-экономические показатели разработанных технологических вариантов с применением различных станков и выбрать оптимальный.

При выборе станков особое внимание следует обратить на использование станков с ЧПУ, являющихся одним из основных средств автоматизации механической обработки в мелкосерийном и серийном производствах.

Эффективность применения станков с ЧПУ существенно зависит от номенклатуры обрабатываемых деталей.

Номенклатура обрабатываемых деталей должна соответствовать следующим критериям (ограничениям):

- число деталей в партии запуска ($n > 10 - 50$), при этом больший размер относится к деталям простым и менее трудоемким;
- номенклатура обрабатываемых деталей в течение месяца не менее ($z > 10 - 40$) или не менее 240 – 480 партий деталей в год;
- повторяемость партии деталей ($n > 12$);
- вид заготовки по отраслевому классификатору продукции (ОКП) (прокат, штамповка) и неравномерность припуска в партии деталей не более 0,5 мм,
- число обрабатываемых поверхностей детали не менее 3;
- геометрическая форма детали, Наличие: ступеней – не менее 2; фасонных поверхностей – не менее 1; конических – не менее 1; резьбовых поверхностей – не менее 1; канавок – не менее 2; отверстий – не менее 1;
- наличие точно обрабатываемых поверхностей (6 – 9-й квалитет);
- шероховатость обрабатываемых поверхностей.

4.6.2. Технологическая оснастка и приспособления

Технологическая оснастка – орудия производства, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса. Оснастить рабочее место – значит снабдить его всем необходимым для производительной работы.

Приспособление (станочное) – это технологическая оснастка, предназначенная для закрепления заготовки на станке при выполнении технологической операции.

Технологическую оснастку и приспособления выбирают в зависимости от вида технологических операций на основе габаритных размеров деталей, вида заготовок, характеристики материала заготовок, точности параметров и конструктивных характеристик обрабатываемых поверхностей, влияющих на конструкцию оснастки, технологических схем базирования и закрепления заготовок, характеристику оборудования.

4.6.2.1. Приспособления для токарных и шлифовальных работ

Патроны кулачковые служат для закрепления относительно коротких деталей. При обработке сложных конструктивных форм – несимметричные детали – применяют четырех кулачковые патроны с независимым перемещением кулачков (ГОСТ 3890–82). Для зажатия тонкостенных деталей применяют самоцентрирующие четырех- и шести кулачковые патроны с механическим приводом или специальные зажимные и разжимные оправки.

Патроны цанговые (ГОСТ 2877–80) с ручным и пневмоприводом применяют при обработке небольших по диаметру деталей (до 100 мм). Они обеспечивают зажатие

деталей по внутренней и наружной поверхностям . Для зажатия по наружному диаметру к цанговому патрону прилагается комплект сменных цанг, позволяющих производить закрепление детали в определенных интервалах размеров. Цанги используются на чистовых операциях и обеспечивают повышение производительности труда по сравнению с применением кулачков.

4.6.2.2. Приспособления для фрезерных и сверлильных работ

Основными приспособлениями для фрезерных работ являются тиски , столы (стойки) , плиты, а также универсально-переналаживаемая оснастка (УСП), включающая плиты с подналадкой и различные подставки.

Наиболее распространенными являются тиски (ГОСТ 16518–96, ГОСТ 20746–84, ГОСТ 21167–75 - 21168–75). Они относятся к группе универсальных приспособлений. Их переналадка заключается в установке сменных губок и базовых элементов, проектируемых и изготавливаемых в соответствии с формой и размерами обрабатываемых деталей. Тиски характеризуются шириной и высотой зажимаемых губок, а также расстоянием между ними и усилием зажатия. Именно эти параметры и принимаются во внимание при выборе определенного типоразмера тисков для обработки детали. Для фрезерования поверхностей под углом используются тиски станочные поворотные .

Тиски станочные эксцентриковые применяются для закрепления заготовок при сверлении и фрезеровании деталей из цветных сплавов, небольших стальных деталей в пределах 50 мм. Они рассчитаны на небольшие усилия зажима и своим быстроедействием сокращают вспомогательное время при закреплении заготовок.

Тиски самоцентрирующие механические, используют в качестве узлов переналаживаемой оснастки, при фрезерных и сверлильных работах в том случае, если обрабатываемую деталь необходимо сцентрировать – обработка осевых пазов, снятие лысок, сверление отверстий по оси. Большинство из них имеет губки в виде призмы, что дает возможность зажимать детали типа тел вращения.

Тиски механические с плавающими губками, применяют при установке детали на торец с базированием по отверстию, а также в качестве одного из узлов переналаживаемых фрезерных и токарных приспособлений.

Поворотные столы и стойки (ГОСТ 16936–71), различаются расположением оси вращения – стол вращается в горизонтальной, а стойка в вертикальной плоскостях – и характеризуется диаметром и высотой стола или шириной стойки. Абсолютное большинство столов (стоек) имеет поворотные диски с сеткой Т-образных пазов с определенным шагом и центральное базовое отверстие, которое в ряде случаев дополняется конусом Морзе. Указанные конструктивные элементы столов (стоек) служат для установки и закрепления подкладок, к которым крепится обрабатываемая деталь.

Для фрезерования радиусных поверхностей применяют *столы поворотные дуговые*, основными конструктивными элементами которых являются основание и поворотная плита, перемещаемая винтом по определенному радиусу посредством поворотного сухаря с резьбовым отверстием. На поверхности плиты имеется сеть Т-образных пазов для крепления смежных наладок для закрепления обрабатываемой детали.

Стол поворотный универсальный угловой заменяют различные угловые подставки, обеспечивающие обработку поверхностей только под одним углом, относительно горизонтальной плоскости.

Для расточных работ применяют *столы координатные универсальные*. Точность перемещения детали в двух взаимно перпендикулярных направлениях $\pm 0,05$ мм.

Кондукторы (ГОСТ 16889–71 - 16891–71) применяют при обработке деталей на станках сверлильной группы при сверлении, зенкеровании, развертывании и цековки отверстий, а также зенкования фасок.

Кондукторы накладные служат для обработки отверстий на плоских поверхностях деталей типа панелей плит, фланцев, плат и т.п. Для обработки отверстий определенного размера, накладные кондукторы имеют быстросменные (ГОСТ 18432–73) и сменные (ГОСТ 18431–73) втулки, применяемые также при нарезании резьбы метчиками. Крепление кондукторов на деталях обеспечивается специальными прихватами, прижимами или струбцинами. На поверхности деталей они часто базируются двумя технологическими отверстиями, куда входят пальцы кондуктора.

Для обработки отверстий в вертикальной плоскости используется *скальчатые кондукторы*. Они состоят из основания и кондукторной плиты с жестко закрепленными направляющими колонками (скалками), которые перемещаются в вертикальном направлении. К основанию и плите кондуктора крепятся сменные накладки, необходимые для базирования и зажатия детали.

Наладка кондукторной плиты включает сменные втулки (ГОСТ 18431–73), соответствующие диаметру обрабатываемого отверстия. Основными механическими характеристиками скальчатых кондукторов являются площадь базовой поверхности основания, за которую не должны выходить габаритные размеры детали, и высота подъема кондукторной плиты, определяющая предельную высоту обрабатываемой детали.

При сверлении отверстий под различными углами применяют *угловые кондукторы*. Они, как правило, проектируются и изготавливаются для обработки отверстий в определенной детали и являются узкоспециализированными.

Универсально-сборная и переналаживаемая оснастка широко применяется при фрезерных, токарных и сверлильных работах на универсальном оборудовании и на станках с ЧПУ. Характерной особенностью универсально-сборной и переналаживаемой оснастки (УСП, УНП, СРП, СНЛП УСПО) является наличие базовой плиты или основания, имеющих шахматную сетку пазов и крепежных отверстий для установки и закрепления элементов собираемых приспособлений. В пазах с помощью шпонок устанавливаются различные базовые угольники, стойки и другие элементы универсально-сборной и переналаживаемой оснастки. При обработке длинных плоских деталей на этих плитах устанавливаются базовые упоры и подбирается зажимные прихваты, которые в процессе работ могут переставляться при обработке мест зажима.

К приспособлениям функционально-универсальным и прочим относятся плиты магнитные универсальные (ГОСТ 16523–97, патроны магнитные (ГОСТ 24558–81) и оправки.

Плиты магнитные применяются при шлифовальных, а также слесарных работах для плоских деталей, имеющих соотношение между высотой и другими габаритными размерами в пределах 1:50 – 1:100. Длина и ширина детали не должны выходить за габаритные размеры плит.

Для чистовых операций на токарных и шлифовальных станках при обработке деталей типа тел вращения применяют *магнитные патроны*, которые имеют посадочные места под устанавливаемую деталь.

Магнитные плиты являются основным типом приспособлений для закрепления деталей, применяемых на плоскошлифовальных станках.

При обработке на токарных и фрезерных станках деталей типа вращения с диаметром до 100 мм, имеющих отверстие по оси детали, находят широкое применение *оправки*. Они могут быть гладкие, конусные, резьбовые, шлицевые и шпоночные.

Оправка обычно садится на конус Морзе шпинделя станка или устанавливается в центрах.

Цанговые оправки разделяются на подвиды: для зажатия по наружному и внутреннему диаметру детали. В цанговых оправках первого типа зажатие детали происходит за счёт взаимодействия наружного конуса цанги и внутреннего конуса втулки, которая находится сверху цанги. Перемещаться могут как втулка, так и цанга. В оправках второго типа конус втулки через внутреннюю конусную часть цанги разжимает ее и закрепляет деталь по имеющемуся отверстию.

Основные стандартные приспособления приведены в Приложении Г.

4.6.3. Режущий инструмент

Режущий инструмент выбирают с учетом:

- способа обработки;
- максимального применения нормализованного и стандартизованного инструмента;
- размеров обрабатываемых поверхностей и размеров станка;
- точности обработки и качества поверхности;
- промежуточных размеров и допусков на эти размеры;
- обрабатываемого материала;
- стойкости инструмента, его режущих свойств и прочности;
- стадии обработки (черновая, чистовая, отделочная);
- стоимости инструмента;
- типа производства.

Размеры мерного режущего инструмента (зенкеры, развертки, протяжки и т.п.), определяют исходя из промежуточных размеров обработки; размеры других инструментов (резцы расточные, борштанги и т.д.) – из расчета на прочность и жесткость.

Основные виды режущего инструмента классифицируются по разным признакам, главные из которых – назначение и способ крепления. Они подробно освещены и приведены в Приложении Г.

4.6.4. Вспомогательный инструмент

Из-за несовпадения установочных поверхностей и элементов режущего инструмента и соответствующих посадочных мест станка необходим промежуточный элемент между ними – вспомогательная технологическая оснастка. К такой оснастке относится вспомогательный инструмент. Вспомогательный инструмент выбирают к станку по уже выбранному режущему инструменту для данного технологического перехода. Вспомогательный инструмент должен иметь с одной стороны установочные поверхности и элементы крепления, соответствующие режущему инструменту, а с другой – поверхности установки и элементы крепления, соответствующие посадочным местам станка. К вспомогательному инструменту относятся:

- для резцов – резцедержатели;
- для насадных фрез – оправки;
- для концевых фрез – цанговые патроны, переходные втулки;
- для осевого инструмента с коническим хвостовиком – переходные втулки;
- для осевого инструмента с цилиндрическим хвостовиком – сверлильные патроны, в том числе и быстросменные;
- для метчиков и плашек – специальные патроны;

– для расточных резцов – оправки и борштанги.

Большинство вспомогательного инструмента стандартизовано и приведено в Приложении Г.

Порядок выбора вспомогательного инструмента:

- определить конструкцию режущего инструмента, форму и конструктивные особенности его установочных поверхностей и элементов крепления;
- установить вид и характер посадочного места данного станка, форму установочных поверхностей, особенности элементов и требуемый характер крепления;
- сравнить установочные поверхности и элементы крепления режущего инструмента и посадочного места станка;
- подобрать по стандартам вспомогательный инструмент, который по своим данным являлся бы согласующим промежуточным звеном между ними. При отсутствии стандартного инструмента – спроектировать вспомогательный инструмент;
- проверить соответствие выбранного вспомогательного инструмента характеру выполняемого перехода операции технологического процесса.

4.6.5. Средства технического контроля

Контроль – определение как количественных, так и качественных характеристик изделия, в данном случае, – детали.

Средства контроля (измерительные средства) – это технические устройства, используемые при измерениях и имеющие нормируемые метрологические характеристики.

Правила выбора средств технического контроля основывается на обеспечении заданных показателей процесса контроля и анализа затрат на его осуществление.

Средства технического контроля выбирают с учетом:

- точности измерений;
- достоверности контроля;
- стоимости и трудоемкости контроля;
- типа производства;
- конструктивных характеристик измеряемых деталей;
- удобства работы и требований безопасности.

Стандартные средства измерения приведены в Приложении Г.

4.7. Разработка технологического процесса

4.7.1. Типовые технологические процессы

Одной из характерных особенностей стандартизации при конструировании транспортных и технологических машин и оборудования в машиностроении, в том числе и лесном машиностроении, состоит в том, что заданные машины необходимо разрабатывать исходя не только из чисто технических условий, но и из совокупности признаков, характерных для всего ряда смежных типов и размеров. Детали и узлы конструктивно нормализованного ряда позволяют использовать преемственность повторяющихся конструктивных признаков в машинах. Широкая унификация деталей машин обуславливает применение более эффективных методов производства за счет типизации технологических процессов и является основой ускорения технологической подготовки производства.

В основу разработки типовых технологических процессов положена конструктивно-технологическая классификация, предусматривающая систематизацию деталей и узлов по основным признакам как конструктивного, так и технологического подобию. Классификация деталей является первым этапом по созданию типовой технологии. Для деталей транспортных и технологических машин ее проводят на основе технологических классификаторов. В основе классификационных признаков для деталей транспортных и технологических машин выбирают геометрическую форму, конструктивную характеристику отдельных элементов, взаимное расположение элементов, наименование, выполняемую функцию.

Базой транспортных и технологических машин и оборудования лесного комплекса является гусеничная или колесная базы.

Валы транспортных и технологических машин характеризуются цилиндрической формой при длине значительно превышающей основной диаметр. К этим валам относятся ступенчатые и гладкие (коробок перемены передач, торсионные и др.), пустотелые, эксцентриковые (балансиры, кривошипы), кулачковые, коленчатые. Смещение центров при обработке шатунных шеек коленчатого вала или обточка кулачков и эксцентриков распределительных валов не изменяют основную схему технологического процесса изготовления деталей этого подкласса.

Цилиндрические, конические и червячные *зубчатые колеса*, чашки дифференциалов, ведущие колеса, опорные и направляющие катки транспортных и технологических машин на гусеничной базе, ступицы машин на колесной базе, тормозные барабаны, корпуса и фланцы планетарных коробок, кольца включения, фрикционные диски и другие относятся к деталям, характерным признаком которых является отношение высоты и основного диаметра. Поэтому главными поверхностями обработки таких деталей являются торцы, цилиндрические наружные и внутренние поверхности, обрабатываемых на различных станках токарной группы.

Рычаги, вилки, шатуны, стойки, кронштейны относятся к деталям, у которых наружная поверхность образована сочетанием элементов различной геометрической формы. В транспортных и технологических машинах к рычагам и вилкам относятся рычаги рулевого управления, рычаги подвески, вилки переключения передач, вилки карданных валов, рычаги амортизаторов, балки передней оси машин на колесной базе. Главными поверхностями при обработке таких деталей являются площадки на концах стержня и отверстия на этих площадках.

К *корпусным* деталям относят литые или сварные детали коробчатого типа, представляющие собой основу для пространственного координирования и кинематической связи деталей и узлов, монтируемых в них. В транспортных и технологических машинах – это корпуса коробок передач, редукторов ведущего, промежуточного и задних мостов и другие. Главными поверхностями при обработке корпусных деталей являются плоскости и основные отверстия, а также обработка мелких отверстий и нарезание в них резьбы.

4.7.1.1. Типовой технологический процесс изготовления валов

К валам относят детали, образованные наружными и внутренними поверхностями вращения; имеющими одну общую прямолинейную ось при отношении длины цилиндрической части к наибольшему наружному диаметру более двух (рис. 22).

Валы классифицируются по различным признакам.

По форме наружных поверхностей:

- бесступенчатые;
- ступенчатые;

– с фасонными частями (конусами, шлицами, фланцами, зубчатыми венцами, кулачками, рейками и т.п.).

По форме внутренних поверхностей:

– сплошные;

– полые.

По соотношению размеров:

– жесткие;

– нежесткие.

Жесткими считаются валы, у которых отношение длины к диаметру (l/d) не превышает 10 – 12. Валы с большим соотношением называют нежесткими

Особую группу составляют коленчатые, кулачковые валы, шпиндели и крупные валы (диаметром более 200 мм и массой более 1 т.).

Основные **технологические задачи** при обработке валов следующие:

– выдержать: точность и шероховатость поверхностей (5 – 7 квалитет; шероховатость Ra 0,03 – 2,5 мкм); прямолинейность общей оси; концентричность поверхностей вращения; соосность резьб с наружными поверхностями или точными внутренними цилиндрическими отверстиями;

– получить глубокие центральные отверстия, соосные наружной поверхности в пустотелых валах (допускаемые отклонения $\pm 0,02$) с радиальным биением шеек и торцовым биением торцов 0,02 – 0,03;

– выполнить шпоночные канавки и шлицы, параллельные оси вала (допускаемое отклонение 0,03 на длине 100мм).

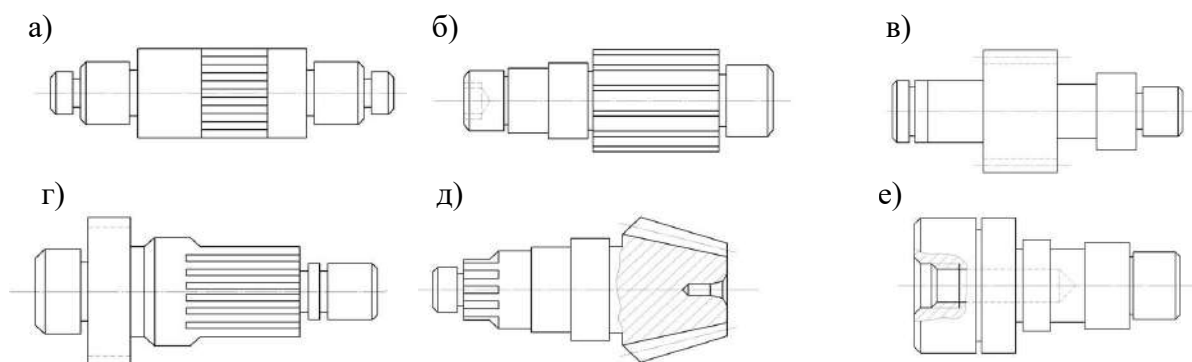


Рис. 22. Типичные ступенчатые валы:

а – ступенчатый вал без шлицев и зубчатого венца; б – шлицевой вал; в – вал-шестерня без шлицев; г – вал-шестерня со шлицами; д – вал-шестерня коническая со шлицами; е – полый ступенчатый вал

Материалом для валов служат стали следующих марок: А12, 20, 20Л, 25, 30, 35, 40, 45, 45Г2, 20Х, 35Х, 40Х, 35ХС, 40ХС, 35СГ, 18ХГТ, 20ХН3А, 30ХН3, 35ХН3М, 45ХН2МФ и др.

В большинстве случаев **заготовками** для валов служит прокат. Заготовки отрезают из прокатного материала фрикционными и дисковыми пилами, абразивными кругами, резцом и др. Для валов, диаметры ступеней которых отличаются больше чем на 10 мм, заготовки отрезают из проката и затем куют под молотами или штампуют в подкладных или закрытых штампах. Главное требование к заготовкам – прямолинейность, которая не должна выходить за пределы 0,1–0,15 мм на 1м длины. Поэтому прокат перед отрезкой заготовок подвергают правке на специальных правильно-калибровочных станках и др.

Основные **технологические базы** - преимущественно центровые отверстия, центровые фаски для пустотелых валов.

Основные операции при обработке гладких и ступенчатых валов – это центрование, обточка на токарных станках, шлифование посадочных поверхностей, доводка поверхностей.

Таблица 39

Маршрутный технологический процесс обработки ступенчатых валов

№	Операция		Оборудование	Технологическая база
	Наименование	Содержание		
000	Заготовительная Правильная Отрезная Термическая	Правка прутка	Правильно-калибровочная машина	Наружная поверхность
		Разрезание прутка по длине	Токарный, отрезной станки. Ножницы. Ножовка.	Наружная поверхность
010	Фрезерно-центровальная. Токарная	Фрезерование (подрезание) торцов и центрование (Подготовка технологических баз)	Фрезерно-центровальный или токарный станки	Наружная поверхность
015	Токарная	Черновая и чистовая токарная обработка	Токарный станок	Центровые отверстия
020	Фрезерная	Фрезерование шпоночных канавок, лысок, уступов	Фрезерный станок (шпоночно-фрезерный)	Центровые отверстия, шейки вала
025	Сверлильная.	Сверление отверстий, нарезание резьбы	Сверлильный станок	Шейки вала
030	Шлицефрезерная	Черновая, чистовая обработка шлицев	Шлицефрезерный станок	Центровые отверстия
035	Зубообрабатывающая	Черновое, чистовое нарезание зубьев	Зубофрезерный станок	Центровые отверстия
040	Термическая	Термообработка	Печь, установка ТВЧ	Центровые отверстия
045	Токарная. Шлифовальная	Зачистка, центровых отверстий	Токарный. Центрошлифовальный	Центровые отверстия
050	Шлифовальная	Шлифование опорных шеек	Шлифовальный станок	Центровые отверстия
055	Шлицешлифовальная	Обработка боковых поверхностей шлицев и центрирующих диаметров шлицевой части вала	Шлицешлифовальный, круглошлифовальный станки	Центровые отверстия
060	Зубообрабатывающая	Отделка зубьев		Центровые отверстия
065	Моечная			
070	Контрольная			

Основные схемы базирования.

Основными конструкторскими базами большинства валов являются поверхности опорных шеек. Однако использовать их в качестве технологических баз для обработки наружных поверхностей на всех операциях затруднительно. Для условия сохранения единства и постоянства баз за технологические базы принимают поверхности центровых отверстий (ГОСТ 14034–74). Для исключения погрешности базирования при выдерживании длин ступеней от торца вала необходимо в качестве опорной технологической базы использовать торец заготовки. С этой целью заготовку устанавливают на плавающий передний центр.

Передача крутящего момента при установке вала в центрах осуществляется с помощью поводкового патрона (ГОСТ 2571–71) или хомутика (ГОСТ 2578–70).

Основные операции механической обработки

Заготовительная.

Для заготовок из проката: рубка прутка на прессе или резка прутка на фрезерно-отрезном или другом станке. Для заготовок, получаемых методом пластического деформирования, штамповать или ковать заготовку.

Правильная (применяется для проката). Правка заготовки на прессе или другом оборудовании. В массовом производстве может производиться до отрезки заготовки. В этом случае правится весь прутки на правильно-калибровочном станке.

Термическая.

Улучшение, нормализация.

Подготовка технологических баз.

Операцию обработки торцов и сверление центровых отверстий в зависимости от типа производства производят:

- в единичном производстве подрезку торцов и центрование на универсальных токарных станках последовательно за два установа с установкой заготовки по наружному диаметру в патроне;

- в серийном производстве подрезку торцов выполняют отдельно от центрования на продольно-фрезерных или горизонтально-фрезерных станках, а центрование – на одностороннем или двустороннем центровальном станке. Применяются фрезерно-центровальные полуавтоматы последовательного действия с установкой заготовки по наружному диаметру в призмы и базированием в осевом направлении по упору;

- в массовом производстве применяют фрезерно-центровальные станки барабанного типа, которые одновременно фрезеруют и центруют две заготовки без съема их со станка.

Форму и размеры центровых отверстий назначают в соответствии с их технологическими функциями по ГОСТ 14034–74 (см. табл. 2)

Для нежестких валов (отношение $l/d > 12$) - обработка шеек под люнеты.

Токарная (черновая).

Выполняется за два установа на одной операции (единичное производство) или каждый установ выполняется как отдельная операция.

Производится точение наружных поверхностей (с припуском под чистовое точение) и канавок. Это обеспечивает получение точности IT 12, шероховатости $Ra = 6,3$. В зависимости от типа производства операцию выполняют: в единичном производстве на токарно-винторезных станках; в мелкосерийном – на универсальных токарных станках с гидросуппортами и станках с ЧПУ; в серийном – на копировальных станках, горизонтальных многорезцовых, вертикальных одношпиндельных полуавтоматах и станках с ЧПУ; в крупносерийном и массовом – на многошпиндельных многорезцовых полуавтоматах; мелкие валы могут обрабатываться на токарных автоматах.

Токарная (чистовая).

Аналогична приведенной выше. Производится чистовое точение шеек (с припуском под шлифование). Обеспечивается точность 11 – 10 квалитет, шероховатость $Ra = 3,2$.

Фрезерная.

Фрезерование шпоночных канавок, шлицев, зубьев, всевозможных лысок.

Шпоночные пазы в зависимости от конструкции обрабатывают дисковой фрезой (если паз сквозной) на горизонтально-фрезерных станках, пальцевой шпоночной фрезой (если паз глухой) на вертикально-фрезерных станках. В серийном и массовом производствах для получения глухих шпоночных пазов применяют шпоночно-фрезерные полуавтоматы, работающие «маятниковым» методом.

Технологическая база – поверхности центровых отверстий или наружные цилиндрические поверхности вала. При установке на наружные цилиндрические поверхности вала (на призмы) возникает погрешность базирования, связанная с колебаниями диаметров установочных шеек вала в партии.

