

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

«РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ»

для студентов направления подготовки

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств

Направленность (профиль) Технология машиностроения

Ставрополь 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Лабораторная работа №1. Изучение геометрии головки резца, геометрии лезвия	4
Лабораторная работа №2. Измерение геометрических параметров резцов	25
Лабораторная работа №3. Изучение конструкции и геометрии расточных резцов	34
Лабораторная работа № 4 Определение вида и причины износа инструмента	39
Лабораторная работа № 5 Обмер и эскизирование концевой фрезы	50
Лабораторная работа №6. Изучение конструкции, геометрии и контроль спиральных сверл	56
Лабораторная работа №7. Изучение конструкции и геометрии зенкеров	71
Лабораторная работа №8. Определение основных параметров протяжек	82
Лабораторная работа №9. Изучение конструкции и геометрии разверток	99

ВЕДЕНИЕ

Методические указания по дисциплине «Режущий инструмент» содержит девять лабораторных работ. Основное внимание уделено изучению конструкций и геометрии режущего инструмента, методам его контроля.

Инструментальное, производство развивается по двум основным направлениям: производство стандартного инструмента на специализированных заводах (фирмах); производство специального инструмента в инструментальных цехах металлообрабатывающих заводов.

Инструмент - достаточно сложный научно-технический объект, включающий в сферу своих интересов не только такие дисциплины как технология машиностроения, металлорежущие станки и теория резания, но и математику, физику, термодинамику, металловедение, теорию машин и механизмов, ЭВМ и целый ряд других научных дисциплин. Важной особенностью инструмента является и то, что режущая часть его состоит из специфических инструментальных материалов, обладающих особыми физико-механическими свойствами.

Подробно рассмотрен порядок выполнения каждой работы, для закрепления материала приводятся контрольные вопросы. Полученные студентами знания и навыки в дальнейшем позволяют принимать более эффективные решения при инструментальном обеспечении механосборочного производства.

Выполнение лабораторных работ необходимо для освоения профессиональных компетенций:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ОПК-5 - Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда	ИД-1 _{ОПК-5} Понимает основные закономерности протекания процессов обработки деталей машин, причин возникновения погрешностей обработки	Понимать основные закономерности процессов обработки резанием деталей машин, причин возникновения погрешностей обработки
ПК-2 - Способен обеспечивать технологическую подготовку и обеспечение производства деталей машиностроения средней сложности.	ИД-3 _{ПК-2} Осуществляет обеспечение оснасткой производство деталей машиностроения средней сложности.	Выбирать и эксплуатировать режущие инструменты, обеспечивающие высокую производительность труда, качество выпускаемой продукции машиностроения и наименьшую себестоимость.
ПК-6 - Способен выполнять проектирование простой технологической оснастки механосборочного производства.	ИД-4 _{ПК-6} Проектирует режущий инструмент	Проектировать режущие инструменты, обеспечивающие качество выпускаемой продукции машиностроения и наименьшую себестоимость.

Лабораторная работа 1

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ ГОЛОВКИ РЕЗЦА, ГЕОМЕТРИИ ЛЕЗВИЯ

Цель: ознакомление с конструкцией и геометрией токарных резцов; изучение классификации токарных резцов.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: конструктивные элементы резца, классификация токарных резцов.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: выбор токарного резца для различных видов обработки.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методикой выбора и применения режущего инструмента

Формируемые компетенции: ОПК-5, ПК-2, ПК-6.

Актуальность темы: Наибольшую долю всей номенклатуры лезвийного режущего инструмента составляют токарные, строгальные, долбежные и другие резцы. Поэтому специалисты в области конструкторско-технологической подготовки производства, в сфере инструментального обеспечения машиностроительных предприятий должны знать конструкцию и классификацию этих инструментов.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Резец является наиболее простым режущим инструментом, но в то же время содержащим все основные конструктивные и геометрические элементы режущей части. Резец (рис. 1) состоит из зуба, который у резцов называется головкой и державки.

Державка служит для закрепления резца в резцедержателе станка и характеризуется высотой H , шириной B и длиной L . Изготавливаются державки из конструкционных углеродистых сталей: сталь 40, сталь 45.

Головка резца изготавливается за одно целое с державкой и оснащается пластиной из какого-либо инструментального материала. Иногда головки изготавливаются отдельно и свариваются с державкой или крепятся на ней механически.