Шлицефрезерная.

Шлицевые поверхности на валах чаще всего получают обкатыванием червячной фрезой на шлицефрезерных или зубофрезерных станках с установкой вала в центрах. При диаметре шейки вала более 80 мм шлицы фрезеруют за два рабочих хода.

Сверлильная.

Сверление всевозможных отверстий.

Резьбонарезная.

На закаливаемых шейках резьбу изготавливают до термообработки. Если вал не подвергается закалке, то резьбу нарезают после окончательного шлифования шеек (для предохранения резьбы от повреждений). Мелкие резьбы у термообрабатываемых валов получают сразу на резьбошлифовальных станках.

Внутренние резьбы нарезают машинными метчиками на сверлильных, револьверных и резьбонарезных станках в зависимости от типа производства.

Наружные резьбы нарезают:

- в единичном и мелкосерийном производствах на токарно-винторезных станках плашками, резьбовыми резцами или гребенками;
- в мелкосерийном и серийном производствах резьбы не выше 7-ой степени точности нарезают плашками, а резьбы 6-ой степени точности - резьбонарезными головками на револьверных и болторезных станках;
- в крупносерийном и массовом производствах - гребенчатой фрезой на резьбофрезерных станках или накатыванием.

Термическая.

Закалка объемная или местная согласно чертежу детали.

Токарная. (Центрошлифовальная).

Исправление центровых отверстий (центрошлифовальная). Перед шлифованием шеек вала центровые отверстия, которые являются технологической базой, подвергают исправлению путем шлифования конусным кругом на центрошлифовальном станке за два установа или притираются на токарных станках.

Шлифовальная.

Шейки вала шлифуют на круглошлифовальных или бесцентрово-шлифовальных станках.

Шлицешлифовальная.

Шлицы шлифуются в зависимости от центрирования:

- при центрировании по наружной поверхности – наружное шлифование на круглошлифовальных станках и шлифование боковых поверхностей на шлицешлифовальном полуавтомате с делением;
- при центрировании по поверхности внутреннего диаметра – шлифование боковых поверхностей шлицев и шлифование внутренних поверхностей по диаметру профильным кругом.

Моечная.

Контрольная.

Нанесение антикоррозионного покрытия.

Операционные эскизы маршрутного технологического процесса изготовления валов представлен в табл. 40, 41.

Таблица 40

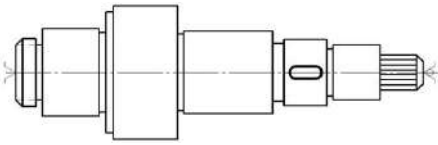
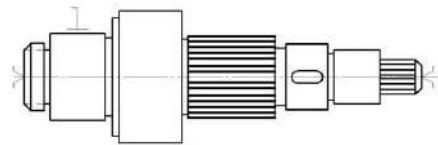
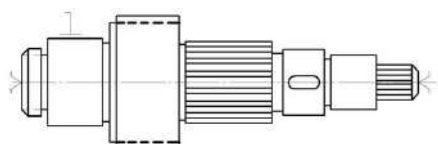
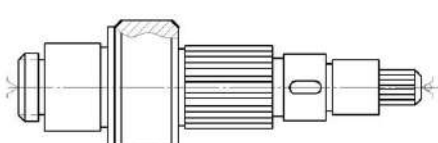
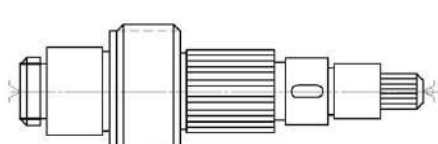
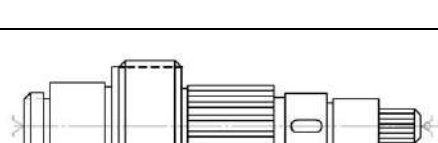
Маршрутный технологический процесс изготовления вала длиной до 120 мм

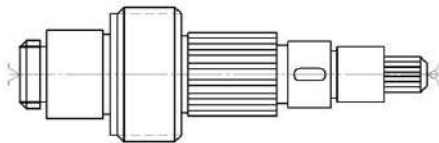
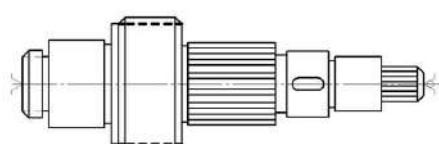
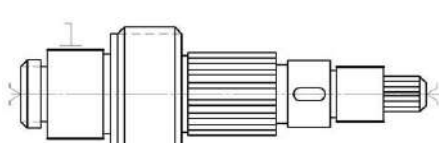
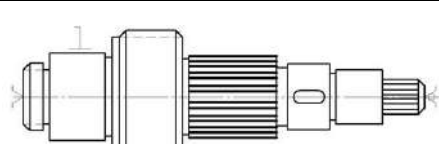
Операция			
П/п	Наименование	Содержание	Операционный эскиз
000	Заготовительная	Прокат	
005	Токарная	Обтачивание с припуском под шлифование, снятие фасок и отрезка в размер по длине.	
010	Шлифовальная	Шлифование шеек вала (черновое)	
015	Фрезерная	Фрезерование шпоночных канавок	
020	Сверлильная	Сверление продольных (осевых) и поперечных (радиальных) отверстий	
025	Термическая		
030	Шлифовальная	Окончательное шлифование шеек вала.	
035	Контрольная		

Таблица 41

Маршрутный технологический процесс изготовления валов диаметром 30 0 80 мм и длиной от 120 до 500 мм

Операция			
П/п	Наименование	Содержание	Операционный эскиз
000	Заготовительная	Штамповка. (Прокат)	
005	Фрезерно-центровальная	Фрезерование торцов и центрование	
010	Токарная	Черновая обработка поверхностей (два установка)	
015	Токарная	Чистовая обработка поверхностей (два установка)	
020	Накатная	Накатывание рифлений	
025	Круглошлифовальная	Шлифование предварительное	

030	Фрезерная	Фрезерование шпоночных канавок	
035	Шлицефрезерная (Фрезерная)	Нарезание шлицев	
040	Зубофрезерная	Нарезание зубьев	
045	Зубозакругляющая	Закругление зубьев	
050	Токарная (Резьбофрезерная)	Нарезание резьбы	
055	Химико-термическая		
060	Шевинговальная	Шевингование зубьев	

065		Калибровка резьбы	
070	Термическая	Закалка Закалка ТВЧ	
075	Токарная (Центрошлифовальная)	Притирка (шлифование центров)	
080	Обкаточная	Обкатка зубьев	
085	Круглошлифовальная	Шлифование шеек вала	
090	Шлицешлифовальная	Шлифование шлицев	
095	Контрольная		

4.7.1.2. Типовой технологический процесс изготовления втулок

К втулкам относят детали, образованные наружными и внутренними поверхностями вращения, имеющими одну общую прямолинейную ось при отношении длины цилиндрической части к наибольшему наружному диаметру более 0,5 и менее или равное 2 (рис. 23).

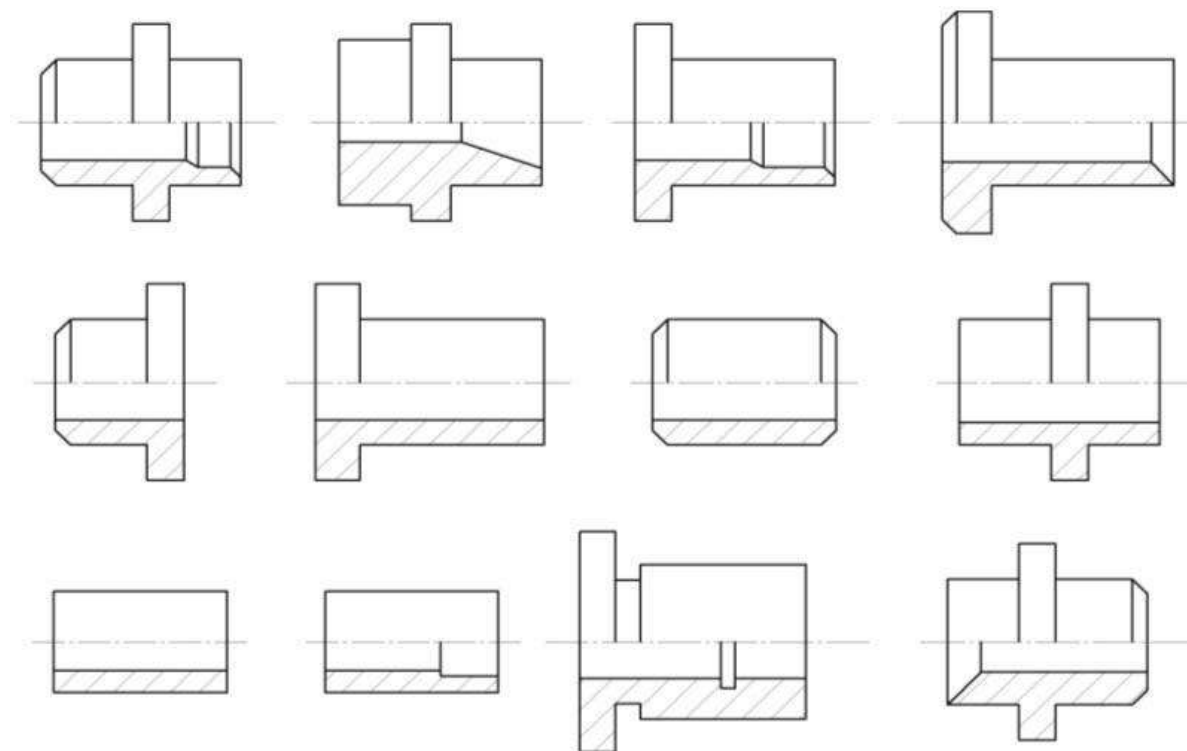


Рис. 23. Типичные детали класса втулки

Основные технологические задачи:

- обеспечение точности и концентричности наружных поверхностей относительно отверстия (точность 7–9 квалитет; шероховатость поверхности отверстия $Ra\ 1,25\ldots 0,32\ \mu\text{м}$; наружной - $Ra\ 2,5\ldots 0,63\ \mu\text{м}$);
- обеспечение перпендикулярности торцов к оси отверстия ($0,015\text{--}0,020\ \text{мм}$ на диаметре 100 мм);
- достижение точности взаимного расположения поверхностей (радиальное биение $0,01\text{--}0,03$) и точности формы (отклонение от круглости и профиля продольного сечения в пределах допуска на размер).

Материалом для втулок служат:

- стали различных марок 20, 20Х, 40Х, 12ХН4А, 40ХФА, 38Х2МЮА, У8, У10, У10А, У12, У13А и др.;
- чугуны СЧ15, СЧ18, СЧ20, КЧ35-10, КЧ55-4, ВЧ60-2, КЧ60-3;
- бронзы, латуни ЛС59-1, ЛЖМц59-1-1, ЛАЖ-60-1-1Л, ЛС59-1С, БрАЖН10-4-4, БрАМц10-2, БрОЦС4-4-17;
- цинковые и алюминиевые сплавы ЦАМ10-1.5, АЛ-11, Д16, Д16П, а также специальные сплавы, биметалл, пластмасса и металлокерамика.

Типовой технологический процесс обработки втулок приведен в табл. 42.

Таблица 42

Маршрутный технологический процесс обработки втулок

№	Операция		Оборудование	Технологическая база
	Наименование	Содержание		
000	Заготовительная			
005	Токарная	Подрезка торца у прутка. Зацентровка, сверление отверстия. Обтачивание наружной поверхности. Растачивание или зенкерование отверстия; чистовое обтачивание наружной поверхности со снятием фаски на свободном торце. Черновое и чистовое развертывание	Токарно-винторезный; токарно-револьверный	Наружная поверхность
010	Токарная	Снятие фасок с противоположного торца втулки	Токарный	Наружная поверхность
015	Термическая обработка			
020	Внутришлифовальная	Шлифовать отверстие	Внутришлифовальный	Наружная поверхность
025	Круглошлифовальная	Шлифовать наружную поверхность и торец	Круглошлифовальный	Отверстие и торец
030	Моечная			
035	Контрольная			

Заготовки можно отрезать от прокатанных прутков, труб (сталь, латунь), отлитых прутков небольшой длины (чугун, бронза); штучные заготовки - литье в землю или в кокиль (чугун, бронза, специальные сплавы), штучные кованные или штампованные (сталь, бронза). Кроме того, втулки можно прессовать из порошков.

Основные **технологические базы** - обработанное отверстие или наружная поверхность.

Задача обеспечения concentricity поверхностей и перпендикулярности оси и торца решается обработкой:

- наружных и внутренних поверхностей и торцов за один установ;
- всех поверхностей за два установка или за две операции с базированием при окончательной обработке отверстия по наружной поверхности;
- всех поверхностей за два установка или за две операции с базированием при окончательной обработке наружной поверхности по отверстию.

Основные схемы базирования.

Технологические маршруты обработки втулок в зависимости от их точности и конфигурации строятся по одному из трех вариантов.

Вариант 1. Обработка наружных поверхностей, отверстий и торцов за один установ. Применяется для изготовления мелких втулок, не обработанных термически, из прутка или трубы на токарно-револьверных автоматах, одношпиндельных или многошпиндельных токарных автоматах. Технологическая база – наружная поверхность и торец прутка.

Вариант 2. Обработка всех поверхностей за два установка или за две операции с базированием при окончательной обработке наружной поверхности по отверстию (обработка от центра к периферии). Применяется в тех случаях, когда точность внутреннего отверстия задана чертежом выше, чем наружной поверхности. В этом случае порядок черновых переходов строго не регламентируется. При чистовой обработке сначала обрабатывается отверстие. Обработанное отверстие

принимается за технологическую базу (при помощи оправки) и окончательно обрабатывается наружная поверхность.

Вариант 3. Обработка всех поверхностей за два установа или за две операции с базированием при окончательной обработке по наружной поверхности (обработка от периферии к центру). Применяется в случаях, когда точность наружных поверхностей по чертежу выше, чем у внутреннего отверстия. Порядок черновых переходов - любой. При чистовой обработке сначала обрабатывается наружная поверхность. Эта поверхность принимается за технологическую базу (в патроне) и обрабатывается внутреннее отверстие.

При выборе схемы базирования следует отдавать предпочтение базированию по отверстию (обработка от центра к периферии).

Основные операции механической обработки.

Вариант 1. Обработка из прутка за один установ.

Токарная.

Подрезка торца у прутка, подача прутка до упора, зацентровка торца под сверление, сверление отверстия, точение черновое наружной поверхности со снятием фасок на свободном торце, точение канавок, предварительное развертывание, окончательное развертывание, отрезка. При обработке втулки из трубы вместо сверления производят зенкерование или растачивание отверстия. Выполняется на токарно-револьверном, одношпиндельном или многошпиндельном токарном автомате.

Сверлильная.

Снятие фасок с противоположного торца втулки на вертикально-сверлильном или токарном станке.

Сверлильная.

Сверление отверстий, нарезка резьбы на вертикально - или радиально-сверлильном станке. В зависимости от заданной точности могут быть отдельными операциями.

Моечная.

Контрольная.

Нанесение антикоррозионного покрытия.

Вариант 2. Обработка из индивидуальной заготовки от центра к периферии

Заготовительная.

Резка заготовки из проката, трубы или штамповка.

Токарная.

В зависимости от типа производства выполняется за одну операцию и два установа (единичное) или за две операции (серийное и массовое).

Установ А (базирование по наружной поверхности и торцу в патроне) – подрезка свободного торца, сверление и зенкерование или растачивание отверстия (с припуском под шлифование), растачивание канавок и фасок.

Установ Б (базирование по отверстию и торцу на оправке) – подрезка второго торца, точение наружных поверхностей (с припуском под шлифование), точение канавок и фасок.

В зависимости от типа производства операция выполняется:

- в единичном – на токарно-винторезных станках;
- в серийном – на токарно-револьверных станках и станках с ЧПУ;

Сверлильная.

Сверление, зенкерование отверстий, нарезка резьбы. Производится на вертикально-сверлильных, радиально-сверлильных станках, сверлильных станках с ЧПУ, агрегатных станках.

Термическая.

Закалка согласно чертежу.

Внутришлифовальная.

Шлифование отверстия на внутришлифовальном станке.

Деталь базируется по наружному диаметру и торцу в патроне.

Круглошлифовальная.

Шлифование наружных поверхностей и торцов на круглошлифовальном или торцекруглошлифовальном станках.

Технологическая база – отверстие (на оправке).

Моечная.**Контрольная.****Нанесение антикоррозионного покрытия.**

Примечание. При обработке втулки из трубы вместо сверления производят зенкерование или растачивание отверстия; в остальном технологический процесс не отличается от обработки втулки из прутка.

4.7.1.3. Типовой технологический процесс изготовления шкивов, дисков, фланцев

К дискам относятся детали образованные наружными и внутренними поверхностями вращения, имеющими одну общую прямолинейную ось при отношении длины цилиндрической части к наружному диаметру менее 0.5. Например, шкивы, фланцы, крышки подшипников, кольца, поршни гидро- и пневмоприводов и т.п. Детали этого класса отличаются от деталей класса "полые цилиндры" отношением длины l цилиндрической части к наружному диаметру d ; у втулок $l / d \geq 0,5 - 2,5$. (рис. 25).

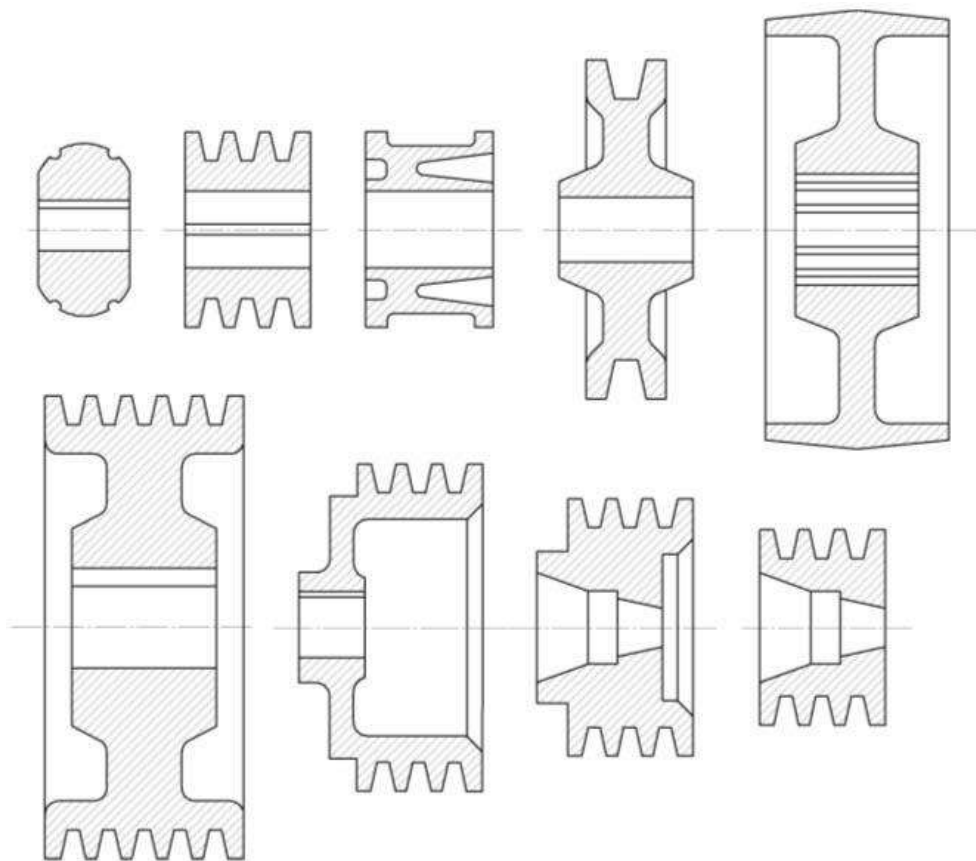


Рис. 25. Типичные детали класса диски

Основные технологические задачи - аналогичные втулкам: достижение концентричности внутренних и наружных цилиндрических поверхностей и перпендикулярности торцов к оси детали. Получение точных внутренних и наружных, фасонных, зубчатых и криволинейных поверхностей.

Материал - чугун - шкивы, фланцы, пружина; зубчатые колеса изготавливаются из стали, реже из чугуна; приводные шестерни изготавливаются из текстолита, червячные колеса из бронзы, биметалла и антифрикционного чугуна; поршневые кольца - из специального чугуна.

Заготовки применяют штучные - литые, кованные, штампованные; мелкие диаметром до 50-60 мм изготавливают также из прутка.

Шкивы. Технические условия на изготовление шкивов (материал чугун, алюминий): точность центрального отверстия 7 – 9 квалитет; радиальное биение по наружной поверхности 0,03 – 0,04мм; торцовое биение ступицы 0,02 – 0,03 на 50мм; торцовое биение обода 0,04 – 0,06 на радиус шероховатость поверхности отверстия $Ra_{1,25} \dots 0,03$ мкм. Шероховатость поверхности обода $Rz \ 20 \dots 25$; непараллельность шпоночной канавки к оси вращения 0,3 по длине 100мм.

Таблица 43

Маршрутный технологический процесс обработки шкивов

№	Операция		Оборудование	Технологическая база
	Наименование	Содержание		
000	Заготовительная			
005	Токарная (Сверлильная)	Расточка отверстия с припуском под протягивание и подрезка торца	Сверлильный или токарный	Необработанная поверхность обода или ступицы
		Подрезка второго торца	Сверлильный или токарный	Отверстие и торец
010	Протяжная	Протягивание цилиндрического отверстия	Протяжный	Торец
015	Протяжная (Долбежная)	Протягивание (долбление) шпоночной канавки	Протяжный	Отверстие и торец
020	Токарная	Черновая обработка наружного диаметра и торцов обода (ступицы, клиновидных канавок)	Токарный	Отверстие
025	Токарная	Чистовая обточка наружного диаметра (ступицы, клиновидных канавок)	Токарный	Отверстие
030	Сверлильная	Сверление сквозных отверстий и нарезание резьбы (если требуется по чертежу)	Сверлильный	Торец
035	Балансировочная	Балансировка и высверливание отверстия для устранения дисбаланса	Балансировочный	Торец
040	Шлифовальная	Шлифование ступицы	Круглошлифовальный	Торец
045	Токарная	Полирование ступицы, шкивов	Токарный	Отверстие
050	Контрольная			

Основные схемы базирования. Технологические базы: на первой операции - необработанная наружная цилиндрическая поверхность и торец; на дальнейшие операции - обработанное центральное отверстие и обработанный торец. Обработка шкивов средних размеров ($\varnothing \ 200 \dots 400$ мм) производят на токарных, в крупносерийном производстве - на revolverных станках. Крупные шкивы и маховики - на токарных ка-

русельных станках. При обработке на карусельных станках установку на первой операции выполняют по ступице, в которой обрабатывается центральное отверстие и прилегающие к ней торцы. Обод обрабатывают при установке шкива на центрирующий палец по обработанному отверстию и торцу.

Основные операции механической обработки

Заготовительная.

В большинстве случаев – отливка, ковка или штамповка. Заготовки мелких шкивов получают резкой прутка. Для литых деталей требуется очистка и обрубка заготовки.

Малярная (для литья)

Токарная.

Расточить отверстие с припуском под последующую обработку и подрезать торец. Технологическая база – черная поверхность обода или ступицы и торец. Выполняется в зависимости от конструкции и типа производства на токарном, револьверном или карусельном станке.

Токарная.

Подрезать второй торец. Технологическая база – обработанные отверстия и торец.

Протяжная.

Протянуть цилиндрическое отверстие. Технологическая база – торец. Станок – вертикально-протяжной.

Протяжная или долбежная.

Протянуть или долбить шпоночный паз.

Технологическая база – отверстие и торец. Станок – вертикально-протяжной или долбежный.

Токарная (черновая).

Точить наружный диаметр и торцы обода, точить клиновидные канавки.

Технологическая база – отверстие. Станок токарный или многорезцовый токарный.

Токарная (чистовая).

Точить наружный диаметр и канавки.

Технологическая база – отверстие. При криволинейной образующей точение производится на токарно-копировальном станке или токарном станке по копиру.

Сверлильная.

Сверлить отверстие и нарезать резьбу (если требуется по чертежу).

Технологическая база – торец. Станок – сверлильный.

Балансировочная.

Балансировка и высверливание отверстий для устранения дисбаланса.

Технологическая база – отверстие. Станок балансировочный.

Шлифовальная.

Шлифование ступиц (если требуется по чертежу).

Технологическая база – отверстие и торец, станок – круглошлифовальный.

Моечная.

Контрольная.

Нанесение антикоррозионного покрытия.

Фланцы. Основным служебным назначением фланцев является ограничение осевого перемещения вала, установленного на подшипниках. Отсюда следует, что основными конструкторскими базами фланца являются поверхности центрирующего пояса по размеру отверстия в корпусе и торцы. Поскольку в качестве технологических

баз при обработке заготовки целесообразно выбирать основные базы детали, то, исходя из этого, следует, что на первых операциях обрабатывают основные базы. В связи с этим на первой операции в качестве технологических баз используют наружную цилиндрическую поверхность и торец большого фланца, а на последующих – посадочную поверхность цилиндрического пояса и его торец. На этих же базах обрабатывают крепежные отверстия и лыски, если они заданы чертежом.

Основные операции механической обработки

Заготовительная.

В зависимости от типа производства и материала - лить, ковать или штамповать заготовку или отрезать из проката.

Обрубка и очистка (для отливок).

Малярная

Токарная.

Подрезать внутренний торец большого фланца и торец центрирующего пояса, точить наружную цилиндрическую поверхность пояса с припуском под шлифование, точить канавку и фаски. технологическая база - наружная цилиндрическая поверхность и наружный торец большого фланца. Станок – токарный, многошпиндельный полуавтомат, токарный с ЧПУ.

Токарная.

Подрезать второй (наружный) торец большого фланца, точить его наружную поверхность и фаску:

Технологическая база – наружная поверхность центрирующего пояса и его торец.

Сверлильная.

Сверлить и зенковать (цековать) отверстия.

Технологическая база - та же. Станок – вертикально-сверлильный, радиально-сверлильный, сверлильный с ЧПУ, агрегатно-сверлильный с многошпиндельной головкой.

Фрезерная.

Фрезеровать лыски.

Технологическая база – та же плюс крепежное отверстие. Станок - вертикально-фрезерный.

Шлифовальная.

Шлифовать наружную поверхность центрирующего пояса и торец.

Технологическая база - наружная поверхность большого фланца и его наружный торец. Станок - универсальный шлифовальный или торцекруглошлифовальный

Моечная.

Контрольная.

Нанесение антикоррозионного покрытия

4.7.1.4. Типовой технологический процесс изготовления зубчатых колес

Зубчатые колеса подразделяются на цилиндрические, конические, червячные и др.

По технологическому признаку цилиндрические зубчатые колеса подразделяются на:

- одновенцовые без ступицы и со ступицей, с гладким или шлицевым отверстием;
- многовенцовые с гладким или шлицевым отверстием (цельные или сборные);

– вал-шестерни.

У цилиндрических колес зубья выполняют прямыми, спиральными или шевронными.

Обработка зубчатых колес разделяется на два этапа: обработка до нарезания зубьев и обработка зубчатого венца. Задачи первого этапа в основном аналогичны задачам, решаемым при обработке деталей классов диски (зубчатое колесо плоское без ступицы), втулки (со ступицей) или валов (вал-шестерня). Операции второго этапа обычно сочетают с отделочными операциями обработки корпуса колеса.

На построение технологического процесса обработки зубчатых колес влияют следующие факторы:

- форма зубчатого колеса;
- форма и расположение зубчатого венца и количество венцов;
- степень точности колеса;
- материал колеса;
- наличие и вид термообработки;
- габаритные размеры;
- объем выпуска.

Наибольшее влияние на протяженность технологического маршрута оказывает степень точности колеса. При изготовлении высокоточных колес (6, 5 и выше степеней точности) механическая обработка должна чередоваться с операциями термической обработки для снятия внутренних напряжений, а количество отделочных операций технологических баз и зубчатого венца возрастает.

Типичные детали класса зубчатые колеса представители этого класса представлены на рис. 26.

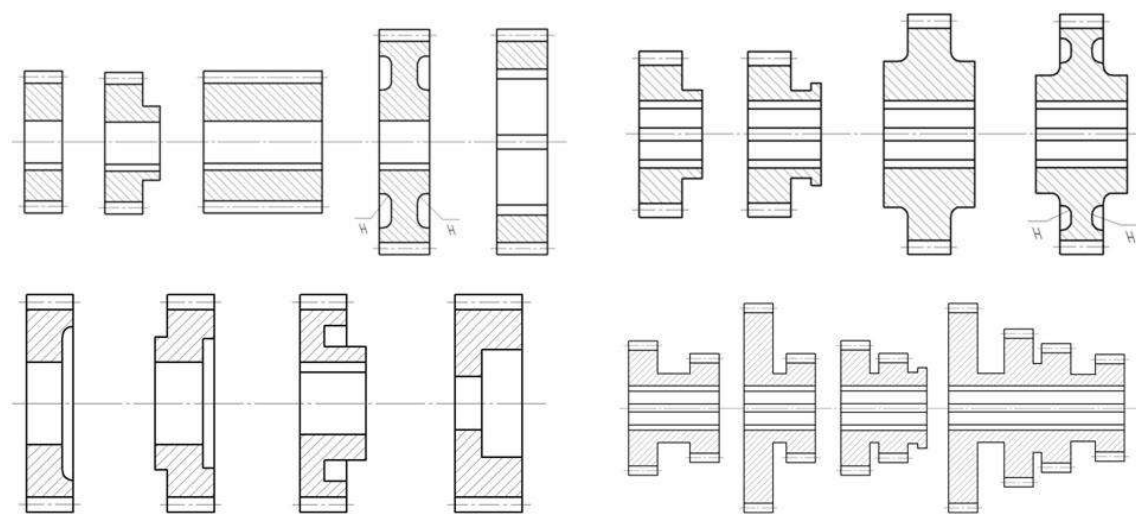


Рис. 26. Детали класса зубчатые колеса

Основные технологические задачи:

- получение точного посадочного (центрального) отверстия (6 – 8) квалитет; шероховатость поверхности $Ra = 1,25 - 0,32$ мкм; радиальное биение $0,005 - 0,02$ мм);
- достижение концентричности отверстия и делительной окружности; концентричности отверстия и окружности выступов (радиальное биение по делительной окружности $0,03 - 0,04$ мм);
- достижение перпендикулярности торцов к оси детали (торцовое биение $0,03 - 0,04$ мм на диаметр $300 - 400$ мм);
- получение шпоночного паза, параллельного оси отверстия;

– обеспечение норм точности поверхностей зубьев (7 – 9 степени точности по кинематике, плавности работы и контакту зубьев: обеспечение гарантированного бокового зазора);

– обеспечение при необходимости твердости рабочих поверхностей.

Материалы, применяемые чаще всего:

без термообработки: стали 45, 40Х, чугун СЧ21, СЧ24;

с термическим улучшением: стали 30, 45, 50, 50Г, 40Х, 40ХН, 35ХГС;

закаленные: стали 45, 40Х, 40ХН, 40ХН3А;

цементирование и закаленные: стали 15Х, 20Х, 12ХН3А, 18ХГТ, 15ФХ, 18ХНВА

азотируемые: стали 38ХВФЮА, 33ХЮА, 33ХМЮА.

Заготовки колеса диаметром до 60мм изготавливают из прутка на револьверных станках.

Заготовки для колес диаметром более 60мм – поковки получаемые свободной ковкой или штамповкой.

Основные схемы базирования.

Выбор базовых поверхностей зависит от конструктивных форм зубчатых колес и технических требований.

У колес со ступицей (одновенцовых и многовенцовых) с достаточной длиной центрального базового отверстия ($L/D > 1$) в качестве технологических баз используют: двойную направляющую поверхность отверстия и опорную базу в осевом направлении – поверхность торца.

У одновенцовых колес типа дисков ($L/D < 1$) длина поверхности отверстия недостаточна для образования двойной направляющей базы. Поэтому после обработки отверстия и торца установочной базой для последующих операций служит торец, а поверхность отверстия - двойной опорной базой. У валов-шестерен в качестве технологических баз используют, как правило, поверхности центровых отверстий.

На первых операциях черновыми технологическими базами являются наружные необработанные «черные» поверхности. После обработки отверстия и торца их принимают в качестве технологической базы на большинстве операций. Колеса с нарезанными зубьями после упрочняющей термообработки при шлифовании отверстия и торца (исправление технологических баз) базируют по эвольвентной поверхности зубьев для обеспечения наибольшей соосности начальной окружности и посадочного отверстия. Для обеспечения наилучшей concentричности поверхностей вращения колеса применяют следующие варианты базирования. При обработке штампованных и литых заготовок на токарных станках за одну установку заготовку крепят в кулачках патрона за черную поверхность ступицы или черную внутреннюю поверхность обода. При обработке за две установки заготовку сначала крепят за черную поверхность обода и обрабатывают отверстие, а при второй установке заготовки на оправку обрабатывают поверхность обода и другие поверхности колеса.

Существует три основных варианта обработки цилиндрических зубчатых колес:

I - токарно-револьверный;

II - сверлильно-токарный;

III - протяжно-многолезцовый

Вариант I (токарно-револьверная обработка)

Заготовка - прутки (мелкие зубчатые колеса 50–60 мм).

Токарная. Револьверная наладка токарной обработки.

Подрезание торцов, центровка. Сверление отверстий и черновая обработка наружной поверхности, снятие наружных и внутренних фасок (если требуется по чертежу), зенкерование, развертывание отверстий и отрезание заготовки.

Токарная. Токарная обработка на оправке: обтачивание начисто наружной поверхности, подрезание торца согласно чертежу, снятие наружных и внутренних фасок.

Зубофрезерная – зубонарезание.

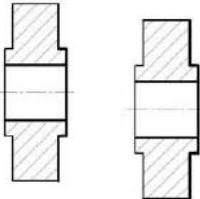
Шевинговальная – отделочная обработка поверхностей зубьев.

Слесарная – снятие заусенцев.

Вариант II (токарная обработка) (табл. 44)

Таблица 44

Маршрутный технологический процесс обработки цилиндрических зубчатых колес с цементацией и закалкой (сталь 20Х; 18ХГТ)

Технологическая операция			Оборудование	Технологическая база	Операционный эскиз
П/п	Наименование	Содержание			
000	Заготовительная (поковка)		Молот		
005	Термическая	Отжиг			
010	Токарная Установ А. Установ Б	Подрезка торцов, сверление отверстия. Подрезка торцов и обработка наружных поверхностей.	Токарный станок	Наружная цилиндрическая поверхность. Внутренняя поверхность	
015	Протяжная	Протягивание шлицев	Протяжной станок	Торец	
020	Токарная	Чистовая подрезка торцов и чистовая обработка наружных поверхностей	Токарный станок	Внутренняя поверхность (установка на оправке)	
025	Контрольная	Контроль размеров, торцевого биения			
030	Зубофрезерная	Фрезерование зубьев с припуском под шевингование	Зубофрезерный станок	Внутренняя поверхность (установка на оправке)	

035	Зубозакругляющая	Закругление зубьев	Зубозакругляю- щий станок	Внутренняя поверхность (установка на оправке)	
040	Шевинговальная	Шевингование зубьев	Шевинговаль- ный станок	Внутренняя поверхность (установка на оправке)	
045	Контрольная	Контроль межцентрового расстояния			
050	Термическая (Химико- термическая).	Закалка. (Цементация, закалка). Отжиг. Закалка ТВЧ	Печь		
055	Внутришлифовальная	Шлифование торцов и отверстия (2 установка)	Внутришлифо- вальный станок	Зубчатый венец. Впадины между зубьями	
060	Калибровочная	Прошивка шлицев	Пресс	Торец	
065	Зубообрабатывающая	Отделка зубьев (зубошлифова- ние или зубообкатка) с установкой колеса на оправке	Зубошлифо- вальный станок	Отверстие	
070	Моечная				
075	Контрольная	Контроль размеров, технических требований и межцентрового расстояния. Испытания на шум и контакт зубьев.			

Основные операции механической обработки зубчатого колеса со ступицей 7-ой степени точности

Заготовительная.

Для заготовок из проката – резка проката, для штампованных заготовок - штамповка.

Штампованные заготовки целесообразно выполнять с прошитыми отверстиями, если их диаметр более 30 мм и длина не более 3-х диаметров (ГОСТ 7505–89).

Заготовки из чугуна и цветных сплавов (иногда из сталей) получают литьем.

Термическая.

Нормализация, отпуск (для снятия внутренних напряжений).

Токарная.

Точить торец обода и торец ступицы с одной стороны предварительно, точить наружную поверхность обода до кулачков патрона предварительно, расточить предварительно отверстие (или сверлить и расточить при отсутствии отверстия в заготовке), точить наружную поверхность ступицы предварительно точить фаски.

Технологическая база – наружная черная поверхность обода и торец, противоположащий ступице (закрепление в кулачках токарного патрона).

Оборудование:

- единичное производство – токарно-винторезный станок;
- мелко- и среднесерийное – токарно-револьверный, токарный с ЧПУ;
- крупносерийное и массовое – одношпиндельный или многошпиндельный токарный полуавтомат (для заготовки из прутка - прутковый автомат).

Токарная.

Точить базовый торец обода (противолежащий ступице) предварительно, точить наружную поверхность на оставшейся части предварительно, расточить отверстие под шлифование, точить фаски.

Технологическая база – обработанные поверхности обода и большего торца (со стороны ступицы).

Протяжная (долбежная).

Протянуть (долбить в единичном производстве) шпоночный паз или шлицевое отверстие.

Технологическая база – базовый торец колеса. Оборудование – горизонтально-протяжной или долбежный станок.

Применяются варианты чистового протягивания отверстия на данной операции вместо его чистового растачивания на предыдущей операции.

Токарная.

Точить базовый и противоположащие торцы, наружные поверхности венца начисто.

Технологическая база - поверхность отверстия (реализуется напрессовкой на оправку; осевое расположение на оправке фиксируется путем применения подкладных колец при запрессовке заготовки). Необходимость данной операции вызывается требованием обеспечения соосности поверхностей вращения колеса.

Оборудование – токарно-винторезный (единичное производство), токарный с ЧПУ (серийное) или токарный многорезцовый полуавтомат (массовое).

Зубофрезерная.

Фрезеровать зубья предварительно (обеспечивается 8-ая степень точности).

Технологическая база – отверстие и базовый торец (реализуется оправкой и упором в торец). Оборудование – зубофрезерный полуавтомат

Зубофрезерная.

Фрезеровать зубья начисто (обеспечивается 7-ая степень точности).

Шевинговальная.

Шевинговать зубья. Операцию применяют для термообрабатываемых колес с целью уменьшения коробления зубьев, т. к. снимается поверхностный наклепанный слой после фрезерования. Повышает на единицу степень точности колеса.

Технологическая база – отверстие и базовый торец (реализуется оправкой).

Оборудование – зубошевинговальный станок.

Термическая

Калить заготовку или зубья (ТВЧ) или цементировать, калить и отпустить согласно техническим требованиям. Наличие упрочняющей термообработки, как правило, приводит к снижению точности колеса на одну единицу.

Внутришлифовальная.

Шлифовать отверстие и базовый торец за один установ. Обработка отверстия и торца за один установ обеспечивает их наибольшую перпендикулярность.

Технологическая база – рабочие эвольвентные поверхности зубьев (начальная окружность колеса) и торец, противолежащий базовому. Реализация базирования осуществляется специальным патроном, у которого в качестве установочных элементов используют калиброванные ролики или зубчатые секторы. Необходимость такого базирования вызвана требованием обеспечения равномерного съема металла с зубьев при их последующей отделке с базированием по отверстию на оправке.

Оборудование – внутришлифовальный станок.

При базировании колеса на данной операции за наружную поверхность венца для обеспечения соосности поверхностей вращения необходимо ввести перед или после термообработки круглошлифовальную операцию для шлифования наружной поверхности венца и торца противолежащего базовому (желательно за один установ на оправке).

Технологическая база – отверстие и базовый торец. Оборудование – круглошлифовальный или торцекруглошлифовальный станок.

Необходимость отделки наружной поверхности венца колеса часто вызывается также и тем, что контроль основных точностных параметров зубьев производится с использованием этой поверхности в качестве измерительной базы.

Плоскошлифовальная.

Шлифовать торец, противолежащий базовому (если необходимо по чертежу).

Технологическая база - базовый торец. Оборудование - плоскошлифовальный станок с прямоугольным или круглым столом.

Зубошлифовальная.

Шлифовать зубья.

Технологическая база – отверстие и базовый торец. Оборудование – зубошлифовальный станок (обработка обкаткой двумя тарельчатыми или червячным кругом или копированием фасонным кругом). При малом короблении зубьев при термообработке (например, при азотировании вместо цементации) операция зубошлифования может быть заменена зубохонингованием или вообще отсутствовать.

Наличие зубошлифовальной или зубохонинговальной операции определяется наличием и величиной коробления зубьев при термообработке. Двукратное зубофрезерование и шевингование зубьев до термообработки может обеспечить 6-ую степень точности. При потере точности во время термообработки на одну степень конечная 7-ая степень точности будет достигнута. Введение отделочной операции зубошлифования или зубохонингования необходимо только при уменьшении точности колеса при термообработке больше, чем на одну степень.

Моечная.

Контрольная.

Нанесение антикоррозионного покрытия.

Применяются варианты технологического процесса с однократным зубофрезерованием, но с двукратным зубошлифованием.

Наличие упрочняющей термообработки приводит, как правило, к снижению степени точности колеса на одну единицу, что требует введения дополнительной отделочной операции. Для незакаливаемых зубчатых колес шевингование является последней операцией; перед термообработкой шевингуют зубья с целью уменьшения деформаций колеса в процессе термообработки и повышения степени точности на одну единицу.

Приведенный выше технологический процесс требует обработки колеса на оправках как до нарезания зубьев и термообработки, так и после термообработки.

Процесс может быть построен иначе, т.е. без применения оправок до термообработки. В этом случае вся токарная обработка ведется в патронах, а протягивание шпоночного паза или шлицев производят после нарезания зубьев и нет операции чистовой обработки на оправке до термообработки. В этом случае не гарантируется достаточная перпендикулярность торца к оси отверстия. Для уменьшения отклонения от перпендикулярности протягивание выполняют с жестким направлением протяжки.

Особенности обработки плоских зубчатых колес. Так как плоские зубчатые колеса надежнее базируются на поверхности торцов, чем на поверхности отверстия, то токарная обработка на оправках не гарантирует устойчивости. Поэтому весь технологический процесс строят, исходя из того, что установочной технологической базой является торцовая поверхность, а отверстие - двойной опорной. Вследствие этого всю токарную обработку производят в кулачковых патронах, а не на оправках. При наличии шлицевого отверстия отличительной особенностью маршрута является то, что протягивание шлицев выполняется не после черновых, а после чистовых операций и при этом следует обеспечить перпендикулярность оси отверстия к торцу. Эта задача решается путем применения вертикально-протяжного станка и некомбинированной протяжки, направленной по отверстию малого диаметра шлицев колеса, предварительно расточенного.

Основные операции механической обработки плоского зубчатого колеса 7-ой степени точности

Заготовительная.

Резать прокат или штамповать заготовку

Термическая.

Нормализовать заготовку.

Токарная.

Точить торец с одной стороны, наружную поверхность до кулачков и расточить отверстие предварительно.

Технологическая база – черная наружная поверхность и торец. Оборудование – аналогично первой токарной операции маршрута колеса со ступицей.

Токарная.

Точить второй торец, оставшуюся поверхность предварительно и расточить отверстие под тонкое растачивание или протягивание.

Технологическая база - обработанная часть наружной поверхности и торец. Оборудование то же.

Плоскошлифовальная.

Шлифовать торцы последовательно с двух сторон.

Технологическая база – торец. Оборудование – плоскошлифовальный станок.

Алмазно-расточная (вертикально-протяжная).

Расточить (протянуть) отверстие под шлифование.

Технологическая база – торец и наружная поверхность (алмазно-расточная операция); торец и отверстие (протяжная). Оборудование – токарно-винторезный, токарный одношпиндельный полуавтомат или алмазно-расточной станок; при протягивании – вертикально-протяжной станок.

Токарная.

Точить наружную поверхность начисто. Производится одновременная обработка нескольких заготовок, насаженных на оправку.

Технологическая база – торец и отверстие (на оправке). Оборудование – токарно-винторезный станок или одношпиндельный полуавтомат.

Зубофрезерная.

Фрезеровать зубья начерно и начисто.

Технологическая база – та же. Оборудование – зубофрезерный полуавтомат.

В зависимости от типа производства может выполняться за одну операцию (единичное и мелкосерийное производство) или за две операции (серийное и массовое).

Протяжная (долбежная).

Протянуть (долбить) шпоночный паз или шлицы.

Технологическая база – торец и отверстие. Оборудование – вертикально-протяжной или долбежный станок.

Зубошевинговальная

Шевинговать зубья.

Технологическая база и оборудование аналогичны применяемым при шевинговании зубьев колеса со ступицей.

Термическая.

Калить или цементировать и калить заготовку или только зубья ТВЧ (по техническим требованиям чертежа).

Круглошлифовальная.

Шлифовать наружную поверхность и один торец.

Технологическая база – отверстие и второй торец (на оправке). Оборудование – круглошлифовальный или торцекруглошлифовальный станок.

Операция может исключаться при применении в качестве технологической базы при шлифовании отверстия эвольвентной поверхности зубьев.

Внутришлифовальная.

Шлифовать противоположный торец и отверстие за один установ.

Технологическая база – эвольвентная поверхность зубьев и торец (см. маршрут колеса со ступицей).

Зубошлифовальная.

Шлифовать зубья.

Технологическая база – торец и отверстие.

Моечная.

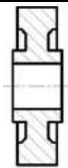
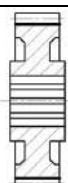
Контрольная.

Нанесение антикоррозионного покрытия

Операционные эскизы технологического маршрута обработки зубчатых колес представлены в табл. 45 – 47.

Таблица 45

Одновенцовое зубчатое колесо. Диаметр 125 – 320 мм

Операция			
П/п	Наименование	Содержание	Операционный эскиз
000	Заготовительная	Штамповка	
005	Термическая		Отжиг
010	Токарная		
015	Протяжная		
020	Токарная		
025	Контрольная		
030	Зубофрезерная		

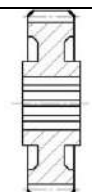
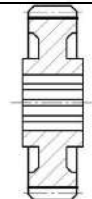
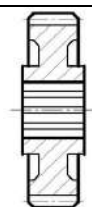
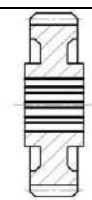
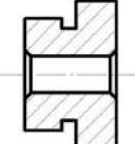
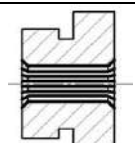
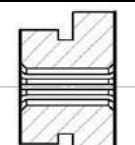
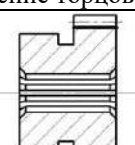
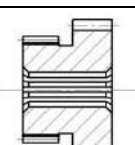
035	Зубозакругляющая		
040	Шевинговая		
045	Контрольная		
050	Термическая		Закалка и отпуск
055	Внутришлифовальная		
060	Калибровка		
065	Обкатка		
070	Контрольная		

Таблица 46

Многовенцовое зубчатое колесо Диаметр 65 – 125 мм

Операция			
П/п	Наименование	Содержание	Операционный эскиз
000	Заготови- тельная	Прокат	
005	Токарная Установ А Установ Б	Подрезка торца, обработка наружных поверхностей. Подрезка второго торца, обработка отверстия и снятия фаски.	
010	Протяжная	Протягивание отверстия и шлицев	
015	Токарная	Чистовая подрезка торцов (2 установка)	
020	Контрольная	Контроль размеров и биение торцов	
025	Зубофрезерная	Фрезерование зубьев открытых венцов с припуском под шевингование	
030	Зубодолбежная	Долбление зубьев закрытых венцов с припуском под шевингование	

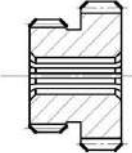
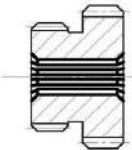
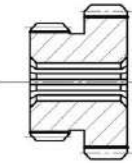
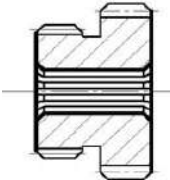
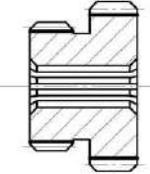
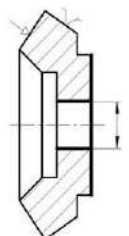
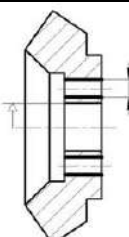
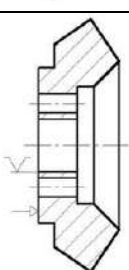
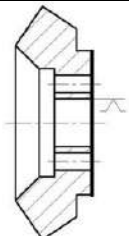
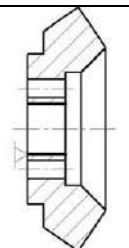
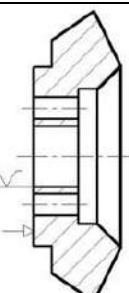
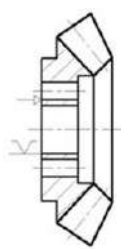
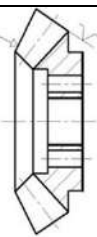
035	Зубозакругляющая	Закругление зубьев	
040	Контрольная	Контроль размеров и межцентрового расстояния	
045	Химико-термическая. Термическая Цементация. Нормализация		
050	Внутришлифовальная	Шлифование отверстия и торцов. (2 установка)	
055	Шевинговальная	Шевингование зубьев	
060	Термическая ТВЧ		
065	Калибровочная	Калибровать отверстие и шлицы	
070	Зубо-обкаточная	Обкатка зубьев	
075	Контрольная	Контроль размеров, технических требований и межцентрового расстояния. Испытания на шум и контакт зубьев.	

Таблица 47

Маршрутный технологический процесс обработки венцовых конических зубчатых колес с цементацией и закалкой

Технологическая операция			Оборудование	Технологическая база	Операционный эскиз
П/п	Наименование	Содержание			
000	Заготовительная (штамповка)				
005	Термическая	Отжиг			
010	Токарная	Подрезка заднего торца, растачивание отверстия	Токарно-винторезный	Наружный диаметр	
015	Сверлильная	Сверление отверстий для крепления зубчатого венца	Вертикально-сверлильный	Внутренний диаметр (отверстие)	
020	Токарная	Подрезка переднего торца зубчатого колеса. Черновое обтачивание конусов зубчатого колеса.	Токарно-винторезный	Отверстие	
025	Круглошлифовальная	Шлифование заднего торца	Круглошлифовальный станок	Отверстие	
030	Протяжная	Протягивание отверстия	Протяжной станок	Задний торец	
035	Токарная	Чистовое обтачивание конусов зубчатого колеса	Токарно-винторезный	Отверстие с упором по заднему торцу	

040	Контрольная				
045	Зубострогальная	Строгание зубьев	Зубострогальный станок	Отверстие с упором по заднему торцу	
050	Термическая	Цементация и закалка Отверстия для крепления зубчатого венца на ступице термообработке не подвергаются, так как разворачиваются в сборе.			
055	Круглошлифовальная	Шлифование центрального отверстия и заднего торца	Круглошлифовальный станок	Задний конус и впадины между зубьями	
060	Контрольная				

Червячные зубчатые колеса и червяки. Червячные зубчатые колеса бывают в виде венцов и цельные при малых размерах червячных пар. При больших размерах венец изготавливают отдельно и фланцем крепят к ступице. Зубчатый венец центрируется относительно ступицы центрирующим пояском (рис. 27).

Червяки малого модуля изготавливают цельными. При большом модуле червяки обычно изготавливают с центральным отверстием (рис. 27).

Точность изготовления червяков и червячных зубчатых колес регламентирована ГОСТ 3675–81.

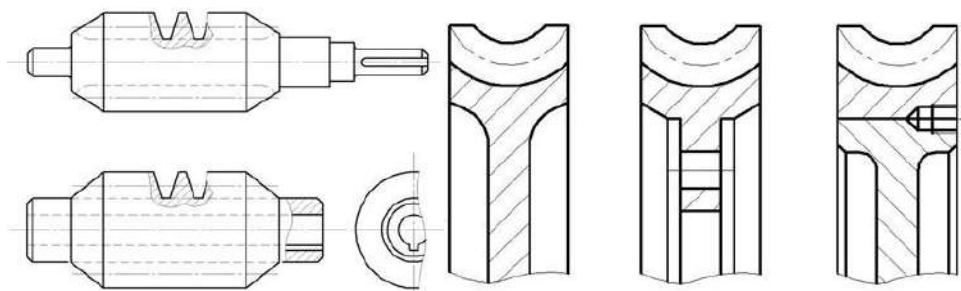


Рис. 27. Типы червяков и червячных колес:
червяки - цельные и с центральным отверстием;
червячные колеса – цельные, с фланцевым креплением венца на валу и напрессовкой венца на ступицу.

Основные технологические задачи:

- обеспечение правильной геометрической формы и точности основных посадочных поверхностей (6 – 7 квалитет);
- равномерность угла поворота;
- обеспечение шероховатости поверхности $Ra=1,25...0,32$ мкм, что существенно влияет на к.п.д. червячной передачи;

- достижение concentричности отверстия и делительной окружности; concentричности отверстия и окружности выступов (радиальное биение по делительной окружности 0,03 – 0,04 мм);
- достижение перпендикулярности торцов к оси детали (торцовое биение 0,03-0,04 мм на диаметр 300-400 мм);
- обеспечение норм точности поверхностей зубьев (7 - 9 степени точности): равномерность углов поворота, определяемой допуском на шаг, накопленной ошибкой шага червяка и колеса, допуском на биение торца червяка и допуском на биении профиля (радиальное биение 0,005-0,02 мм);
- обеспечение полноты касания боковых поверхностей зубьев червяка и колеса что достигается совпадением профиля червяка и колеса;
- обеспечение твердости рабочих поверхностей.

Материалы, применяемые чаще всего:

- червяки – стали марок 15, 12ХН2, 12ХН3, 40Х, 40ХМ и других и во многих случаях, подвергают цементации и закалке до твердости HRCэ 60 – 62;
- червячные зубчатые колеса – бронза марок Бр.ОФ10-1, Бр.ОНФ; чугуны марок СЧ 12, СЧ 15, СЧ 18, СЧ 21. С целью экономии бронзы применяют биметаллические отливки, представляющие собой стальную заготовку, залитую по ободу бронзой, или на стальную ступицу напрессовывают бронзовое кольцо.

Основные операции механической обработки червяков и червячных колес

Червяки и червячные зубчатые колеса до этапа нарезания ниток и зубьев обрабатывают теми же способами и на том же технологическом оборудовании, что и обработка двухсторонних ступенчатых валов и цилиндрических зубчатых колес.

Особенности механической обработки витков червяка и зубьев червячного колеса.

Нарезание ниток (витков) у червяков с архимедовой спиралью производят на резьбофрезерных или токарно-винторезных станках. Недостаток червяка, также как и червячного колеса, с архимедовой спиралью состоит в том, что ни сам червяк, ни червячные фрезы, применяемые для фрезерования, не удастся шлифовать. Поэтому точность червяков с архимедовой спиралью не высокая.

Зубья колеса архимедовой червячной передачи нарезают червячными фрезами с прямобочным профилем в осевом сечении. Основное условие нарезания зуба червячного колеса червячной фрезой или отдельным летучим резцом – соблюдение межцентрового расстояния «инструмент – колесо», равного межцентровому расстоянию «червяк – колесо».

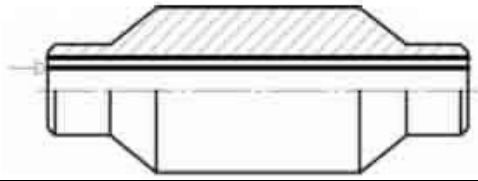
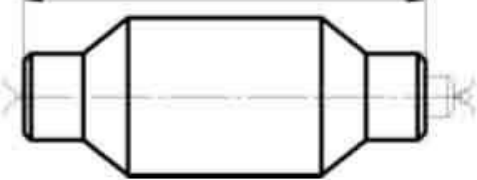
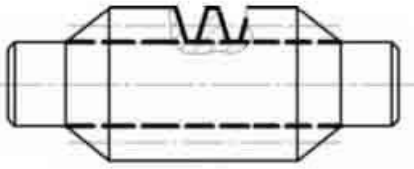
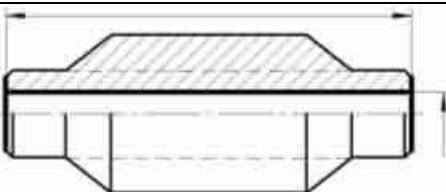
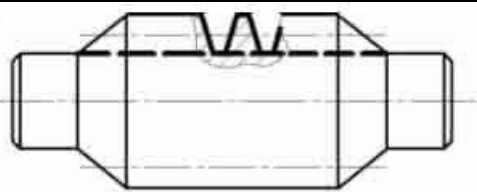
Технологический маршрут обработки.

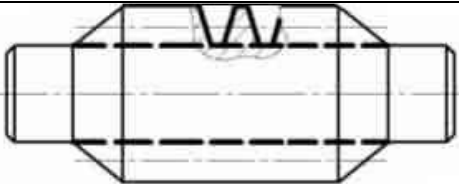
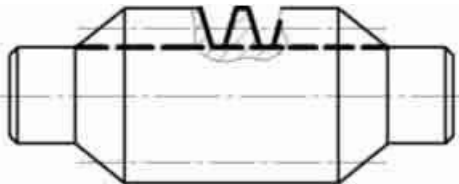
Червячные зубчатые колеса обрабатывают по технологическому маршруту, аналогичному обработке цилиндрических зубчатых колес (табл. 48).

Таблица 48

Технологический маршрут обработки червяка с центральным отверстием.

№	Операция		Операционные эскизы
	Наименование	Содержание	
000	Заготовительная	Прокат	
005	Токарная.	Подрезка торца, сверление, растачивание, развертывание отверстия.	

010	Протяжная.	Протягивание шпоночного паза.	
015	Токарная.	Черновое обтачивание и подрезание торцев детали, запрессованной на оправку. Чистовое обтачивание наружной поверхности и наружных поясков, подрезание торцев.	
020	Круглошлифовальная.	(Деталь неподвижно установлена на оправке). Шлифование наружной поверхности, контрольных поясков и торцов (два установа).	
025	Контрольная		
030	Резьбонарезная	Черновая и чистовая нарезка витков с припуском под шлифование.	
035	Термообработка		
040	Внутришлифовальная.	Предварительное шлифование отверстия и торца.	
045	Круглошлифовальная.	Предварительное шлифование наружной поверхности, контрольных поясков и второго торца.	
050	Внутришлифовальная.	Чистовое шлифование отверстия и торцов от контрольных поясков (два установа)	
055	Круглошлифовальная.	Чистовое шлифование наружной поверхности и контрольных поясков.	
060	Резьбошлифовальная	Предварительное шлифование витков червяка. (червячно-шлифовальный станок).	

065	Резьбошлифовальная	Окончательное шлифование витков червяка. (червячно-шлифовальный станок).	
070	Полировальная.	Полирование витков червяка.	
075	Контрольная.		

4.7.1.6. Типовой технологический процесс изготовления рычагов

К рычагам относят детали, образованные из совокупности втулок, соединенных между собой стержнями, которые не обрабатываются или обрабатываются с невысокой точностью. К ним относятся рычаги, тяги, серьги, вилки, балансиры, шатуны, прихваты и т.п.

Основные технологические задачи:

- обеспечение правильной геометрической формы и точности основных отверстий и их торцов (7 – 9 квалитет);
- обеспечение точности межосевого расстояния основных отверстий и расстояние между торцами втулок ($\pm 0,3$);
- обеспечение параллельности осей основных отверстий (0,05 – 0,25 мм на 100 мм длины), перпендикулярности торцевых поверхностей втулок к осям основных отверстий (0,05 – 0,3 мм на 100 мм длины), параллельности торцов втулок между собой (0,05 – 0,25 мм на 100 мм длины);
- отклонение от соосности наружных поверхностей головок рычагов, тяг, серег и др. относительно основных отверстий 0,5 – 1 мм;
- шероховатость поверхности основных отверстий $Ra = 2,5 \dots 0,32$ мкм; торцевых поверхностей $Ra = 1,25$ мкм.

Твердость рабочих поверхностей 56 – 62 HRCэ.

Материалы, применяемые чаще всего:

- **без термообработки:** стали 45, 40X, чугуны СЧ18, СЧ24, КЧ35–10, КЧ37–12
- **с термическим улучшением:** стали 20, 30, 35, 35Л, 45, 50, 50Г, 40X, 40ХН;
- **закаленные:** стали 45, 40X, 40ХН;
- **цементирование и закаленные:** стали 15X, 20X.

Значительное разнообразие конструкции рычагов вызывает необходимость их классификации с целью сужения типовых технологических процессов. С этой целью возможна следующая классификация:

- рычаги, у которых торцы втулок имеют общую плоскость или их торцы лежат в одной плоскости;
- рычаги, у которых торцы втулок лежат в разных плоскостях;
- рычаги, у которых имеется длинная втулка с отверстием и значительно более короткие втулки.

Основные схемы базирования

При фрезеровании торцов втулок за технологическую базу принимают или поверхности стержня рычага или противоположные торцы втулок. При их шлифовании за технологическую базу принимают противоположные торцы втулок.

При обработке основных отверстий, в качестве технологической базы выбирают обработанные торцы втулок и их наружные поверхности, что обеспечивает равенство втулок. Заключительные этапы обработки выполняют при использовании в качестве технологической базы одного или двух основных отверстий и торцов втулок. При обработке на автоматических линиях для соблюдения принципа постоянства баз рычаги базируют и закрепляют за стержень в приспособлениях-спутниках.

Таблица 49

Маршрутный технологический процесс обработки рычага

№	Операция		Оборудование	Технологическая база
	Наименование	Содержание		
000	Заготовительная			
005	Фрезерная	Фрезерование торцов бобышек	Фрезерный станок	Противоположные торцы и наружные поверхности бобышек
010	Сверлильная	Сверление отверстий основной и вспомогательной базы, зенкование фасок	Сверлильный станок	Обработанные торцы бобышек и их наружные поверхности
015	Сверлильная	Цекование торцов бобышек с другой стороны, зенкерование отверстий и зенкование фасок	Сверлильный станок	Обработанные торцы бобышек и отверстия в них
020	Сверлильная	Сверление, зенкерование фаски и нарезание резьбы в отверстиях под стопор	Сверлильный станок	Поверхности отверстий и торец бобышек
025	Сверлильная	Развертывание отверстий	Сверлильный станок	Торцы бобышек и отверстия

Основные операции механической обработки рычагов и вилок.

Заготовительная. Чугунные заготовки получают литьем в песчаные или оболочковые формы. Отливки из ковкого чугуна подвергают отжигу и последующей правке для уменьшения остаточных деформаций. Стальные заготовки получают ковкой, штамповкой, литьем по выплавляемым моделям, а в единичном производстве сваркой.

Фрезерная. Последовательная или одновременная обработка торцевых поверхностей основных отверстий. Торцы обрабатываются начерно и начисто или с припуском под шлифование (при необходимости);

Технологическая база (установочная) – поверхность стержня или противоположные торцы втулок.

Сверлильная (расточная, координатно-расточная). Обработка основных отверстий.

Протяжная (долбежная). Обработка шпоночных и шлицевых канавок в основных отверстиях.

Фрезерная. Обработка поверхностей стержня рычага, прорезей, пазов, фасонных исполнительных поверхностей рычагов и вилок.

Сверлильная. Обработка вспомогательных отверстий и нарезание резьб.

Термическая. Термическая обработка отдельных поверхностей.

Шлифовальная. Шлифование ответственных поверхностей.

Моечная.

Контрольная.

4.7.2. Разработка маршрута технологического процесса

Технологический маршрут обработки заготовки устанавливает последовательность выполнения технологических операций.

На этапе разработки маршрута технологического процесса решаются следующие задачи:

- намечается общий план обработки детали;
- предварительно выбираются средства технологического оснащения;
- намечается содержание операций.

Рекомендации к последовательности разработки маршрута обработки.

Маршрут обработки.

Вначале обрабатывают поверхности, принятые за установочные базы; затем обрабатывают поверхности в последовательности обратной их точности, т.е. чем точнее должна быть поверхность, тем позже она должна обрабатываться. В конец маршрута выносят обработку легкоповреждаемых поверхностей, например, наружных резьб, шлицев, зубьев и т.п.

Поверхности, на которых не допускается наличие раковин и других дефектов, обрабатываются вначале начерно, а в подозрительных случаях и начисто.

При обработке точных ответственных деталей обработку делят на три последовательные стадии: черновую, чистовую и отделочную. Необходимость этого диктуется тем, что чередование только черновой и отделочной обработки не в состоянии обеспечить заданную точность. Кроме того, вынесение отделочной операции в конец обработки уменьшает риск случайного повреждения окончательно обработанных поверхностей в процессе их получения и транспортирования детали.

Роль и место термической обработки.

Если деталь подвергается термической обработке, то технологический процесс механической обработки расчлняется на две части: технологический процесс до термообработки и после нее. Очень часто детали в процессе термообработки коробятся, поэтому в технологическом процессе предусматривают операцию рихтовки, правки или повторную механическую обработку для устранения полученных в процессе термической обработки отклонений. Предусматривается также и операция исправления установочных баз.

Термическая обработка детали может быть выполнена на двух этапах ее изготовления:

- если твердость $HRC_3 < 40$, то целесообразно термическую обработку выполнить на этапе черновой заготовки;
- если твердость $HRC_3 > 40$, то термическая обработка выполняется после чистовой обработки перед окончательной, которая ведется шлифованием, следовательно, имеется два периода обработки – обработка сырой и обработка закаленной заготовки.

Химико-термическая обработка.

Если чертежом предусматривается цементация с последующей закалкой, то она производится после получистовой или чистовой обработки.

Если же на цементированной поверхности чертежом предусмотрены незакаленные участки, то термическую обработку проводят в два приема:

- цементация после получистовой обработки;
- механическая обработка поверхностей не требующей закалки;
- закалка детали.

В этом случае твердость получают только те поверхности, на которых остался цементованный слой.

Второй способ – оставление дополнительного припуска под цементацию. На поверхностях, не подлежащих цементации и закалке, оставляется слой металла толщиной больше, чем глубина цементации. Дополнительный слой металла снимается

механической обработкой после цементации детали. При закалке твердость повышается только на цементованной части поверхности детали.

Третий способ – изоляция поверхности детали, не требующей цементации и закалки, нанесением меди в гальванических ваннах:

- механическая обработка (чистовая);
- омеднение;
- цементация;
- закалка;
- окончательная обработка изолированных (омедненных) поверхностей;
- механическая обработка поверхностей.

Маршрут обработки

Операции второстепенного характера, такие как сверление мелких отверстий, прорезание канавок, обтачивание фасок, снятие заусенцев и т.п., рекомендуется выполнять на операциях чистовой обработки.

Операции технического контроля обычно намечаются после тех этапов обработки, где вероятно повышенное появление брака, перед сложными и дорогостоящими операциями, а также в конце обработки.

Оптимальный вариант маршрутного технологического процесса обработки заготовки выбирают на основе сопоставления нескольких конкурирующих вариантов технологических процессов. Эти варианты могут различаться последовательностью обработки поверхностей, схемами установки и технологическими базами, применяемым технологическим оборудованием, приспособлениями, режущими инструментами и др. В результате анализа базирования и точности обработки выбирают технологический процесс получения деталей заданного качества при наименьшей технологической себестоимости.

Намеченный маршрут изготовления детали и предварительный выбор средств технологического оснащения позволяет перейти к проектированию содержания технологических операций.

4.7.3. Разработка технологических операций

При проектировании технологической операции решается комплекс вопросов:

- уточняется содержание операции (предварительно намеченное в маршруте обработки);
- определяются последовательность и содержание переходов;
- окончательно выбираются средства технологического оснащения;
- устанавливаются режимы резания;
- определяются нормы времени;
- определяются настроечные размеры;
- разрабатываются операционные эскизы;
- определяется разряд и квалификация работы.

Выбор структуры операций и последовательности переходов тесно связаны с выбором оборудования и технологической оснастки. Решающим фактором при выборе металлорежущего станка, обеспечивающего выполнение технических требований к детали, является экономичность обработки. Для проведения технико-экономического сравнения обработки заготовки на двух сопоставляемых станках необходимо сделать расчет технологической себестоимости бухгалтерским методом, т.е. сравнением по заработной плате производственных рабочих и цеховых накладных расходов на изготовление детали.

При выборе технологической оснастки следует по возможности применять стандартные или унифицированные приспособления и вспомогательный инструмент.

Целесообразность применения специальных приспособлений должна быть убедительно доказана.

При определении номенклатуры режущего инструмента стремятся, как правило, использовать стандартный инструмент (см. п. 3.6). Применение каждого специального инструмента должно быть обосновано в расчетно-пояснительной записке. Аналогичные требования предъявляются при выборе средств технического контроля. Инструмент для контроля готовой детали выбирают на стадии анализа и разработки технических требований к детали.

Расчет межоперационных припусков и размеров выполняют обычно для наиболее ответственных поверхностей, определяющих выполнение деталью ее служебного назначения. При расчете припусков используют допуски и погрешности по угловым и линейным размерам, определенные в ходе анализа точности обработки детали. На остальные поверхности детали припуски определяют по справочнику. По результатам расчета межоперационных и общих припусков и межоперационных размеров уточняют размеры заготовки.

Расчет режимов резания выполняют на одну – две операции. На остальные операции и переходы режимы резания назначают по справочникам и корректируют по станку. Наиболее вероятные режимы резания при обработке стали 45 даны в табл. 53.

По известным формулам рассчитывают *основное технологическое время* t_0 .

Норму времени $t_{шт.к}$ определяют после подсчета $t_{шт.}$, а подготовительно-заключительного времени $t_{пз}$ по нормативам. По классификаторам определяют коды профессий, нормы времени, тарифные ставки, по тарифно-квалификационному справочнику устанавливают разряд работы.

Полученные в результате расчета данные режимов резания и технического нормирования заносят в соответствующие графы карты технологического процесса.

4.7.4. Пример разработки маршрутно-операционного технологического процесса изготовления детали

Деталь. Вал-шестерня (см. рис.2).

Маршрут обработки.

1. Вначале обрабатывают поверхности принятые за установочные базы. Типовой технологический процесс изготовления деталей типа валов длиной свыше 120 мм рекомендует обрабатывать их в центрах, то есть основными технологическими базами являются центровочные отверстия. Для детали вал-шестерня основные технологические базы – центровочное отверстие А 6,3 ГОСТ 14034–74 и фаска отверстия Ø 58H7.

В соответствии с правилами выбора баз, черновую технологическую базу используют один раз. Далее переходят к чистовым технологическим базам.

Подготовка установочных технологических баз может быть осуществлена по двум вариантам маршрута обработки.

Вариант 1. Подрезка торца (обязательно в первую очередь, так как торец является настроечной и измерительной базой), зацентровка отверстия, черновая обработка наружных поверхностей диаметрами 80, 65, 60 и 51 мм (необходимо для перехода на чистовую базу с целью подготовки технологической базы на Ø 58H7). Переустановка заготовки. Базирование и закрепление по чисто обработанной наружной поверхности. Обработка второй основной технологической базы.

Вариант 2. Закрепление заготовки по наружной конической поверхности. Подрезка торца со стороны отверстия, предварительная обработка отверстия Ø 58H7 и черновая обработка наружного Ø 105. Переустановка заготовки. Установка и

закрепление заготовки по чисто обработанной базовой поверхности (наружному диаметру зубчатого венца ($\varnothing 105$) - подготовка основной технологической базы - подрезка торца и зацентровка отверстия $\varnothing 6,3$. Недостаток – отсутствие упорной поверхности, а колебание допуска на припуск приводит к затруднениям настройки станка на партию деталей. Создание упорной поверхности по торцу зубчатого венца предусматривает трехкулачковый самоцентрирующий патрон с удлиненной поверхностью зажима детали (80 – 100 мм высота самого патрона, а при длине зажима детали в 240 мм с упором по торцу зубчатого венца рабочая часть кулачков должна быть 100 – 150 мм).

Потому вариант 1 предпочтителен.

2. Чем точнее поверхность, тем позже она обрабатывается. Поверхности $\varnothing 80k6$, $\varnothing 65k6$, $\varnothing 58H7$ должны обрабатываться после термообработки, которая производится после чистовой токарной обработки.

3. В конец маршрута выносят обработку легкоповреждаемых поверхностей (шлицев, зубчатый венец) и второстепенных элементов (отверстий).

4. Деталь подвергается термической обработке. Технологический процесс механической обработки в этом случае расчленяется на две части: технологический процесс до термообработки и после нее. Так как твердость поверхности детали $HRC_{\geq 40}$, то термическая обработка выполняется после чистовой обработки перед окончательной, которая ведется шлифованием. Поэтому обработку шлицевых и зубчатых поверхностей, а также обработку отверстий М 12 необходимо произвести до термообработки. Так как в процессе термообработки деталь может быть получить дефект в виде коробления, поэтому в технологическом процессе необходимо предусмотреть операцию исправления основных технологических баз. После термообработки должна быть токарная операция – притирка центров.

5. Чертежом предусматривается цементация с последующей закалкой. Цементация производится после получистовой или чистовой обработки.

Чертежом предусмотрены незакаленные участки – торец зубчатого венца на $\varnothing 90$ мм и 3 отверстия М12. Поэтому необходимо оставить дополнительный припуск под цементацию на торец зубчатого венца больше, чем глубина цементации. Дополнительный слой металла снимается механической обработкой после цементации детали, перед термообработкой. Термическую обработку необходимо провести в два приема:

- цементация после получистовой обработки;
- механическая обработка поверхностей не требующей закали. Подрезка торца; сверление и нарезание резьбы М12;
- закалка детали.

На основе типового технологического процесса изготовления деталей класса валов и с учетом конструктивных особенностей и технических требований к рассматриваемой детали вал-шестерни маршрут технологического процесса следующий:

Заготовительная (штамповка).

Токарная. Черновая, получистовая и чистовая обработка наружных и внутренних поверхностей, лежащих в оси детали.

Круглошлифовальная. Предварительная обработка поверхностей под нарезание шлицев.

Шлицефрезерная. Нарезание шлицев

Зубообрабатывающая. Нарезание зубьев зубчатого венца

Фрезерная. Срезание зубьев зубчатого венца.
Зубозакругляющая. Зубозакругление.
Химико-термическая. Цементация
Токарная. Снятие дополнительного припуска по торцу зубчатого венца.
Сверлильная. Нарезание резьбы М12.
Термическая. Закалка. Закалка ТВЧ.
Токарная. Зачистка центров.
Внутришлифовальная. Обработка отверстия и основной технологической базы – фаски.
Круглошлифовальная. Обработка поверхностей 80к6, Ø65к6
Шлицешлифовальная. Шлифование шлицев.
Контрольная.

Технологические операции.

005 Токарная (*Подготовка основных технологических баз и предварительная обработка поверхностей*)

Выбор оборудования.

Габаритные размеры детали Ø 110 x 274. Масса – 4,5 кг.

Исходя из габаритов детали, ее массы и точности выполнения токарной операции (10 квалитет) можно выбрать станки двух типов – с максимальным диаметром обработки над суппортом 160 или 220 мм (Приложение 1, табл. 1). Учитывая особенности учебного процесса, заключающиеся в необходимости корректировки режимов резания по паспортным данным станка, выбираем токарно-винторезный станок модели 16В20.

Выбор средств технологического оснащения.

- приспособления для установки и закрепления заготовки.

Исходя из присоединительных размеров станка мод. 16В20 установка и закрепление заготовки осуществляется в трехкулачковом самоцентрирующем патроне (Ø 250) – патрон 7100–0009 ГОСТ 2675–80. Поддержка второго конца обрабатываемой заготовки осуществляется центром станочным вращающимся типа А – центр А1 – 4Н ГОСТ 8742–75.

- режущий инструмент.

Резцы выбираем исходя из назначения и присоединительных размеров станка, приспособлений и вспомогательной оснастки. Так в резцедержателе станка мод.16В20 закрепляется четыре резца сечением тела резца 25 x 25 мм. Осевой режущий инструмент (сверла, зенкеры, развертки и др.) закрепляется в задней бабке станка (конус Морзе 5).

Резцы: резец подрезной отогнутый с пластиной из твердого сплава – резец 2112–0035 ВК8 ГОСТ 18880–73; резец проходной упорный с пластиной из твердого сплава – резец 2103–0007 ВК8 ГОСТ 18880–73; резец проходной отогнутый правый ($\varphi=60^\circ$) с пластиной из твердого сплава – резец 2102–0005 Т15К6 ГОСТ 18877–73; резец расточной для глухих отверстий – резец 2141–0057 ГОСТ 18883–73; резец расточной для обработки сквозных отверстий ($\varphi=45^\circ$) – резец 2140–0505 ГОСТ 18882–73; резец расточной канавочный специальный $b=5$ мм (собственного изготовления).

Сверла: сверло центровочное А6,3 ГОСТ 14952–75; сверло спиральное с коническим хвостовиком Ø 48 ГОСТ 10903–77

- вспомогательный инструмент.

Установка сверла центровочного производится в сверлильном трехкулачковом патроне – патрон 9 – В12 ГОСТ 8522–79. Установка сверлильного патрона в пиноль задней бабки осуществляется через переходную конусную втулку – втулка 6100–0226

ГОСТ 13598–85. Установка сверла спирального в пиноль задней бабки осуществляется через переходную конусную втулку – втулка 6100–0147 ГОСТ 13598–85.

- средства измерения.

Штангенциркуль ШЦ – II – 400 – 0,05 ГОСТ 166–89; штангенциркуль ШЦ – II – 200 – 0,05 ГОСТ 166–89; штангенциркуль ШЦ – I – 125 – 0,1 ГОСТ 166–89.

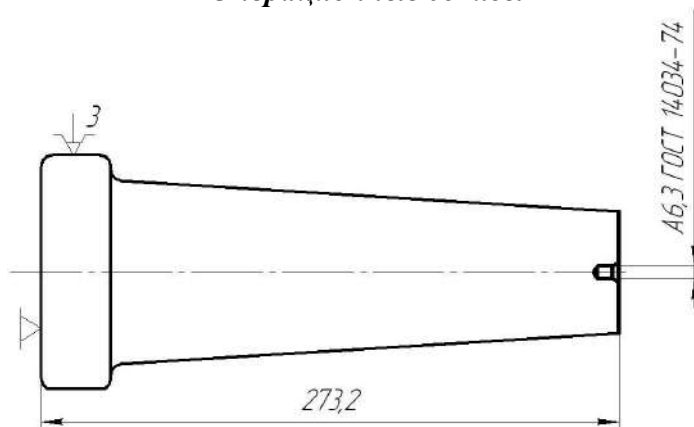
Содержание операции.

Установ А. Заготовка устанавливается и закрепляется в трехлачковом патроне. 1. Подрезать торец в размер 274. 2. Подрезать торец в размер 273,2. 3. Сверлить отверстие А6,3 ГОСТ 14034–74.

Установ Б. Заготовка устанавливается и закрепляется в трехлачковом патроне с поджимом задним центром. 1. Точить Ø 83,4 и торец, выдерживая размер 28,6. 2. Точить Ø 67 х 198. 3. Точить Ø 62, выдерживая размер 109. 4. Точить Ø 51,6, выдерживая размер 53.

Установ В. Заготовка устанавливается и закрепляется в трехлачковом патроне с упором по торцу заготовки. 1. Подрезать торец в размер 27,1. 2. Рассверлить отверстие Ø 48 х 73,2. 3. Расточить Ø 57,3 х 38,2. 5. Расточить Ø 57,66 х 38,2. 6. Расточить канавку $b=5$ в размер чертежа. 6. Точить фаску 8,2 х 45°. 7. Точить Ø 105,6 напроход. 8. Точить уступ ($b=3,2$ мм) с Ø 105,6 до Ø 90.

Операционные эскизы



010 Токарная (Чистовая обработка поверхностей в центрах)

Станок. Токарно-винторезный мод 16В20.

Установка и закрепление заготовки осуществляется в центрах с поводковым патроном. Поддержка второго конца обрабатываемой заготовки осуществляется центром станочным вращающимся

Средства технологического оснащения.

Поводковый патрон - патрон 7108–0021 ГОСТ 2571–71. Хомутик поводковый – хомутик 7107–0042 ГОСТ 2578–70. Центр станочный вращающийся типа А – центр А–1 – 4 – Н ГОСТ 8742–75.

Резцы: резец подрезной упорный с пластинкой из твердого сплава – резец 2103–0007 ВК8 ГОСТ 18879–73; резец проходной отогнутый правый ($\varphi=60^\circ$) с пластинкой из твердого сплава – резец 2102 –0005 Т15К6 ГОСТ 18877–73.

Средства технического контроля.

Штангенциркуль ШЦ – II – 200 – 0,05 ГОСТ 166–89; штангенциркуль ШЦ – I – 125 – 0,1 ГОСТ 166–89.

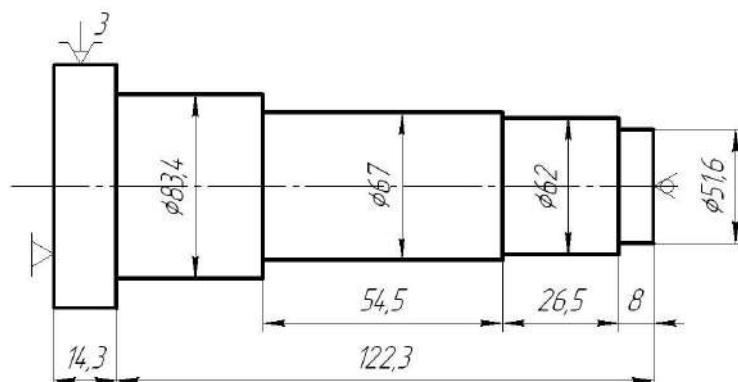
Содержание операции.

Установ А. 1. Точить $\varnothing 81,3$ и торец, выдерживая размер 26,4. 2. Точить $\varnothing 66,1$ х 198. 3. Точить $\varnothing 60,4$, выдерживая размер 109. 4. Точить $\varnothing 51$, выдерживая размер 53. 5. Точить $\varnothing 80,47$. 6. Точить $\varnothing 65,4$.

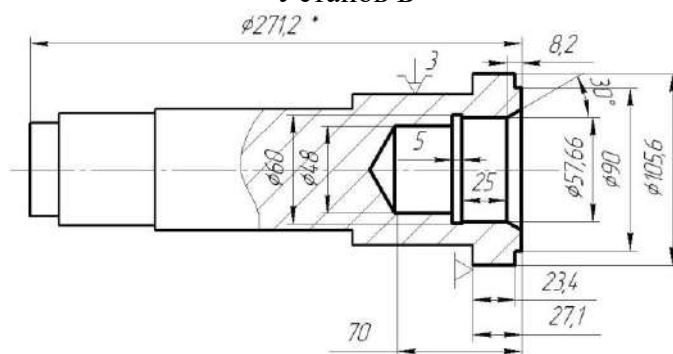
Установ Б. 1. Точить $\varnothing 105$ напроход. 2. Точить уступ с $\varnothing 105$ до $\varnothing 90$, выдерживая размер 21,2. 3. Точить фаску 2 х 45° . 4. Точить фаску 2 х 45° .

Операционные эскизы.

Установ А



Установ Б



015 Круглошлифовальная (Подготовка поверхностей под нарезание шлицев)

Оборудование. Станок круглошлифовальный 3М153

Установка и закрепление заготовки осуществляется в жестких центрах с надеванием хомутика.

Средства технологического оснащения.

Центр жесткий упорный ГОСТ 2576–79. Хомутик поводковый 7107– 0068 ГОСТ 16488–70.

Режущий инструмент. Круг шлифовальный ПП 500 х 63 х 32; 15А40С27К ГОСТ 2424–83.

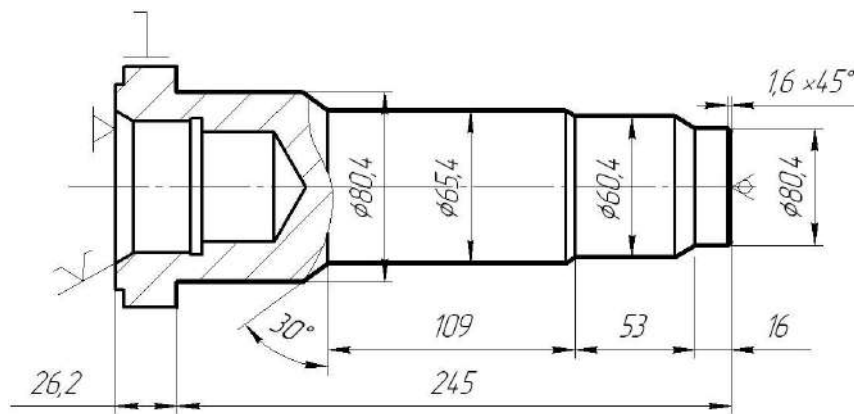
Средства технического контроля

Микрометр гладкий МК 50 – 75 ГОСТ 6507–90; МК 75 – 100 ГОСТ 6507–90.

Содержание операции.

1. Шлифовать $\varnothing 80,18$. 2. Шлифовать $\varnothing 65,18$. Шлифовать $\varnothing 60$.

Операционный эскиз



020 Шлицефрезерная (Нарезание шлицев $m = 4,5, z = 12$; $m = 5, z = 14$)

Оборудование. Станок шлицефрезерный вертикальный мод. 53А30П (наибольший модуль нарезаемых шлицев 6 мм)

Установка и закрепление заготовки осуществляется в жестких центрах с надеванием хомутика.

Средства технологического оснащения.

Центр жесткий упорный ГОСТ 2576–79. Хомутик поводковый 7107- 0042 ГОСТ 2578–70.

Режущий инструмент.

Фреза червячная $m = 4,5, (D \times d) 90 \times 32$ ГОСТ 6637–80; $m = 5, (D \times d) 100 \times 32$ ГОСТ 6637–80.

Средства технического контроля.

Штангенциркуль ШЦ – I – 125 – 0,1 ГОСТ 166–89.

Содержание операции.

Установ А.

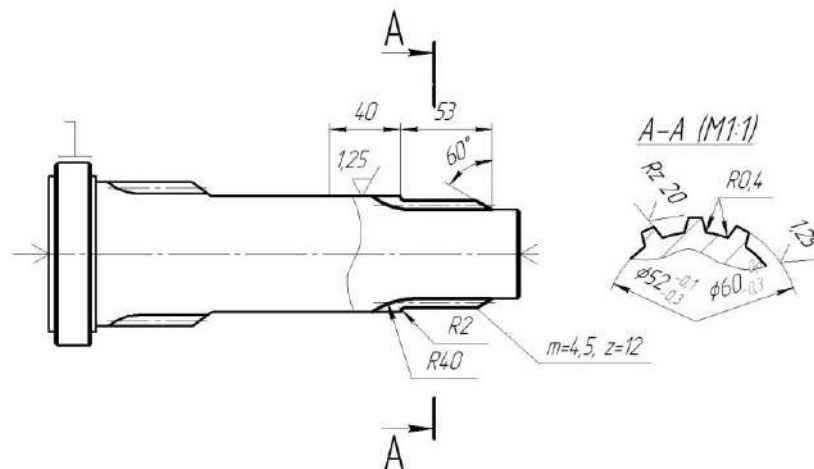
1. Нарезать шлицы $m = 4,5, z = 12$ предварительно. 2. Нарезать шлицы $m = 4,5, z = 12$ окончательно.

Установ Б.

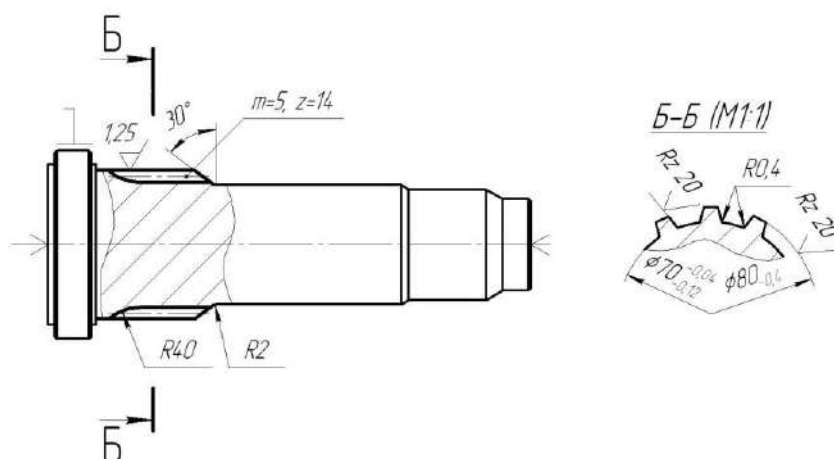
1. Нарезать шлицы $m = 5, z = 14$ предварительно. 2. Нарезать шлицы $m = 5, z = 14$ с припуском под шлифование.

Операционные эскизы

Установ А



Установ Б



025 Зубофрезерная (Нарезание зубьев $m = 3,5$, $z = 28$)

Оборудование. Станок зубофрезерный вертикальный мод. 53А30П (наибольший модуль нарезаемых зубьев 6 мм)

Установка и закрепление заготовки осуществляется в жестких центрах с надеванием хомутика.

Средства технологического оснащения.

Центр жесткий упорный ГОСТ 2576–79. Хомутик поводковый – хомутик 7107–0042 ГОСТ 2578–70.

Режущий инструмент.

Фреза червячная $m = 3,5$, (D x d) 80 x 32 ГОСТ 6637–80.

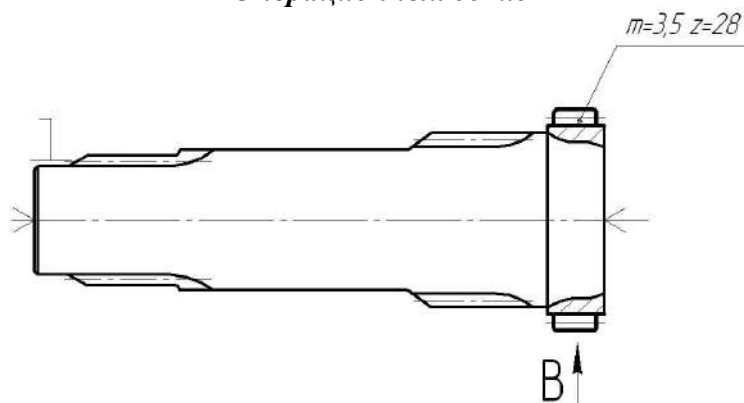
Средства технического контроля.

Штангенциркуль ШЦ – I – 125 – 0,1 ГОСТ 166–89.

Содержание операции.

1. Нарезать зубья $m = 3,5$, $z = 28$ предварительно. 2. Нарезать зубья $m = 3,5$, $z = 28$ окончательно.

Операционный эскиз



030 Фрезерная

Оборудование. Станок вертикально-фрезерный консольный мод. 6Н12

Установка и закрепление заготовки осуществляется в делительной головке (по Ø 51) с поджатием центром, установленным в задней бабке.

Средства технологического оснащения.

Делительная головка УДГ–200; задняя бабка; центр жесткий упорный ГОСТ 2576–79.

Режущий инструмент.

Фреза концевая с цилиндрическим хвостовиком $d = 4$ ГОСТ 17025–71.

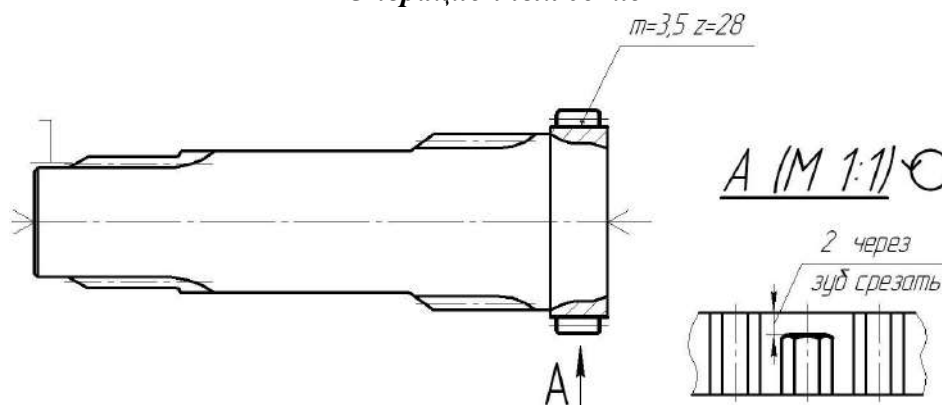
Средства технического контроля.

Штангенциркуль ШЦ – I – 125 – 0,1 ГОСТ 166 – 90.

Содержание операции.

1. Срезать зубья через 1 в размер чертежа.

Операционный эскиз



035 зубозакругляющая. Зубозакругление.

Оборудование. Станок зубозакругляющий мод.557

Установка и закрепление заготовки осуществляется в делительной головке (по Ø 51) с поджатием центром, установленным в задней бабке.

Средства технологического оснащения.

Делительная головка УДГ–200; задняя бабка; центр жесткий упорный ГОСТ 2576–79.

Режущий инструмент.

Фреза концевая с цилиндрическим хвостовиком d = 4 ГОСТ 17025–71.

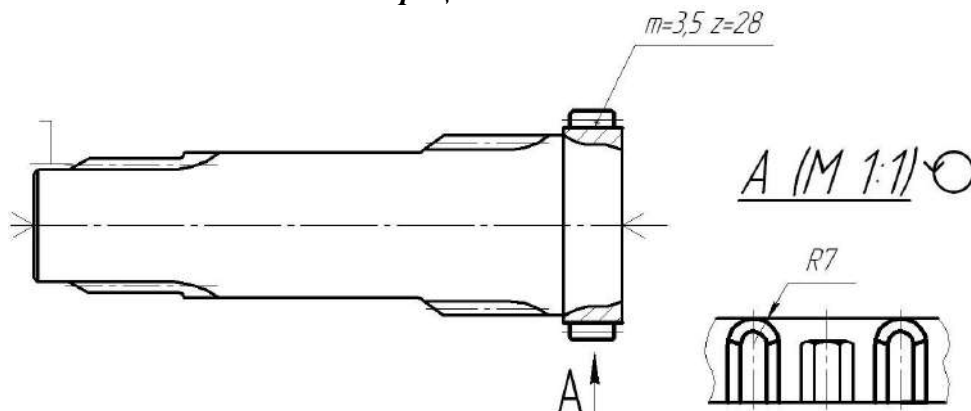
Средства технического контроля.

Штангенциркуль ШЦ – I – 125 – 0,1 ГОСТ 166–89.

Содержание операции.

1. Закруглить зубья через 1 в размер чертежа.

Операционный эскиз



040 Химико-термическая. Цементация

045 Токарная. (Снятие дополнительного припуска по торцу зубчатого венца).

Станок. Токарно-винторезный мод 16В20.

Установка и закрепление заготовки осуществляется в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне.

Средства технологического оснащения.

Трехкулачковый самоцентрирующийся патрон - патрон 7100–0009 ГОСТ 2675–

80.

Режущий инструмент

Резцы: резец подрезной упорный с пластинкой из твердого сплава – резец 2103–0007 ВК8 ГОСТ 18879–73.

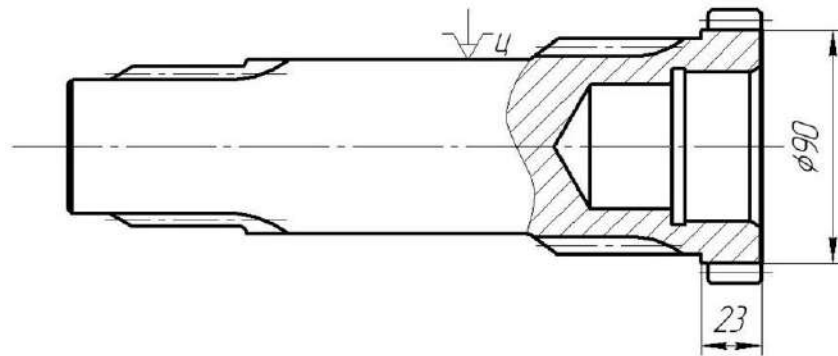
Средства технического контроля.

Штангенциркуль ШЦ – II – 200 – 0,05 ГОСТ 166–89; штангенциркуль ШЦ – I – 125 – 0,1 ГОСТ 166–89;

Содержание операции.

1. Подрезать торец в размер 23.

Операционный эскиз.



050 Сверлильная. (Нарезание резьбы М12).

Станок. Вертикально-сверлильный мод 2Н125-1.

Установка и закрепление заготовки осуществляется в специальном приспособлении.

Средства технологического оснащения.

Приспособление станочное специальное собственного изготовления. Патрон

Режущий инструмент

Сверло спиральное с коническим хвостовиком – сверло 2301–0400 ГОСТ 10903–77; зенковка коническая с углом при вершине 120°; с цилиндрическим хвостовиком – зенковка Ø 12,5 ГОСТ 14953–80; метчик машинно-ручной для нарезания метрической резьбы – метчик М12 х 1,75 ГОСТ 3266–81.

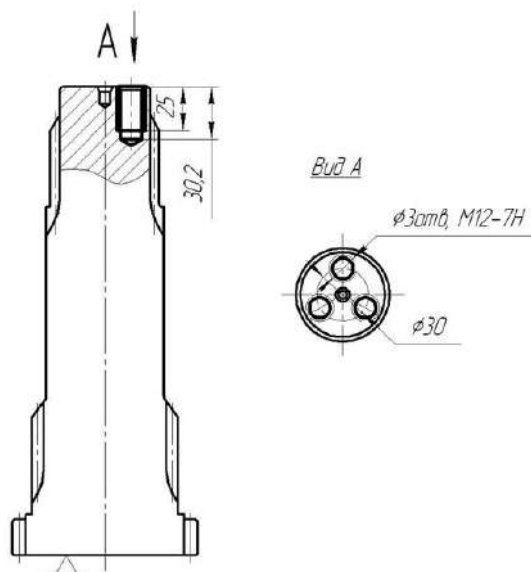
Средства технического контроля.

Штангенциркуль ШЦ – I – 125 – 0,1 ГОСТ 166–89;

Содержание операции.

1. Сверлить отверстие Ø 10,2 х 30,2. 2. Переход 1 повторить 2 раза. 3. Зенковать фаску 1,6 х 120°. 4. Переход 3 повторить 2 раза. 5. Нарезать резьбу М 12 в размер чертежа. 6. Переход 5 повторить 2 раза.

Операционный эскиз.



055 Термическая. (Закалка. Закалка ТВЧ).

060 Токарная. (Зачистка центров).

Станок. Токарно-винторезный мод 16В20.

Установка и закрепление заготовки осуществляется в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне.

Средства технологического оснащения.

Центр жесткий упорный ГОСТ 2576–79.

Режущий инструмент

Центр жесткий упорный ГОСТ 2576–79 (центр жесткий устанавливается в заднюю бабку и им производится притирка центровочного отверстия в детали путем приложения небольшого осевого усилия).

Содержание операции.

1. Притереть центр.

Операционный эскиз.

065 Внутршлифовальная. (Обработка отверстия и основной технологической базы – фаски).

Оборудование. Станок внутршлифовальный мод. 3К225А

Установка и закрепление заготовки осуществляется в патроне с выверкой по индикатору.

Средства технологического оснащения.

Трехкулачковый самоцентрирующийся патрон - патрон 7100–0005 ГОСТ 2675–80.

Режущий инструмент. Головка шлифовальная цилиндрическая АW40 х 20 24А25С17К ГОСТ 2447–82; головка шлифовальная коническая ЕW 15 х 25 24А25С17К ГОСТ 2447–82.

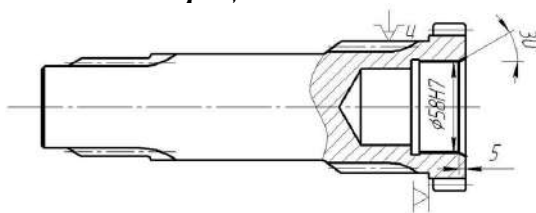
Средства технического контроля

Индикаторный нутромер НИ - 100М ГОСТ 868–82.

Содержание операции.

1. Шлифовать Ø 58Н7. 2. Шлифовать фаску 5 х 30°

Операционный эскиз



070 Круглошлифовальная. (Обработка поверхностей 80k6, Ø65k6)

Оборудование. Станок круглошлифовальный 3М153

Установка и закрепление заготовки осуществляется в жестких центрах с надеванием хомутика.

Средства технологического оснащения.

Центр жесткий упорный ГОСТ 2576–79. Хомутик поводковый 7107–0068 ГОСТ 16488–70.

Режущий инструмент. Круг шлифовальный ПП 500 х 63 х 32; 25А25СМ16К ГОСТ 2424–83.

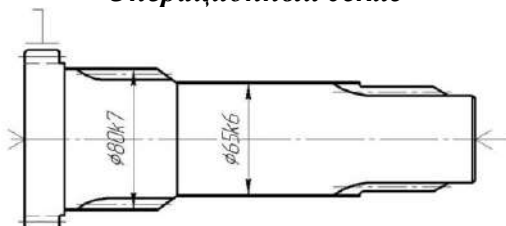
Средства технического контроля

Скоба рычажная СР 50–75 ГОСТ 11098–75; СР 75–100 ГОСТ 11098–75.

Содержание операции.

1. Шлифовать Ø 80,18. 2. Шлифовать Ø 65,18. 3. Шлифовать Ø 80k6. 4. Шлифовать Ø 65k6.

Операционный эскиз



075 Шлицешлифовальная. (Шлифование шлицев).

Оборудование. Станок шлицешлифовальный мод. МШ-322

Установка и закрепление заготовки осуществляется в жестких центрах с надеванием хомутика.

Средства технологического оснащения.

Центр жесткий упорный ГОСТ 2576–79. Хомутик поводковый – хомутик 7107–0068 ГОСТ 16488–70.

Режущий инструмент. Круг шлифовальный профильный 25А25СМ210К ГОСТ 2424–83.

Средства технического контроля

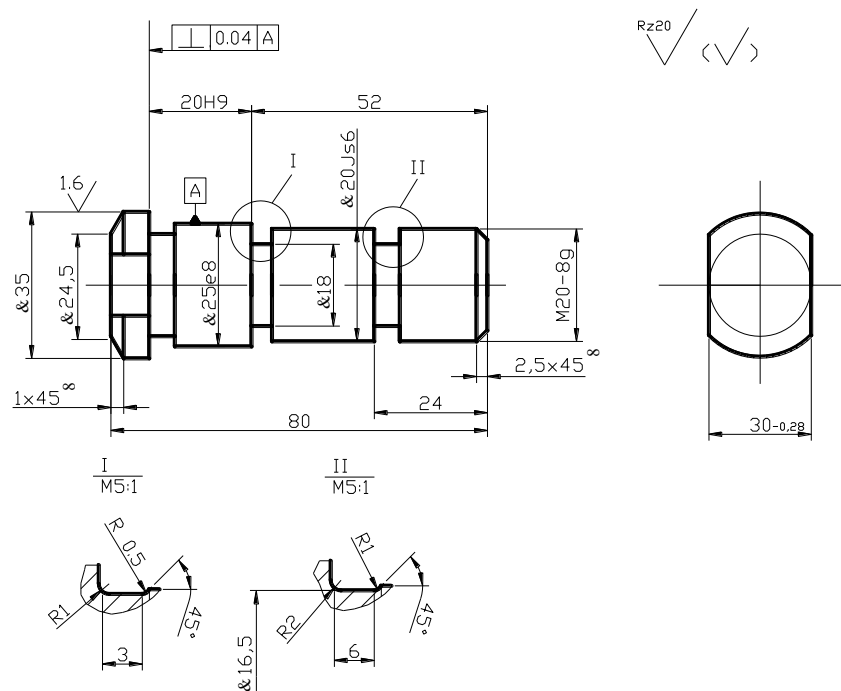
Штангенциркуль ШЦ – I – 125 – 0,1 ГОСТ 166–89. Образцы шероховатости.

Содержание операции.

1. Шлифовать шлицы $m = 5$, $z = 14$ окончательно

Операционный эскиз





000 Заготовительная. Рубить пруток $\varnothing 36 \times 3000$. Из прутка планируется получить 34 детали.

005 Правильная. Править пруток

010 Токарная. 1. Подрезать и центровать торец (под $\varnothing 20$ мм – диаметр сверла 3,15 мм по ГОСТ 14952-74). С целью придания жесткости подпереть заготовку задним вращающимся центром. 2. Точить $\varnothing 35 \times 72$. 3. Точить шейки (черновое точение) и (чистовое точение) с припуском под шлифование $\varnothing 25,5$; $\varnothing 20,4$; и $\varnothing 19,8$ под накатывание резьбы М 20. 4. Точить канавки $b = 6$ и $b = 3$ (при прорезании канавки оставить припуск под шлифование торца 0,3 мм, т. е. выдерживать размер 71,7 мм; точить фаску $2,5 \times 45^\circ$). 5. Отрезать деталь, выдерживая размер 81 мм.

015 Токарная. 1. Подрезать второй торец в размер 81 (при этом технологический размер головки оси по $\varnothing 35$ должен быть $8,3_{-0,1}$ мм). 2. Точить фаску. 3. Центровать торец.

020 Фрезерная. Фрезеровать две лыски, выдерживая размер $30_{-0,28}$

025 Резьбонакатная. Накатать резьбу М 20 – 8g.

030 Термическая.

035 Токарная. Притереть центра

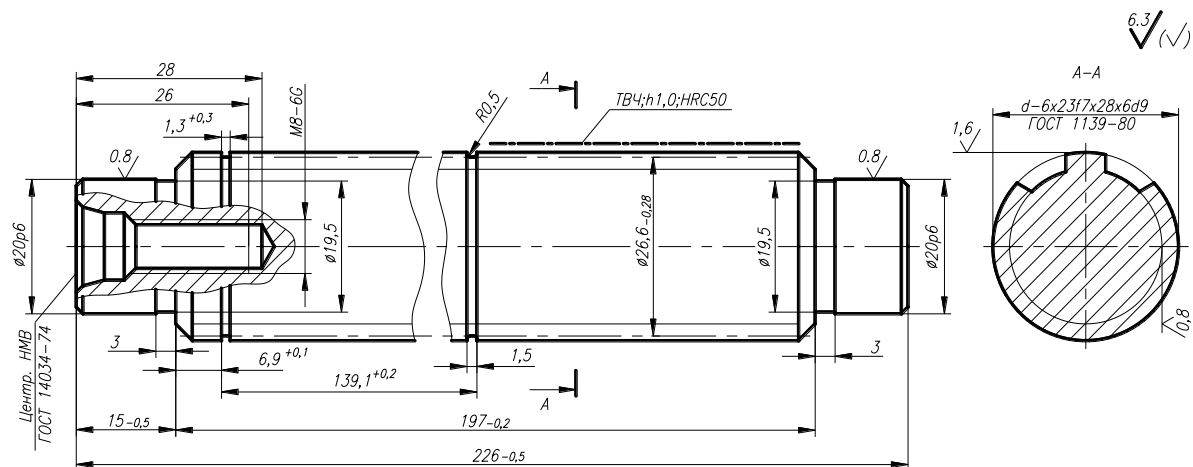
040 Шлифовальная. Шлифовать $\varnothing 20 j6$.

045 Шлифовальная. Шлифовать $\varnothing 25 e8$ с подшлифовкой торца по $\varnothing 35$, выдерживая размер 20 H9.

050 Моечная

055 Контрольная.

Деталь. Валик. Материал – Сталь 40 X.



000 Заготовительная. Отрезать заготовку (прокат) $\varnothing 32 \times 232$.

005 Термическая.

010 Токарная. Установ А. 1. Подрезать и центровать торец (под $\varnothing 20$ мм – диаметр центровочного сверла 3,15 мм по ГОСТ 14952-74). 2. Сверлить отверстие $\varnothing 8,4$ и $\varnothing 6,7$ под резьбу М 8 – 6G; зенковать фаски. 3. Нарезать резьбу М 8 - 6G. Установ Б. 1. Подрезать торец в размер 226. 2. Центровать торец. **(Фрезерно-центровальная).** 1. Фрезеровать торцы в размер 226 и центровать с двух сторон одновременно. **(Сверлильная)** 1. Сверлить отверстие $\varnothing 8,4$ и $\varnothing 6,7$ под резьбу М 8 – 6G; зенковать фаски. 2. Нарезать резьбу М 8 - 6G

015 Токарная. Заготовка устанавливается в центрах с поводковым патроном. Передний центр – жесткий; задний – вращающийся. 1. Точить шейки (черновое точение; чистовое точение) $\varnothing 28,4$ ($\varnothing 28$ d11), $\varnothing 20,4$ ($\varnothing 20$ р6); точить фаски; точить канавки $b = 3$.

020 Токарная. Заготовка устанавливается в центрах с поводковым патроном. Передний центр – жесткий; задний – вращающийся. 1. Точить шейки (черновое точение, чистовое точение с припуском под шлифование) $\varnothing 20,4$ ($\varnothing 20$ р6); точить две канавки $b = 1,3$; точить канавку $b = 3$; точить фаски.

025 Термическая. Установка ТВЧ.

030 Токарная. Притереть центра. **(Шлифовальная)** Шлифовать центровые отверстия.

035 Шлифовальная. Деталь устанавливается и закрепляется в жестких центрах с хомутиком. Один центр удлиненный. 1. Шлифовать $\varnothing 28$ d11, $\varnothing 20$ р6 с подшлифовкой торца, выдерживая размер 15 мм

040 Шлифовальная. Деталь устанавливается и закрепляется в жестких центрах с хомутиком. Один центр удлиненный. 1. Шлифовать $\varnothing 20$ р6 с подшлифовкой торца.

045 Шлицефрезерная. Заготовка устанавливается в центрах с поводковым патроном. Центра жесткие. 1. Фрезеровать шесть шлицев в размер чертежа.

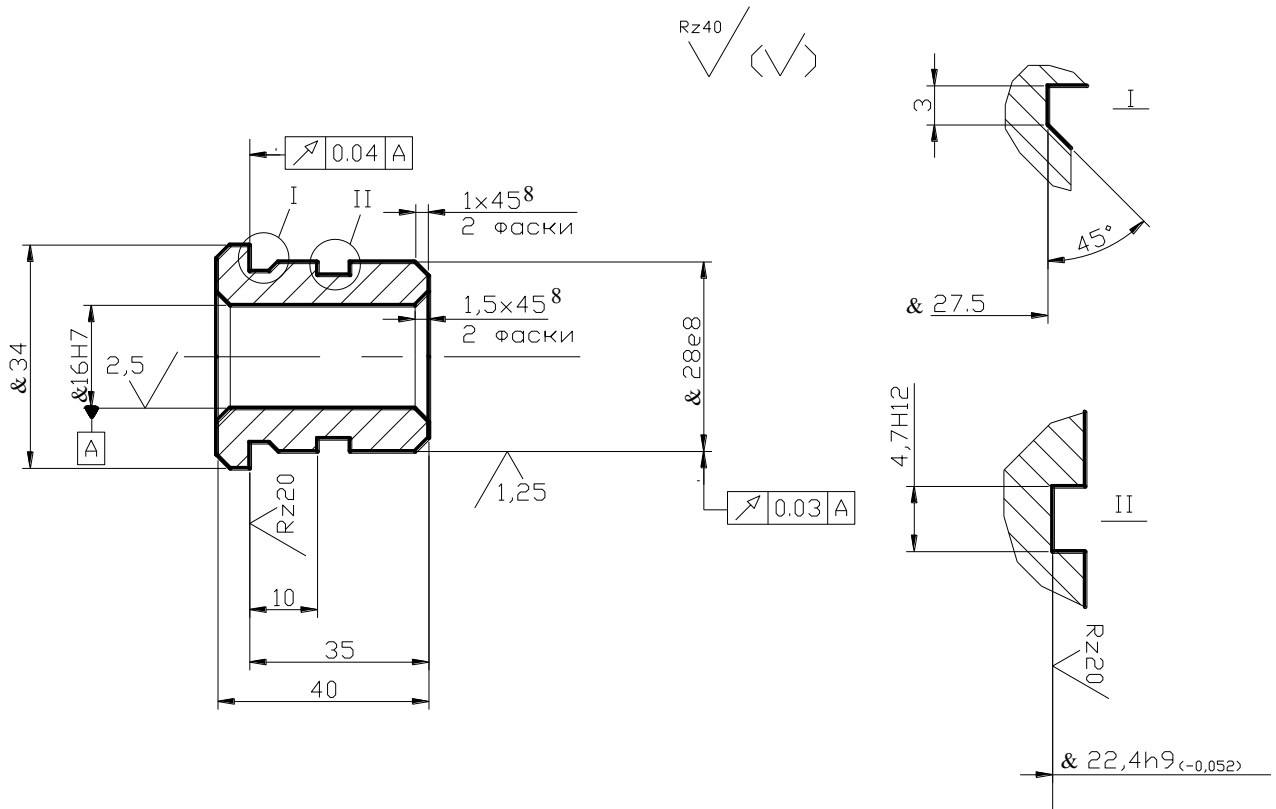
045 Шлицефрезерная. Заготовка устанавливается в центрах с хомутиком. Центра жесткие. 1. Фрезеровать шесть шлицев в размер 20 j7 до $\varnothing 67,8$.

055 Моечная.

060 Контрольная.

4.7.4.2. Технология изготовления втулок

Деталь. Втулка. Материал – Сталь А12В.



000 Заготовительная. Отрезать заготовку $\varnothing 34 \times 2000$. Из прутка планируется получить 43 детали.

010 Токарная. 1. Заправить концы прутка фасками.

015 Токарная. 1. Подрезать и центровать торец (под $\varnothing 34$ мм – диаметр сверла 3,5 мм по ГОСТ 14952-74). 2. Сверлить отверстие $\varnothing 15 \times 45$. 3. Зенкеровать отверстие $\varnothing 15,9 \times 45$. 4. Зенковать фаску $1,6 \times 45^\circ$ (после развертывания отверстия она будет $1,5 \times 45^\circ$). 5. Точить поверхность (черновое точение) и (чистовое точение) с припуском под шлифование $\varnothing 28,5 \times 34,8$. 6. Точить канавки $b = 3$ и $b = 4,7H12$; точить фаску $1 \times 45^\circ$. 7. Отрезать деталь, выдерживая размер 40,5 мм.

020 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по наружному диаметру в цанговой оправке (патроне). 1. Подрезать второй торец в размер 40 мм. 2. Зенковать фаску $1,6 \times 45^\circ$. 3. Развернуть отверстие $\varnothing 16H7$.

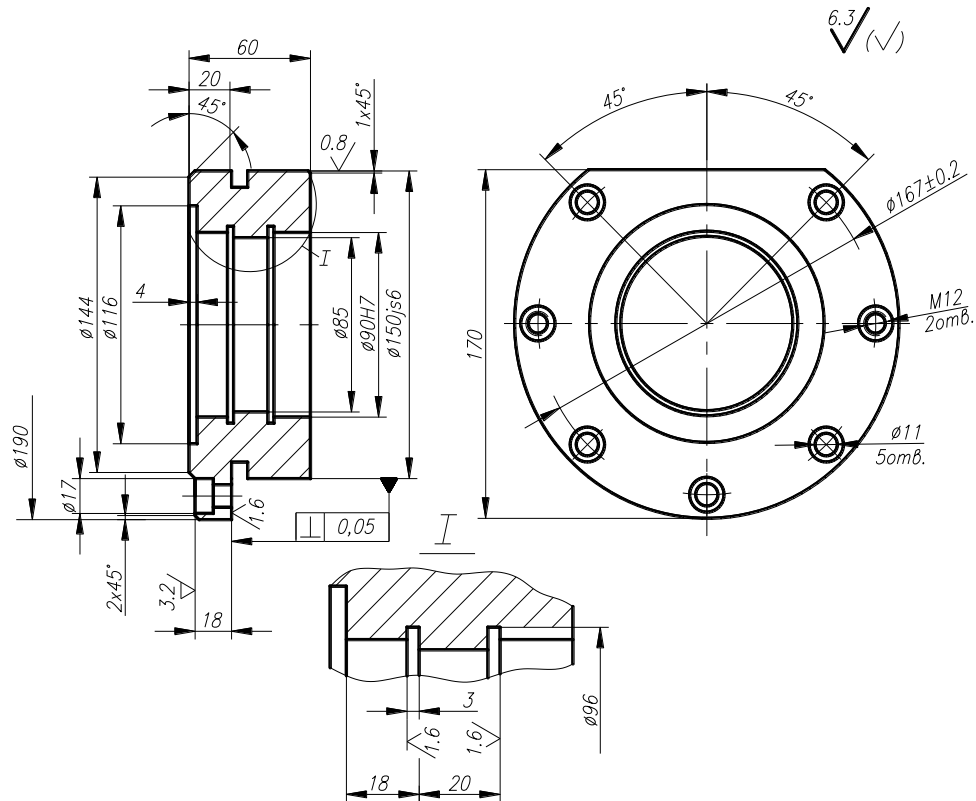
025 Шлифовальная. Заготовка устанавливается по внутреннему диаметру на оправке, закрепляется в жестких центрах с хомутиком. 1. Шлифовать $\varnothing 28e8$ с подшлифовкой торца, выдерживая размер 35 мм.

030 Моечная.

035 Контрольная

4.7.4.3. Технология изготовления деталей класса диски

Деталь. **Стакан**. Материал – чугун СЧ 20.



000 Заготовительная. Литье. Обработка и очистка отливки.

005 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется в трехлачковом патроне. 1. Подрезать торец в размер 63,4 (межоперационный размер с припусками на чистовую обработку торца и припуском на черновую и чистовую обработку противоположного торца). 2. Точить $\varnothing 131,2 \times 32$ (60 – 28 межоперационный размер) и торец. 3. Расточить отверстие $\varnothing 85 \text{ H9}$ (допуск технологический) на проход.

015 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру ($\varnothing 85 \text{ H9}$) в оправке. 1. Подрезать торец в размер 61,8 мм; подрезать торец в размер 60,4 (размер межоперационный). 2. Точить поверхность с $\varnothing 190$ до $\varnothing 144$ (коническая поверхность с углом 45°), выдерживая размер 28,2 (межоперационный). 3. Точить фаску $2 \times 45^\circ$. 4. Расточить отверстие $\varnothing 89,85 \times 22$ (18 + 4). 5. Расточить выточку $\varnothing 116 \times 4$. 6. Точить канавку $b=3$, выдерживая размер 18.

020 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру ($\varnothing 85 \text{ H9}$) в оправке. 1. Подрезать торец в размер 60 мм.. 2. Точить поверхность $\varnothing 130,4 \times 31,8$ (межоперационный). 3. Точить канавку $b=3$ (на $\varnothing 130$). 4. Точить фаску $1,5 \times 45^\circ$. 5. Расточить отверстие $\varnothing 89,85 \times 28$ (60 – (18 + 4 + 20)). 5. Точить канавку $b=3$, выдерживая размер 20.

025 Фрезерная. Заготовка устанавливается и закрепляется по торцам в тисках или в УСПО. 1. Фрезеровать лыску в размер 170.

030 Слесарная. 1. Опиливать острые кромки

035 Сверлильная. Заготовка устанавливается (база $\varnothing 130,4$; упорная база – лыска) и закрепляется в кондукторе или УСПО. 1. Сверлить отверстие $\varnothing 11$ на проход. 2. Переход 1 повторить 4 раза. 3. Цековать (зенковать) отверстие $\varnothing 17 \times 9$. 3. Переход 3 повторить 4 раза. 5. Сверлить отверстие $\varnothing 10,2$ (под резьбу М 12). 6. Переход 5

повторить. 7. Зенковать фаску $1 \times 120^\circ$. 8. переход 7 повторить. 9. Нарезать резьбу М 12. 10 Переход 9 повторить.

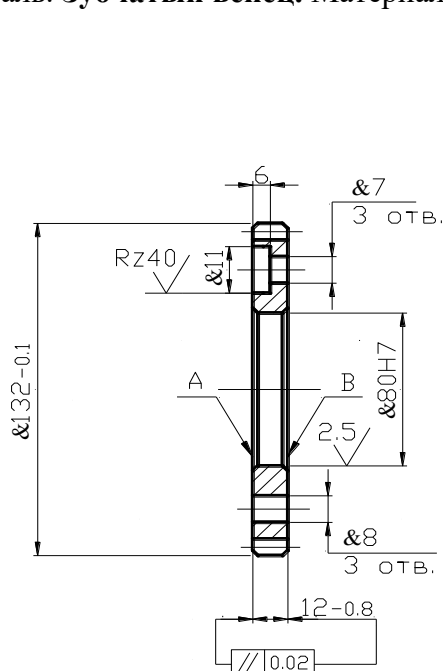
040 Токарная (расточная; алмазно-расточная). Заготовка устанавливается и закрепляется в цанговой оправке по наружному диаметру. 1. Расточить отверстие $\varnothing 90 H7$ (выполняется за две позиции).

045 Шлифовальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по технологическому диаметру $\varnothing 85 H9$ в оправке. 1. Шлифовать $\varnothing 130j6$ и торец, выдерживая размер 28.

050 Моечная.

055 Контрольная.

Деталь. **Зубчатый венец.** Материал – Сталь 40 X.



Материал – сталь 40X
 $m = 2, z = 64$
 Степень точности 7-B
 ГОСТ 1643-81

000 Заготовительная. Штамповка.

005 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по наружному диаметру в трехкулачковом патроне. 1. Подрезать торец. 2. Расточить отверстие $\varnothing 129,7$ на проход (с припуском под шлифование). 3. Расточить фаску в отверстии

010 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру в трехкулачковом патроне. 1. Подрезать торец в размер 12,4 (межоперационный размер с припуском под шлифование торцев). 2. Точить $\varnothing 132$ на проход. 3. Точить две фаски $2 \times 45^\circ$.

015 Шлифовальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по наружному диаметру в трехкулачковом патроне. 1. Шлифовать торец. 2. Шлифовать отверстие $\varnothing 80 H7$ на проход.

020 Плоскошлифовальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по магнитной плите. 1. Шлифовать торец в размер 12.

025 Зубообрабатывающая (Зубофрезерная). Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру в оправке. 1. Фрезеровать 64 зуба ($m = 2$).

030 Слесарная. Зачистить заусенцы на торцах зубьев.

035 Сверлильная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру в приспособлении (кондукторе) или УСПО. 1. Сверлить отверстие $\varnothing 7$. 2. Переход повторить 2 раза. 3. Цековать (зенковать) отверстие $\varnothing 11 \times 6$. 4. Переход 3

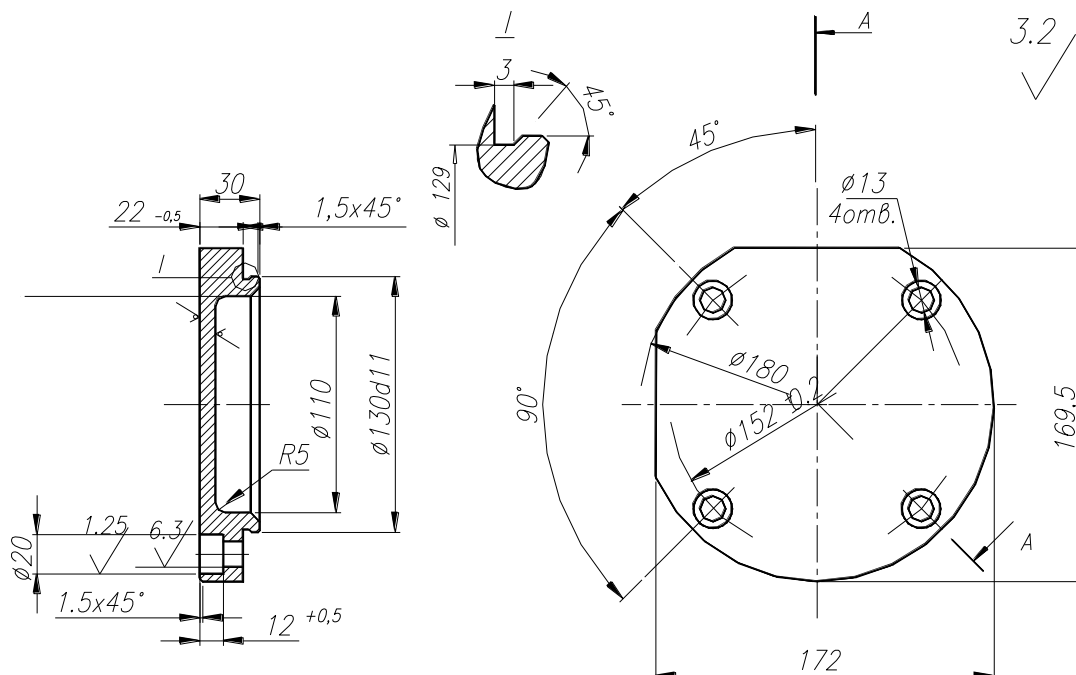
повторить 2 раза. 5. Сверлить отверстие $\varnothing 7,9$. 6. Переход 5 повторить 2 раза. 7. Развернуть отверстие $\varnothing 8$. 8. Переход 7 повторить 2 раза.

040 Моечная.

045 Контрольная.

4.7.4.4. Технология изготовления фланцев

Деталь. **Фланец.** Материал – Чугун СЧ 20.



000 Заготовительная. Литье. Обрубка и очистка отливки.

005 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется в трехкулачковом патроне. 1. Точить $\varnothing 180$ на проход. 2. Точить фаску $1,5 \times 45^\circ$.

010 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по наружному диаметру ($\varnothing 180$) в трехкулачковом патроне. 1. Подрезать торец в размер 30 мм. 2. Точить поверхность (черновое точение) $\varnothing 131,2$; (чистовое точение, $Ra=3,2$) $\varnothing 130d11 \times 8$. 3. Точить канавку $b=3$, выдерживая размер 22. 4. Точить фаску $1,5 \times 45^\circ$.

015 Фрезерная. Заготовка устанавливается и закрепляется по торцам в тисках или в УСПО. 1. Фрезеровать лыску в размер 172. 2. Фрезеровать лыску в размер 169,5.

020 Слесарная. 1. Опиливать острые кромки

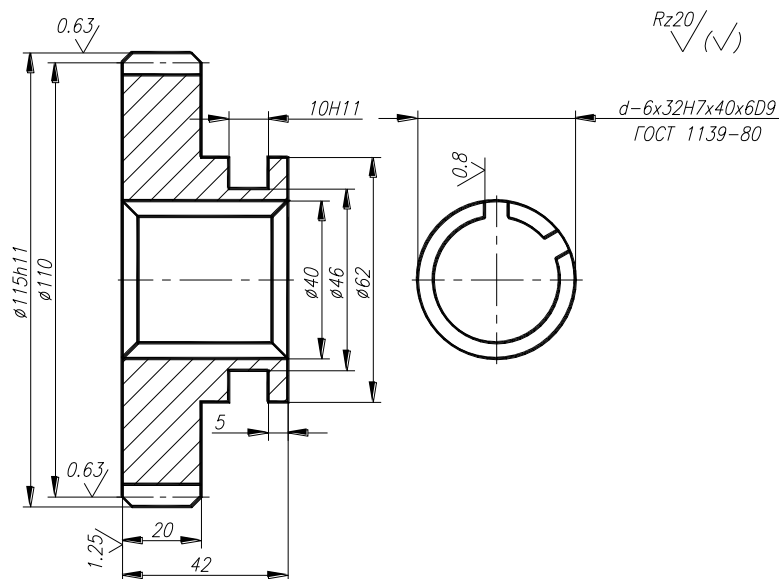
025 Сверлильная. Заготовка устанавливается (база $\varnothing 130d11$; упорная база – лыска) и закрепляется в кондукторе или УСПО. 1. Сверлить отверстие $\varnothing 13$ на проход. 2. Переход 1 повторить 3 раза. 3. Цековать (зенковать) отверстие $\varnothing 20 \times 12$. 3. Переход 3 повторить 3 раза.

030 Моечная.

035 Контрольная

4.7.4.5. Технология изготовления зубчатых колес

Деталь. **Зубчатое колесо.** Материал – Сталь 25ХГТ.



000 Заготовительная. Штамповка.

005 Термическая. Отжиг

010 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется в трехкулачковом патроне зубчатым венцом. 1. Подрезать торец в размер 43,4 (межоперационный размер с припусками на чистовую обработку торца ступицы и припуском на черновую и чистовую обработку торца зубчатого венца). 2. Точить $\varnothing 62,8 \times 22,4$ (42 – 20 межоперационный размер) и торец. 3. Расточить отверстие $\varnothing 31,1$ (межоперационный размер с припуском под протягивание) на проход. 4. Расточить фаску.

015 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру ($\varnothing 31,1$) в цанговой разжимной оправке. 1. Подрезать торец в размер 20,8 мм; подрезать торец в размер 20,4 (размер межоперационный). 2. Точить поверхность $\varnothing 115,8$ (межоперационный с припуском на чистовое точение и шлифование). 3. Точить фаску $2 \times 45^\circ$. 4. Расточить фаску до $\varnothing 40$ мм.

020 Протяжная. Протянуть восьмишлицевое отверстие (с припуском на калибровку по $\varnothing 38H11$ и на шлифование по $\varnothing 32H7 - \varnothing 31,66$).

025 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на оправке (специальная) с упором по торцу зубчатого венца. 1. Подрезать торец в размер 42,4 мм. 2. Точить поверхность $\varnothing 62 \times 22,2$ (межоперационный). 3. Точить $\varnothing 115,3$ (межоперационный размер с припуском под шлифование, так как $Ra 0,63$). 4. Точить канавку $b = 10H11$ (за два прохода черновое и чистовое). 4. Точить фаску $1,5 \times 45^\circ$.

030 Контрольная.

035 Зубофрезерная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на оправке (специальная) с упором по торцу зубчатого венца. 1. Фрезеровать 44 зуба ($m = 2,5$) (припуск под шлифование 0,15).

040 Зубозакругляющая. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на оправке (специальная) с упором по торцу зубчатого венца. 1. Закруглить 44 зуба ($m = 2,5$) радиусом R11.

045 Слесарная. 1. Опиливать острые кромки.

050 Калибровочная. Калибровать восьмишлицевое отверстие (инструмент прошивка; оборудование пресс).

055 Термическая. Нитроцементация (глубина 0,3 – 0,5 мм). Закалка HRCэ 56 – 60.

040 Слесарная. 1. Опиливать острые кромки.

045 Калибровочная. Калибровать шестишлицевое отверстие (инструмент прошивка; оборудование пресс).

050 Термическая. Закалка зубьев ТВЧ (HRCэ 45 – 50).

055 Шлифовальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по наружному диаметру. 1. Шлифовать $\varnothing 28H7$ и торец.

060 Плоскошлифовальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по магнитной плите по торцу (шлифованному). 1. Шлифовать торец в размер 18.

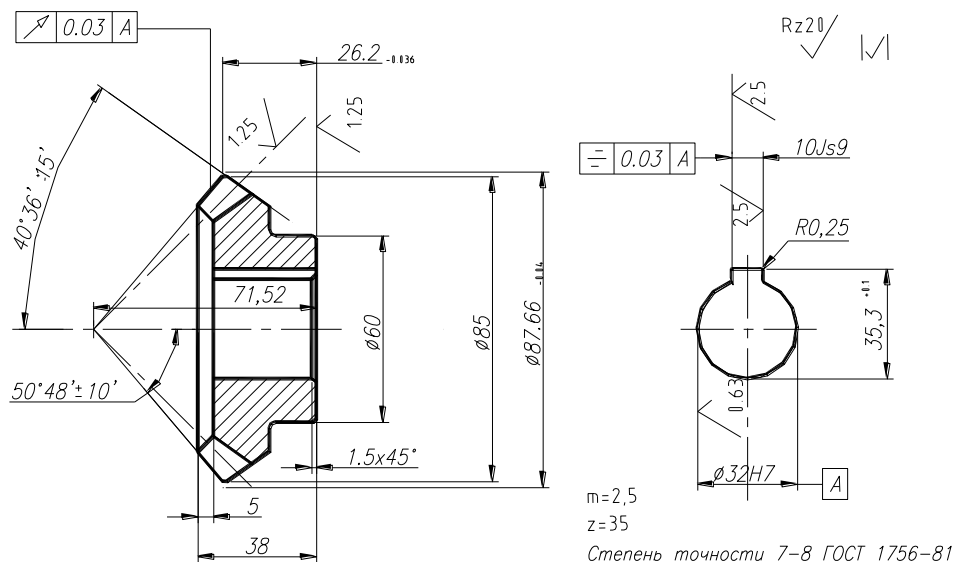
065 Зубошлифовальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на оправке (специальная) с упором по торцу венца. 1. Шлифовать 64 зуба ($m = 1,75$) предварительно.

070 Зубошлифовальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на оправке (специальная) с упором по торцу венца. 1. Шлифовать 64 зуба ($m = 1,75$) окончательно.

075 Моечная.

080 Контрольная.

Деталь. Зубчатое колесо коническое. Материал – Сталь 45.



000 Заготовительная. Прокат $\varnothing 95 \times 45$.

005 Термическая. Отжиг

010 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется в трехкулачковом патроне 1. Подрезать торец в размер 41,2 (межоперационный размер с припусками на чистовую обработку торца и припуском на черновую и чистовую обработку второго торца). 2. Точить поверхность $\varnothing 61,1$ 3. Сверлить сквозное отверстие $\varnothing 15$. 4. Рассверлить отверстие $\varnothing 32$. 5. Зенкеровать отверстие $\varnothing 33,7$. 5. Развернуть отверстие $\varnothing 33,9$. 6. Расточить фаску $1,5 \times 45^\circ$.

015 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по наружному диаметру ($\varnothing 61,1$) в трехкулачковом патроне. 1. Подрезать торец в размер 39,4 мм (размер межоперационный). 2. Точить поверхность $\varnothing 88,8$ (межоперационный с припуском на чистовое точение). 3. Точить угол $40^\circ 36'$. 4. Точить угол $50^\circ 46'$. 6. Точить выборку предварительно.

020 Протяжная. Протянуть шпоночный паз $B = 10Js9$.

025 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на разжимной оправке. 1. Подрезать торец в размер 38,8 мм. 2. Точить $\varnothing 60$. 3. Точить фаску $1,5 \times 45^0$.

030 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на разжимной оправке с упором в торец ($\varnothing 60$). 1. Подрезать торец в размер 38,5. 2. Точить поверхность $\varnothing 87,66$. 3. Точить угол $40^0 36'$. 4. Точить угол $50^0 46'$. 6. Точить выборку, выдерживая размер 5 мм.

035 Контрольная.

040 Зубострогальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на разжимной цанговой оправке с упором по торцу. 1. Стругать 35 зубьев ($m = 2,5$) (припуск под шлифование 0,10).

045 Слесарная. 1. Опиливать острые кромки зубьев.

050 Шлифовальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по наружному диаметру. 1. Шлифовать $\varnothing 32H7$ и торец ($\varnothing 60$).

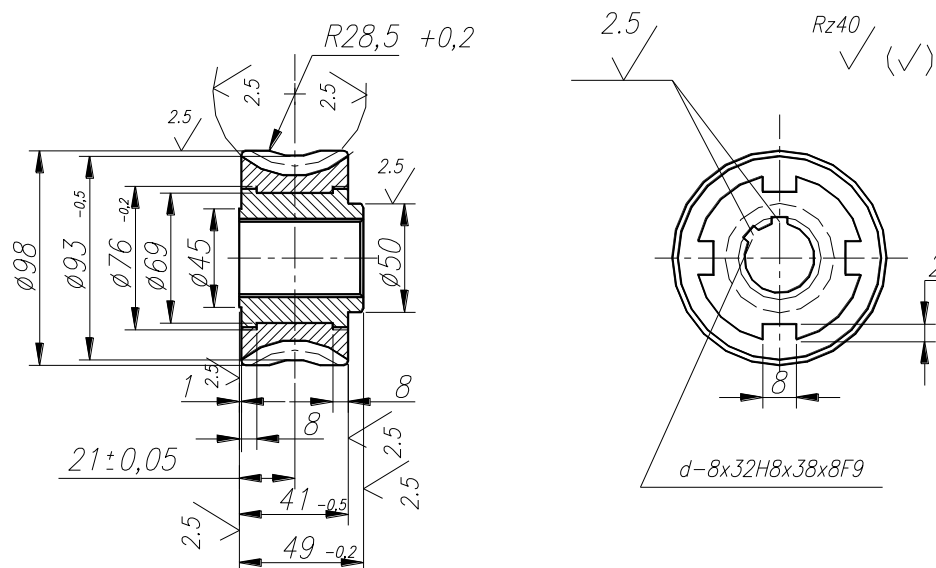
055 Шлифовальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по $\varnothing 32H7$ в разжимной цанговой оправке с упором по торцу ($\varnothing 60$). 1. Шлифовать торец в размер 38.

060 Зубошлифовальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по $\varnothing 32H7$ на оправке (специальная) с упором по торцу. 1. Шлифовать 35 зубьев ($m = 2,5$).

065 Моечная.

070 Контрольная.

Деталь. **Червячное колесо.** Материал: ступица – Сталь 45; зубчатый венец – Бр.А9ЖЗА.



Ступица.

000 Заготовительная. Прокат $\varnothing 80 \times 56$.

005 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется в трехкулачковом патроне. 1. Подрезать торец в размер 52. 2. Сверлить сквозное отверстие $\varnothing 15$. 3. Рассверлить отверстие $\varnothing 30$. 4. Зенковать фаску $2,5 \times 45^0$. 5. Точить с $\varnothing 80$ до $\varnothing 52,6$, выдерживая размер 8 мм (49 – 41).

010 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по $\varnothing 30$ в разжимной цанговой оправке с упором по торцу ($\varnothing 52,6$). 1. Подрезать торец в размер 49,8. 2. Точить с $\varnothing 80$ до $\varnothing 47,6$, выдерживая размер 1 мм. 3. Точить $\varnothing 76$.

015 Фрезерная. Заготовка устанавливается и закрепляется по Ø 30 в разжимной цанговой оправке с упором по торцу (Ø 52,6). Оправка закрепляется в делительной головке. 1. Фрезеровать паз $B = 8$ на глубину 2 мм. 2. Переход повторить три раза.

020 Слесарная. Зачистить заусенцы.

Венец. Червячное колесо.

025 Литье. Залить бронзой.

030 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по Ø 30 в разжимной цанговой оправке с упором по торцу (Ø 52,6). Установ А. 1. Точить наружный Ø 101 на проход. Установ Б. Заготовка устанавливается и закрепляется в трехкулачковом патроне. 1. Подрезать торец в размер 51,2. 2. Зенкеровать сквозное отверстие Ø 31,1 (с припуском по протягиванию). 3. Зенковать фаску $2 \times 45^\circ$.

035 Протяжная. Протянуть восьмишлицевое отверстие $d - 8 \times 32H7 \times 38H12 \times 8F9$.

040 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по Ø 32H7 в разжимной цанговой оправке (специальной) с упором по торцу. 1. Подрезать торец в размер 49,4. 2. Точить Ø 50 и торец, выдерживая размер 8 мм (технологический). 3. Точить Ø 98,7.

045 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по Ø 32H7 в разжимной цанговой оправке (специальной) с упором по торцу. 1. Подрезать торец в размер 49. 2. Точить Ø 45 и торец, выдерживая размер 1 мм. 3. Точить Ø 98. 4. Точить радиус $R = 28,5$.

050 Контрольная.

055 Зубофрезерная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на разжимной цанговой оправке с упором по торцу. 1. Фрезеровать 29 зубьев ($m = 3,0$) (припуск под шевингование 0,09).

060 Слесарная. Зачистить заусенцы.

065 Шевинговальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на разжимной цанговой оправке с упором по торцу. 1. Шевинговать 29 зубьев ($m = 3,0$) окончательно.

070 Моечная.

075 Контрольная.

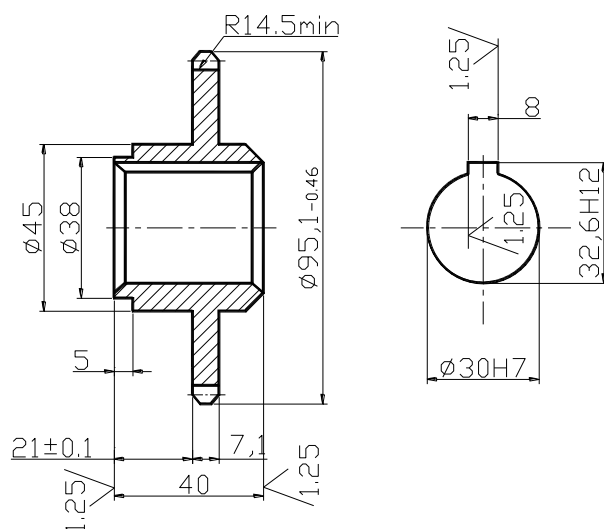
Деталь Звездочка. Материал – Сталь 45.

000 Заготовительная. Штамповка.

005 Термическая. Отжиг

010 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется в трехкулачковом патроне за ступицу большей высоты. 1. Подрезать торец в размер 41,4 (межоперационный размер с припусками на чистовую обработку торца и припуском на черновую и чистовую обработку торца ступицы большей высоты). 2. Точить Ø $45,8 \times 12$ ($40 - 21 - 7,1$) и торец. 3. Точить Ø 95,8 на проход. 4. Расточить сквозное отверстие Ø 29,2 (межоперационный размер с припуском под протягивание) на проход. 5. Расточить фаску $2,5 \times 45^\circ$.

Rz20/ (✓✓)



015 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру ($\varnothing 29,2$) в цанговой разжимной оправке. 1. Подрезать торец в размер 40,8 мм. 2. Точить $\varnothing 45,8 \times 21$ и торец ($\varnothing 95,8$). 3. Точить выточку с $\varnothing 38,6 \times 5$. 4. Расточить фаску $2,5 \times 45^\circ$.

020 Протяжная. Протянуть отверстие $\varnothing 29,72$ (припуск под шлифование 0,28).

025 Протяжная. Протянуть паз $B = 8H9$.

030 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на разжимной оправке с упором по торцу ступицы большей высоты. 1. Подрезать торец в размер 40,4 мм. 2. Точить $\varnothing 45 \times 12$ и торец ($\varnothing 95,8$).

035 Токарная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру ($\varnothing 29,72$) на разжимной оправке. 1. Подрезать торец в размер 40 мм. 2. Точить $\varnothing 45 \times 21$ и торец ($\varnothing 95,8$). 3. Точить выточку с $\varnothing 38 \times 5$. 4. Точить $\varnothing 95,1$. 5. Точить радиус $R 14,5$. 6. Точить фаску $2,5 \times 45^\circ$.

040 Контрольная.

045 Зубофрезерная. Заготовка устанавливается и закрепляется по внутреннему диаметру на оправке с упором. 1. Фрезеровать 22 зуба ($m = 12,7$).

050 Слесарная. 1. Опилить острые кромки.

055 Термическая. Закалка зубьев ТВЧ (HRCэ 45 – 50).

060 Шлифовальная. Заготовка устанавливается и закрепляется по наружному диаметру. 1. Шлифовать $\varnothing 30H7$.

065 Моечная.

070 Контрольная.

Содержание

Введение.....	3
Глава 1. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	4
1.1. Технологический процесс изготовления детали	4
1.2. Станочное (рабочее) или контрольное приспособление	5
1.3. Технологическая себестоимость изготовления детали.....	5
Глава 2. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	5
2.1. Графическая часть	5
2.2. Технологическая документация.....	7
2.3. Пояснительная записка	7
2.3.1. Состав и структура пояснительной записки.....	7
2.3.2. Требования к оформлению пояснительной записки.....	7
Глава 3. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕССЫ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА	9
3.1. Основные термины, определения, понятия	9
3.2. Основные типы производств.....	10
3.3. Основные виды и формы технологических процессов	12
3.4. Методы организации технологических процессов	14
Глава 4. МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ.....	15
4.1. Содержание и последовательность разработки технологических процессов.....	15
4.2. Анализ исходных данных	16
4.2.1. Технические требования к детали	16
4.2.2. Общие требования к технологичности формы детали	17
4.2.3. Технологичность валов.....	18
4.2.4. Технологичность втулок и цилиндров	22
4.2.5. Технологичность дисков и барабанов	23
4.2.6. Технологичность зубчатых колес	24
4.2.7. Технологичность корпусных деталей	25
4.2.8. Особенности технологичности конструкций подвергаемых термической и химико-термической обработке.....	26
4.2.9. Пример технологического анализа чертежа детали.....	27
4.3. Выбор заготовок и способов их изготовления	29
4.3.1. Выбор способов получения заготовок	30
4.3.1.1. Факторы, влияющие на выбор вида и способа получения заготовок	30
4.3.1.2. Методы и способы получения заготовок	31
4.3.2. Определение размеров и массы заготовок	37
4.3.3. Порядок определения и назначения припусков и допусков на заготовки	37
4.3.3.1. Сортовой прокат	37
4.3.3.2. Отливки из металлов и сплавов	42
4.3.3.3. Поковки стальные штампованные	46
4.3.3.4. Пример расчета допусков и припусков на поковки (заготовки) и составление чертежа заготовки.....	48
4.3.3.5. Поковки, изготавливаемые свободной ковкой на прессах.....	57
4.3.3.6. Поковки, изготавливаемые свободной ковкой на молотах	57
4.4. Выбор технологических баз и схем установки заготовок	60
4.5. Выбор способов обработки поверхностей заготовки	65

4.6.	Выбор технологического оборудования и средств технологического оснащения	71
4.6.1.	Технологическое оборудование (металлорежущие станки)	71
4.6.2.	Технологическая оснастка и приспособления.....	72
4.6.2.1.	Приспособления для токарных и шлифовальных работ	72
4.6.2.2.	Приспособления для фрезерных и сверлильных работ	73
4.6.3.	Режущий инструмент	75
4.6.4.	Вспомогательный инструмент	75
4.6.5.	Средства технического контроля.....	76
4.7.	Разработка технологического процесса	76
4.7.1.	Типовые технологические процессы.....	76
4.7.1.1.	Типовой технологический процесс изготовления валов	77
4.7.1.2.	Типовой технологический процесс изготовления втулок	84
4.7.1.3.	Типовой технологический процесс изготовления шкивов, дисков и фланцев.....	87
4.7.1.4.	Типовой технологический процесс изготовления зубчатых колес	90
4.7.1.5.	Типовой технологический процесс изготовления рычагов	105
4.7.2.	Разработка маршрута технологического процесса	106
4.7.3.	Разработка технологических операций	108
4.7.4.	Пример разработки маршрутно-операционного технологического процесса изготовления детали	109
4.7.5.	Примеры маршрутно-операционных технологических процессов изготовления деталей.....	120
4.7.5.1.	Технология изготовления валов.....	120
4.7.5.2.	Технология изготовления втулок.....	125
4.7.5.3.	Технология изготовления деталей класса диски.....	126
4.7.5.4.	Технология изготовления фланцев.....	128
4.7.5.5.	Технология изготовления зубчатых колес.....	128
	Содержание.....	135
	Приложения	
	Приложение А. Основные типы станков	137
	Список литературы	147

Преобладающий типаж металлорежущего оборудования в машиностроении и системы технического сервиса

Внимание. 1. Для целей курсового проектирования приведены только некоторые технические характеристики станков, как находящихся в эксплуатации, так и выпускаемых взамен.

2. Приведенные цены станков получены на основании «Прайс листов» заводов изготовителей и пересчетом прейскурантных цен с учетом индекса цен на 01.01.2005 г. предназначены для учебных целей и не могут служить основанием для расчета между поставщиками и потребителями.

Токарные станки

Таблица 1

Токарно-винторезные (ГОСТ 18097–93 (ИСО 1708-8-89)).

Назначение и область применения. Для выполнения токарных работ в центрах, цанге, патроне, планшайбе и нарезания метрической, дюймовой и модульной резьб.

Основные технические характеристики		Модель			
		1М61П; 16А16П; 16Б16П; 16Б16Т1; 16Д16А	16К20; 16Д20; 16К20П; 16В20; 1В62Г	16К25; 16Д25; 1В625	1М63Б; 16К30П; 16ТВ30
Максимальный диаметр обрабатываемого изделия, мм	над станиной	320	400	500	630
	над суппортом	160	220	250	350
Максимальный диаметр обрабатываемого прутка, мм		34	45	50	70
Максимальная длина обрабатываемого изделия, мм		710	630 - 1400	2000	2800
Число оборотов шпинделя в минуту, об/мин		35-1200 (регулируется бесступенчато)	12,5 - 2000; 16; 20; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 315; 400; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000	12,5 - 1600; 16; 20; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 315; 400; 630; 800; 1000; 1250; 1600	12,5 - 1600; 16; 20; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 315; 400; 630; 800; 1000; 1250; 1600
Подача, мм/об	продольная	0,08 – 1,2	0,05 – 2,8 (0,05; 0,06; 0,070; 0,085; 0,10; 0,12; 0,14; 0,17; 0,20; 0,24; 0,28; 0,34; 0,40; 0,48; 0,57; 0,68; 0,81; 0,96; 1,11; 1,36; 1,62; 1,93; 2,38; 2,80)		0,055 – 1,2
	поперечная	0,04 – 0,60	0,025 – 1,40 (0,025; 0,030; 0,035; 0,040; 0,050; 0,060; 0,070; 0,085; 0,10; 0,12; 0,14; 0,17; 0,20; 0,24; 0,275; 0,34; 0,405; 0,48; 0,55; 0,68; 0,81; 0,915; 1,19; 1,40)		0,023 – 0,05
Сечение резца, h x b, мм		22 x 25	25 x 25	25 x 25	32 x 25
Конус Морзе пиноли задней бабки		4	5	5	6
Диаметр патрона, мм		200	250	250	320
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт		2,8/4,0/4,6	10/11	11	13/17/22
Габаритные размеры, L x B, м		2,15 x 0,87 2,0 x 1,90	2,81 x 1,16 2,50 x 1,19	2,5/2,8/3,2/ 3,8 x 1,24;	4,15/4,75/ 5,55 x 2,01
Цена, руб		469168	435000	475000	850000

Таблица 2

Токарно-револьверные (ГОСТ 3179–72)

Назначение и область применения. Для обработки деталей из прутка и штучных заготовок в мелкосерийном и серийном производстве.

Основные технические характеристики	Модель

		Горизонтальная ось револьверной головки			Вертикальная ось револьверной головки		
		1Д316П	1Д325П	1Г340 1Г340П	1Е316П	1В340 1Е340П	1Е365Б П
Максимальный диаметр обрабатываемого изделия, мм	над станиной	250	320	400	250	400	500
	над суппортом	80	120	200	80	200	280
Максимальный диаметр обрабатываемого прутка, мм		16	25	40	16	40	80
Максимальная длина обрабатываемого изделия, мм		3000					
Число позиций (инструментов) револьверной головки, шт		12	16	16	6	8	6
Диаметр отверстия револьверной головки для крепления инструмента, мм		Ø 20 - 6 Ø 30 - 6	Ø 20 - 8 Ø 30 - 8	Ø 30	Ø 20	Ø 30	Ø 60
Число оборотов шпинделя в минуту, об/мин		200; 315; 400; 500; 630; 800	100; 160; 200; 315; 400; 500; 630; 800; 1000	45 - 2000	100; 160; 200; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1600; 2000; 4000	45 - 2000	31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 160; 200; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1600; 2000;
Подача, мм/об	продольная	0,04 – 0,4	0,04 – 0,5	0,035 – 1,6	0,04 – 0,4	0,05 – 1,6	0,05 – 3,2
	поперечная	0,04 – 0,4	0,028 – 0,315	0,02 – 0,8	0,04 – 0,4	0,025 – 0,8	0,025 – 1,6
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт		1,7	3,7	6,0	1,7	6,0	15
Габаритные размеры, L x B, м		3,7 x 0,94	4,15 x 1,0	2,8 x 1,2	3,6 x 0,75	2,8 x 1,2	4,4 x 1,52
Цена, руб			413000	272520	267400	513950	660000

Сверлильные и расточные станки

Таблица 3

Вертикально-сверлильные (ГОСТ 370–93, ГОСТ 21611–82).

Радиально-сверлильные (ГОСТ 98–83, ГОСТ 1222–80).

Назначение и область применения. Для сверления, зенкерования, развертывания отверстий, нарезания резьбы метчиком и подрезания торцев ножами.

Основные технические характеристики	Модель				
	Вертикально-сверлильные			Радиально-сверлильные	
	2Н118-1	2Г125; 2Н125-1 МН-25	2Н135-1; 2Г135Л	2К52-1; 2К52Т1	2А554
Максимальный диаметр сверления, мм	18	25	35	25	50
Вылет шпинделя, мм	220	250	300	300 - 800	1600
Максимальный ход шпинделя, мм	150	200	300	250	400
Размеры рабочего стола, мм	Ø 320	400 x 500	630 x 550		
Число оборотов шпинделя в минуту, об/мин	180; 255; 360; 500; 715; 1000; 1420; 2000; 2800	96; 135; 192; 270; 384; 540; 768; 1080; 1360	68; 96; 135; 192; 270; 384; 540; 768; 1080	63;	12,5; 16; 20; 31,5; 40; 50; 63;
				80; 100; 125; 160; 200; 315; 400; 630; 800; 1000; 1250; 1600	
Мощность электродвигателя привода	1,5	2,2	2,2	1,5	5,5

главного движения, кВт					
Габаритные размеры, L x B, м	0,84 x 1,03	1,13 x 0,81	1,13 x 1,65	1,8 x 1,02	2,69 x 1,03
Цена, руб	44490	69700	120950	80870	225500

Таблица 4

Горизонтально-расточные (ГОСТ 7058–84).

Координатно-расточные (ГОСТ 30175–94).

Назначение и область применения. Для обработки чистовых операций с точными отверстиями, связанными между собой точными координатами.

Основные технические характеристики	Модель				
	Горизонтально-расточные			Координатно-расточные	
	2A614 2H614	2H615	2620Г 2A620-1	2421	2431; 2431С
Рабочая поверхность стола, мм	1000 x 1000	1000 x 1120	1120 x 1250	250 x 360	320 x 560
Максимальный диаметр сверления, мм	-	-	-	10 50	20 125
Максимальный диаметр обрабатываемого отверстия, мм	-	-	-	50	125
Максимальная длина обрабатываемого изделия, мм	-	-	-	200	230
Число оборотов шпинделя в минуту, об/мин	10; 12,5 - 1600	20 - 1600	12,5 - 1600	6,3; 10; 12,5 - 3150	80 - 3150
Подача шпинделя, мм/об	-	-	-	0,015 – 0,06	0,02 – 0,2
Подача стола (вдоль и поперек), мм/об	-	-	-	-	22 - 600
Конус Морзе шпинделя	-	-	-	2	3
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	10	10	11	1,0	2,2
Габаритные размеры, L x B, м	4,88 x 3,98	4,88 x 3,98	6,10 x 3,05	1,95 x 1,65	3,04 x 2,64
Цена, руб	49200	49200	227140	432000	984000

Шлифовальные

Таблица 5

Круглошлифовальные (ГОСТ 11654–90)

Назначение и область применения. Для шлифования наружных и внутренних цилиндрических, конических и торцевых поверхностей методом продольного и врезного шлифования.

Основные технические характеристики		Модель			
		Универсальные		Круглошлифовальные	
				Торце­круглошлифоваль­ные	
		3У10А; 3У10В; 3У10С	3У12УА; 3У12УС	3М151; 3М151Ф2 3М153; 3М153Е; 3М153У	3Т160; 3Т160Ф2; ХШ4-12
Максимальный диаметр устанавливаемого изделия, мм		100	200	200	140
Максимальная длина обрабатываемого изделия, мм		180	500	700	500
Наибольший диаметр шлифования, мм		25	60	200	140
Число оборотов детали в минуту, об/мин		100 - 1000	50 - 1000	50 - 500	50 - 1000
Подача	продольная стола, м/мин	0,030 – 2,20		0,050 – 5,0	
	поперечная шлифовального круга, мм/дв.ход	0,0025 (автоматическая через 0,0025)		0,005 (автоматическая через 0,005)	
Диаметр шлифовального круга, мм		250	400	500 - 750	

Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	1,1	4,0	15,2	5,5	18,5
Габаритные размеры, L x B, м	1,2 x 1,66	1,58 x 2, 21	4,95 x 2,40	2,26 x 1,92	2,73 x 3,31
Цена, руб	754400	492000	562200	702740	1758400

Таблица 6

Плоскошлифовальные (ГОСТ 13135–90)

Назначение и область применения. Для шлифования поверхностей различных деталей из чугуна и стали.

Основные технические характеристики		Модель				
		Горизонтальный шпиндель			Вертикальный шпиндель	
		3Е710В-1 3Д710В-1	3Е711В 3Е711В-1	3Д721В -1	3Д732	3Е756
Размеры рабочей поверхности стола, мм		125 x 250	200 x 630	320 x 630	320 x 800	Ø 800
Наибольшие размеры шлифуемого изделия, мм		250 x 320	200 x 630	320 x 630	320 x 800	Ø 800 x 450
Частота вращения шлифовального круга, об/мин		3340	2740	1500		
Скорость перемещения стола, м/мин		2 – 25	2 – 35	2 – 30	3 - 30	5 - 30
Подача шлифовального круга	поперечная, мм /дв. ход	0,5 - 30		0,3 – 60	1 - 30	3,2 м/мин
	вертикальная, мм/дв. ход	0,002 – 0,1 (автоматически через 0,002)		0,002 – 0,08	0,004 – 0,1	-
Диаметр шлифовального круга, мм		250		100 - 175	400	500
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт		1,5	5,5	5,5	17,0	55,0
Габаритные размеры, L x B, м		1,15 x 1,15	2,82 x 1,92	2,79 x 1,99	4,09 x 2,20	2,80 x 1,64
Цена, руб		295200	404670	590400	605160	780230

Таблица 7

Внутришлифовальные (ГОСТ 25–90)

Назначение и область применения. Для шлифования цилиндрических и конических отверстий

Основные технические характеристики		Модель				
		3К225В; 3К225А	3К228А	3К229В	3А230	3А240
Наибольший диаметр шлифуемого отверстия, мм		80	200	400	800	100
Наибольшая длина шлифования, мм		80	200	320	500	130
Наибольшие размеры шлифовального круга, мм		25 x 25 x 8 50 x 32 x 13	175 x 63 x 65	200 x 63 x 65	-	-
Частота вращения шлифовального круга, об/мин		12000 - 150000	3500 - 12000	3500 – 6000	1900 – 4460	11000
Частота вращения шпинделя, об/мин		125 - 2000	100 - 600	40 – 240	10 - 100	180 – 570
Подача	продольная, мм/мин	300 – 8000				
	поперечная, мм /дв.ход	0,0025; 0,005; 0,0075; 0,010; 0,0125; 0,03; 0,06; 0,12; 0,15				
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт		2,2	4,0	7,5	11,5	5,0
Габаритные размеры, L x B, м		2,46 x 2,06	3,50 x 1,46	4,16 x 1,78	4,98 x 1,73	-
Цена, руб		410000	705200	768750	-	-

Таблица 8

Бесцентрово-шлифовальные (ГОСТ 13510–93)

Назначение и область применения. Для шлифования наружных цилиндрических, конических и различных фасонных форм при обработке на проход и при обработке врезанием.

Основные технические характеристики	Модель				
	Нормальный шлифовальный круг			Широкий шлифовальный круг	
	3Е180В	3Е182В	3Е184Д	3Е184ШВ	3Е183ШВ
Максимальный диаметр устанавливаемого изделия, мм	10	40	80	80	40
Максимальная длина шлифования, мм	56	140	140	320	300
Наибольший диаметр шлифования, мм	6	25	80	80	80
Частота вращения шлифовального круга, об/мин	5730	2866	2293	2293	2866
Частота вращения ведущего круга, об/мин	7 - 300	15 - 200	12 - 150	12 - 150	15 - 200
Диаметр шлифовального круга, мм	200	350	500	500	500
Наибольшая высота шлифовального круга, мм	40	100	150	550	
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	2,2	11,0	7,5	75,0	22,0
Габаритные размеры, L x B, м	1,35 x 1,10	2,94 x 2,15	3,40 x 2,85	3,00 x 1,88	3,28 x 2,15
Цена, руб	362440	840500	734515	1272190	1272190

Фрезерные

Таблица 9

Горизонтально-фрезерные консольные (ГОСТ 165–81).

Назначение и область применения. Для плоскостей деталей различной конфигурации из стали, чугуна и цветных металлов цилиндрическими, дисковыми и торцовыми фрезами.

Основные технические характеристики		Модель				
		Консольные (Ш – широкоуниверсальные)			Консольные универсальные	
		6Т804Г; 6Р80Г; 6Т80Ш	6Р82Г; 6Д82Г; 6Д82Ш; 6М82Ш	6Р83Г; 6Т83Г – 1; 6Д83Ш	6Р81Г; 6Н81; 6К81Ш	6Т82; 6Т82-1; 6К82Г
Размеры рабочей поверхности стола (ширина, длина), мм		200 x 800	320 x 1250	400 x 1600	250 x 1000	320 x 1250
Расстояние от оси шпинделя до поверхности стола, мм		50 - 350	50 - 450	30 - 450	50 - 370	30 - 400
Наибольшие перемещения стола, мм	продольное	500	950	1000	630	800
	поперечное	160	320	400	200	320
	вертикальное	300	400	420	360	370
Число оборотов шпинделя в минуту, об/мин		20; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 630; 800; 1000; 1250; 1600				
Подача, мм/об	вертикальная	-	8,3; 10; 13; 15; 20; 24; 26; 33; 42; 53; 84; 106; 140; 169; 213; 268; 337; 420	-	-	-
	продольная	-	25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 630; 800; 1000; 1250; 1600	-	-	-
Посадочный диаметр шпинделя, мм						
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт		3,0	5,5	10,0	5,5	7,5
Габаритные размеры, L x B, м		1,82 x 1,88	1,95 x 2,22	2,57 x 2,25	1,56 x 2,05	2,28 x 1,97
Цена, руб		280000	890605	1027190	767295	738680

Таблица 10

Вертикально-фрезерные консольные (ГОСТ 165–81).

Фрезерные широкоуниверсальные инструментальные (ГОСТ 23330–85)

Назначение и область применения. Для фрезерования, сверления и растачивания деталей различной конфигурации из стали, чугуна и цветных металлов торцовыми, концевыми, фасонными и другими фрезами, расточными головками в различных плоскостях и под различными углами наклона.

Основные технические характеристики		Модель				
		Вертикально-фрезерные консольные			Широкоуниверсальные	
		6P10; 6H10; 6Д10	6Д12; 6P12Б; 6T12; 6H12	6T13; 6T13 - 1	675П 675ВФ1; ДФ6725	676 676П
Размеры рабочей поверхности стола (ширина, длина), мм		200 x 800	320 x 1250	400 x 1600	200 x 500	250 x 630
Расстояние от торца шпинделя до поверхности стола, мм		380	50 - 450	70 - 500	-	-
Расстояние от оси шпинделя до поверхности стола, мм		-	-	-	80 - 380	45 - 460
Число оборотов шпинделя в минуту, об/мин		31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 630; 800; 1000; 1250; 1600			40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000	
Наибольшие перемещения стола, мм	продольное	500	955	1120	320	400
	поперечное	200	325	400	200	300
	вертикальное	300	402	430	300	400
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт		3,0	5,5	11,0	1,5	2,2
Габаритные размеры, L x B, м		1,57 x 1,38	2,29 x 2,22	2,57 x 2,25	1,10 x 1,17	1,20 x 1,22
Цена, руб		114165	750755	390000	821870	821870

Таблица 11

Фрезерные разные (ГОСТ 1797–78)

Шпоночно-фрезерные. Резьбофрезерные.

Назначение и область применения. Для фрезерования шпоночных пазов нормализованным инструментом; фрезерования коротких наружных и внутренних резьб в патроне.

Основные технические характеристики		Модель			
		Шпоночно-фрезерные		Резьбофрезерные	
		Вертикальный 692P – 1; 692Д	Горизонтальный 6910	5Б63; 5Б63Г	5Б64
Размеры рабочей поверхности стола (ширина, длина), мм		250 x 1000	-	-	-
Расстояние между центрами, мм		-	-	710	-
Ширина фрезеруемого паза, мм		25	16		
Наибольший диаметр резьбы, мм				80	125
Длина обрабатываемой поверхности, мм		300	250	50	75
Число оборотов фрезы в минуту, об/мин		200; 250; 315; 400; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000		63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 630; 800; 1000	
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт		3,3	1,5	2,2	7,5
Габаритные размеры, L x B, м		1,51 x 1,80	-	-	-
Цена, руб		944000	-	1297900	1344500

Строгальные. Долбежные. Протяжные

Таблица 12

Поперечно-строгальные (ГОСТ 1105–74).

Назначение и область применения. Для обработки плоских и фасонных поверхностей (горизонтальных, вертикальных и наклонных), а также для прорезания прямоугольных пазов, канавок и выемок в условиях единичного и мелкосерийного производства в деталях из черных и цветных металлов.

Основные технические характеристики		Модель		
		7303	7305; 7305T	7307
Максимальный размер обрабатываемого изделия (ход ползуна), мм		320	500	720
Размеры рабочей поверхности стола, мм		280 x 320	360 x 500	20 x 700
Число двойных ходов ползуна в минуту		47 - 186	13,2 - 150	10,5; 15; 21; 30; 42,5; 60; 85; 118
Подача, мм/дв.ход	вертикальная	-	-	0,16; 0,20; 0,25; 0,30; 0,36; 0,47; 0,58; 0,72; 0,85; 1,00
	поперечная	-	-	0,20; 0,25; 0,31; 0,38; 0,48; 0,59; 0,73; 0,90; 1,27; 1,40; 1,70; 2,50; 2,66; 3,30; 4,00
Сечение резца, h x b, мм		20 x 12	25 x 16	-
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт		2,50	5,50	-
Габаритные размеры, L x B, м		1,97 x 0,90	2,31 x 1,06	-
Цена, руб		179510	203991	-

Таблица 13

Долбежные (ГОСТ 1141–74, ГОСТ 26–75)

Назначение и область применения. Для долбления различных поверхностей из черных и цветных металлов.

Основные технические характеристики		Модель			
		7401	7402	7403	7405
Диаметр рабочей поверхности стола, мм		360	500	630	800
Высота обрабатываемого изделия при обработке, мм	наружной поверхности	320	450	500	650
	внутренней поверхности	250	325	-	-
Ход долбяка, мм		100	20 - 200	120 - 320	120 - 500
Максимальное перемещение долбяка в пределах рабочей зоны, мм		200	320	500	700
Число двойных ходов долбяка в минуту		41 - 253	32 - 202	3 - 38 (3; 3,72; 4,6; 5,7; 7,1; 8,8; 10,9; 13,5; 16,8; 20,8; 25,8; 30,2; 38)	
Подача, мм/дв.ход	продольная	-	-	0,20; 0,25; 0,31; 0,38; 0,47; 0,59; 0,73; 0,90; 1,20; 1,49; 1,98; 2,30.	
	поперечная	-	-	0,10; 0,12; 0,15; 0,19; 0,24; 0,29; 0,37; 0,45; 0,59; 0,70; 0,86; 1,07; 1,32; 1,70; 2,10; 2,50	
Сечение резца, h x b, мм		-	-	32 x 20	40 x 25
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт		2,1	3,6	11,0	11,0
Габаритные размеры, L x B, м		1,64 x 0,98	1,90 x 1,27	2,85 x 2,16	3,44 x 2,76
Цена, руб		340000	425000	595000	807500

Таблица 14

Протяжные для внутреннего протягивания

Назначение и область применения. Для протягивания сквозных отверстий различной геометрической формы и размеров

Основные технические характеристики	Модель				
	Горизонтально-протяжные ГОСТ 16015–91 (ИСО 6480–83)			Вертикально-протяжные ГОСТ 16025–91 (ИСО 6481–81, ИСО 6779–81)	
	7505	7523	7534	7623	7633
Номинальное тяговое усилие, кН	50	100	250	100	250
Максимальная длина хода рабочих салазок, мм	1000	1250	1600	1250	1600
Диаметр отверстий в планшайбе, мм	100	125	160	100	125
Скорость рабочего хода м/мин	1,5 – 11,5	1,5 – 11,5	1,5 – 13,0	1,5 – 11,4	1,5 – 10,1
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	7,1	11,0	41,0	18,0	41,0
Габаритные размеры, L x B, м	3,75 x 0,80	6,34 x 2,10	7,20 x 2,20	3,20 x 1,55	3,95 x 1,75
Цена, руб	-	-	460000	552000	672520

Хонинговальные

Таблица 15

Хонинговальные (ГОСТ 30685-2000)

Назначение и область применения. Для хонингования отверстий в гильзах, блоках, шатунах двигателей внутреннего сгорания в условиях крупносерийного производства; хонингования глубоких отверстий в различных деталях

Основные технические характеристики	Модель			
	Вертикальный			Горизонтальный
	ОФ-20	ЗК82У	ЗК83У	РТ - 621
Максимальный диаметр обрабатываемого отверстия, мм	50	80	125	240
Максимальный ход шпинделя, мм	150	500	500	1400 - 8000
Число оборотов шпинделя в минуту, об/мин	-	100; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630	80; 100; 160; 200; 250; 315; 400; 500	40; 63; 80; 100; 160; 200; 250
Частота вращения изделия, об/мин	-	-	-	5,0 - 80
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	3,0	4,0	7,5	18,5
Габаритные размеры, L x B, м	0,88 x 0,79	1,75 x 1,10	1,75 x 1,10	-
Цена, руб		479320	484840	-

Зубообрабатывающие

Таблица 16

Шлицефрезерные (вертикальные ГОСТ 5642–88), (горизонтальные ГОСТ 16082–88).

Зубофрезерные (ГОСТ 659–89)

Назначение и область применения. Для фрезерования зубьев цилиндрических прямозубых, косозубых и червячных колес.

Горизонтальные станки для фрезерования зубьев цилиндрических прямозубых, косозубых и червячных колес и шлицевых валов (эвольвентные и прямобоочные шлицы).

Основные технические характеристики	Модель				
	Вертикальный			Горизонтальный	
	5Б310П	53А20; 53А20В	53А30П	5В370	5В373П

Максимальный диаметр нарезаемых колес, мм	125	200	320	500	800
Максимальный модуль, мм	1,5	4	6	20	32
Наибольшая ширина нарезаемых колес, (длина устанавливаемого изделия), мм	140	230	220	3000	4000
Число нарезаемых зубьев	3 – 500	6 – 250	6 – 300	6 – 200	10 – 230
Частота вращения фрезерного шпинделя, об/мин	100 - 1000	80 – 500	50 – 400	10 - 102	7,4 - 74
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	2,2	2,8	3,2	18,5	37,0
Габаритные размеры, L x B, м	1,50 x 1,15	2,13 x 1,56	2,80 x 1,50	7,80 x 2,91	8,72 x 3,75
Цена, руб	657800	1081000	1080540	Разовая (договорная)	

Таблица 17

Зубодолбежные (ГОСТ 658–89)

Назначение и область применения. Для нарезания зубьев цилиндрических зубчатых колес с наружным и внутренним зацеплением.

Основные технические характеристики		Модель			
		5111	5A122; 5A122E; 5A122B	5B12	5140; 5A140П
Максимальный диаметр нарезаемых колес, мм		80	250	220	500
Максимальный модуль, мм		1	5	5	12
Наибольшая ширина нарезаемого венца, мм		20	50	100	160
Число нарезаемых зубьев		10 - 200	10 - 200	10 - 117	
Число двойных ходов долбняка в минуту		250 - 1600	200; 280; 305; 400; 430; 560; 615; 850; 1800		55 – 560
Подача, мм/дв.ход	радиальная	-	0,003 – 0,286		0,02 – 0,10
	круговая	-	0,16; 0,20; 0,25; 0,315; 0,40; 0,50; 0,63; 0,80; 1,00; 1,25; 1,60		0,17; 0,21; 0,24; 0,30; 0,35; 0,44
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт		1,1	5,5	1,7	10,0
Габаритные размеры, L x B, м		0,96 – 0,81	1,80 x 1,00	1,33 x 0,94	1,98 x 1,69
Цена, руб		364780	745200	-	1058000

Зуборезные для конических колес

Таблица 18

Зубострогальные и зубофрезерные (ГОСТ 8001–78)

Назначение и область применения. Для нарезания конических колес с прямыми зубьями.

Основные технические характеристики	Модель				
	Зубострогальные			Зубофрезерные	
	5Т23В	5236П	5С276 П	5С276П	5С237
Максимальный диаметр нарезаемых колес, мм	125	125	500	320	125
Максимальный модуль, мм	1,5	2,5	10,0	8,0	2,5
Наибольшая ширина нарезаемого венца/ наибольшее конусное расстояние мм	12/63	20/63	80/250	50/140	20/55
Число двойных ходов ползуна в минуту	210 - 660	160 - 630	48 - 400	-	-
Частота вращения инструментального шпинделя, об/мин	-	-	-	28 - 150	65 - 320
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	1,1	1,1	10,0	8,0	2,5

Габаритные размеры, L x B, м	1,62 x 1,05	1,62 x 1,05	2,89 x 1,98	2,89 x 1,98	1,99 x 1,26
Цена, руб	-	-	-	-	-

Таблица 19

Зубошлифовальные

(ГОСТ 6818–77, ГОСТ 7640–76, ГОСТ 13086–77, ГОСТ 13133–77)

Назначение и область применения. Для шлифования цилиндрических прямозубых и косозубых зубчатых колес наружного зацепления.

Основные технические характеристики	Модель			
	5Д833	5М841	5А851	5А868
Режущий инструмент	Абразивный червяк	Конический круг	Тарельчатый круг (два)	Профильный круг
Максимальный диаметр нарезаемых колес, мм	40 – 320	30 – 320	18 – 320	800
Максимальный модуль, мм	6	8	10	12
Наибольшая ширина нарезаемого венца, мм	180	160	220	200
Скорость шлифования, м/с	26 – 31,5	35	30	35
Диаметр шлифовального круга, мм	330 – 400	260 – 350	170 - 275	250 - 350
Ширина шлифовального круга, мм	63; 80	16 – 32	-	-
Наибольшее перемещение шлифовальной бабки, мм	225	-	-	-
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	7,5	1,5	0,75 x 2	15,0
Габаритные размеры, L x B, м	2,67 x 2,66	2Ю85 x 2,32	2,78 x 2,20	5,10 X 3,43
Цена, руб	2189600	1926000	3105000	3750000

Таблица 20

Шлицешлифовальные (ГОСТ 30051–93).

Резьбо и червячно-шлифовальные (ГОСТ 6728–91)

Назначение и область применения. Для шлифования шлицев валов прямобочного и эвольвентного профиля. Для шлифования резьбы изделий типа ходовых винтов, накатных роликов, калибров; шлифования однозаходных и многозаходных цилиндрических червяков любого линейного профиля; резьбошлифовальных операций в инструментальных цехах машиностроительных заводов (изготовление метчиков).

Основные технические характеристики	Модель			
	Шлицешлифовальные		Резьбо и червячно-шлифовальные	
	Наружные поверхности	Внутренние поверхности	Резьба	Червяки
	МШ-322	МШ-313	5К821В	5886В
Наибольший диаметр шлифования, мм	125	125	150	150
Наибольший диаметр устанавливаемого изделия, мм	320	320	200	200
Наибольшая длина шлифуемого изделия, мм	710	250	500	500
Количество шлифуемых шлицев	3 - 48	3 – 48		
Шаг шлифуемых резьб	-	-	0,25 – 12	
Модуль шлифуемых червяков	-	-	-	1 – 16
Наибольший диаметр шлифовального круга, мм	400	90	400	500
Скорость продольного перемещения стола, м/мин	0,03 - 15	0,03 - 15	-	-
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	7,5	4,0	3,0	3,0
Габаритные размеры, L x B, м	3,48 x 1,34	3,86 x 1,26	2,20 x 2,04	2,31 x 2,13
Цена, руб	3448000	-	952200	1596200

Отрезные

Назначение и область применения. Для разрезания заготовок.

Основные технические характеристики	Модель				
	Отрезной круглопильный			Ножовочные (ГОСТ 601 – 82)	
	8Г663	8Г681	8Г672	8Б72; 8Б72К	8А725
Наибольший размер поперечного сечения разрезаемой заготовки, мм	280	500	350	250	250
Наибольшая длина разрезаемой заготовки по упору, мм	1500	800	800	350	800
Наибольший диаметр пильного диска, мм	800	1430	1010	-	-
Скорость резания, м/мин	7,5 – 42,3	8 – 80	4,9 – 36,7	0,22 – 0,65	0,22 – 0,65
Подача пильного диска, мм/мин	8 - 650	8 - 500	8 - 500		
Частота движения ножовочного полотна, дв.ход/мин	-	-	-	85; 120	45; 56; 71; 90; 112; 140
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	7,5	18,5	11,0	1,5	1,1
Габаритные размеры, L x B, м	2,60 x 2,48	4,00 x 3,16	3,62 x 2,97	1,50 x 0,75	2,05 x 1,90
Цена, руб	506000	605820	678500	-	141200

Список литературы.

1. Некрасов С.С. Практикум и курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения. – М.: Мир, 2004. – 240 с.
2. Медведев А.И. Сборник практических работ по технологии машиностроения: Учеб. Пособие / А.И. Медведев, В.А. Шкред, В.В. Бабуки и др. – Мн.: БНТУ, 2003. – 486 с.