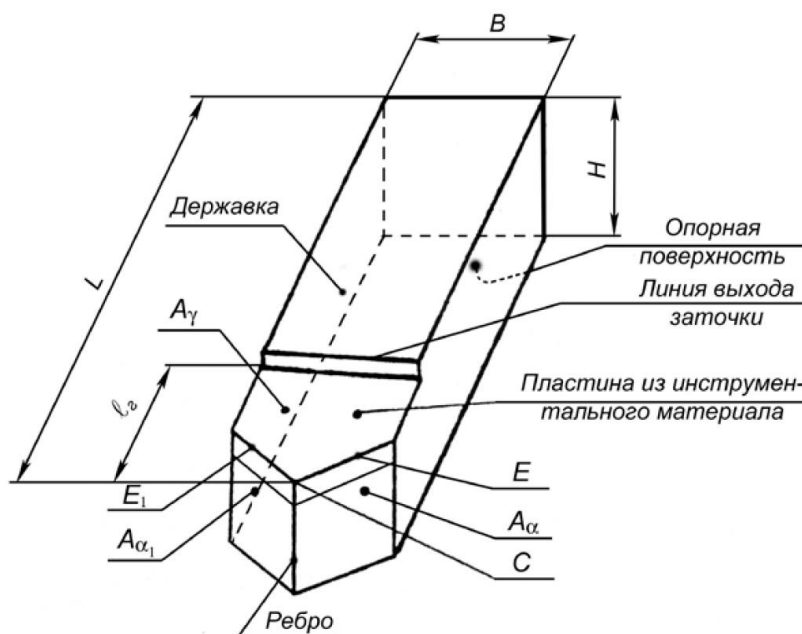


Рисунок 1 – Конструктивные элементы резца: A_γ – передняя поверхность; A_α – главная задняя поверхность; $A_{\alpha 1}$ – вспомогательная задняя поверхность; E и E_1 – главная и вспомогательная режущие кромки; C – вершина

Особенно широкое применение находят токарные резцы, которые отличаются большим разнообразием конструкций и геометрии. Токарные резцы делятся на четыре группы: резцы, предназначенные для обработки наружных поверхностей («обточные»), резцы для обработки внутренних поверхностей (расточные), для обработки торцовых поверхностей (торцовые) и резцы для отрезки (отрезные).

Форма головки и режущей кромки и ее расположение относительно предполагаемого направления движения подачи, следовательно и характера выполняемой операции, в значительной мере определяют тип резца. В связи с этим в каждой из первых трех групп различают резцы общего назначения: проходные

(главный угол в плане $\varphi < 90^\circ$), упорные ($\varphi = 90^\circ$), подрезные ($\varphi > 90^\circ$),) и резцы специального назначения.

К резцам специального назначения относятся резцы, форма режущих кромок которых или размеры их элементов как – либо связаны с соответствующими параметрами обработанных поверхностей, например резьбовые, канавочные, галтельные и разнообразные фасонные резцы.

Как резцы общего, так и резцы специального назначения могут быть предназначены для черновой (предварительной) и чистовой (окончательной) обработки. Обычно эти резцы одинаковы по форме и конструкции головки, но отличаются величиной передних и задних углов, радиусом закругления у вершины и тщательностью заточки (доводки) передних и задних поверхностей (фасок и ленточек). У специальных резцов иногда меняются размеры элементов режущих кромок.

По форме головки различают резцы прямые (рис. 2 а, в), отогнутые (рис. 2 б, г, д), ось которых изогнута в горизонтальной плоскости, изогнутые, ось которых изогнута в вертикальной плоскости и оттянутые влево вправо и симметрично (рис. 2).

Резцы изогнутые для токарных работ применяются редко (отрезные резцы). По расположению главной режущей кромки (и направлению движения подачи) различают резцы правые и левые.

По конструктивному исполнению резцы делятся на резцы с приваренными головками, с приваренными, припаянными и приклеенными пластинами и с механическим закреплением как головок, так и пластин.

Ниже рассмотрены основные типы токарных резцов, применяемых при обработке точением.

Резцы для обтачивания. Для обработки наружных поверхностей в зависимости от их характера и размеров при преимущественно продольной подаче применяют проходные (рис. 2 а, б), упорные (рис. 2 в, г) и подрезные (рис. 2 д)

резцы. Все они могут быть с прямой (рис. 2 а, в) или отогнутой головкой (рис. 2 б, г, д).

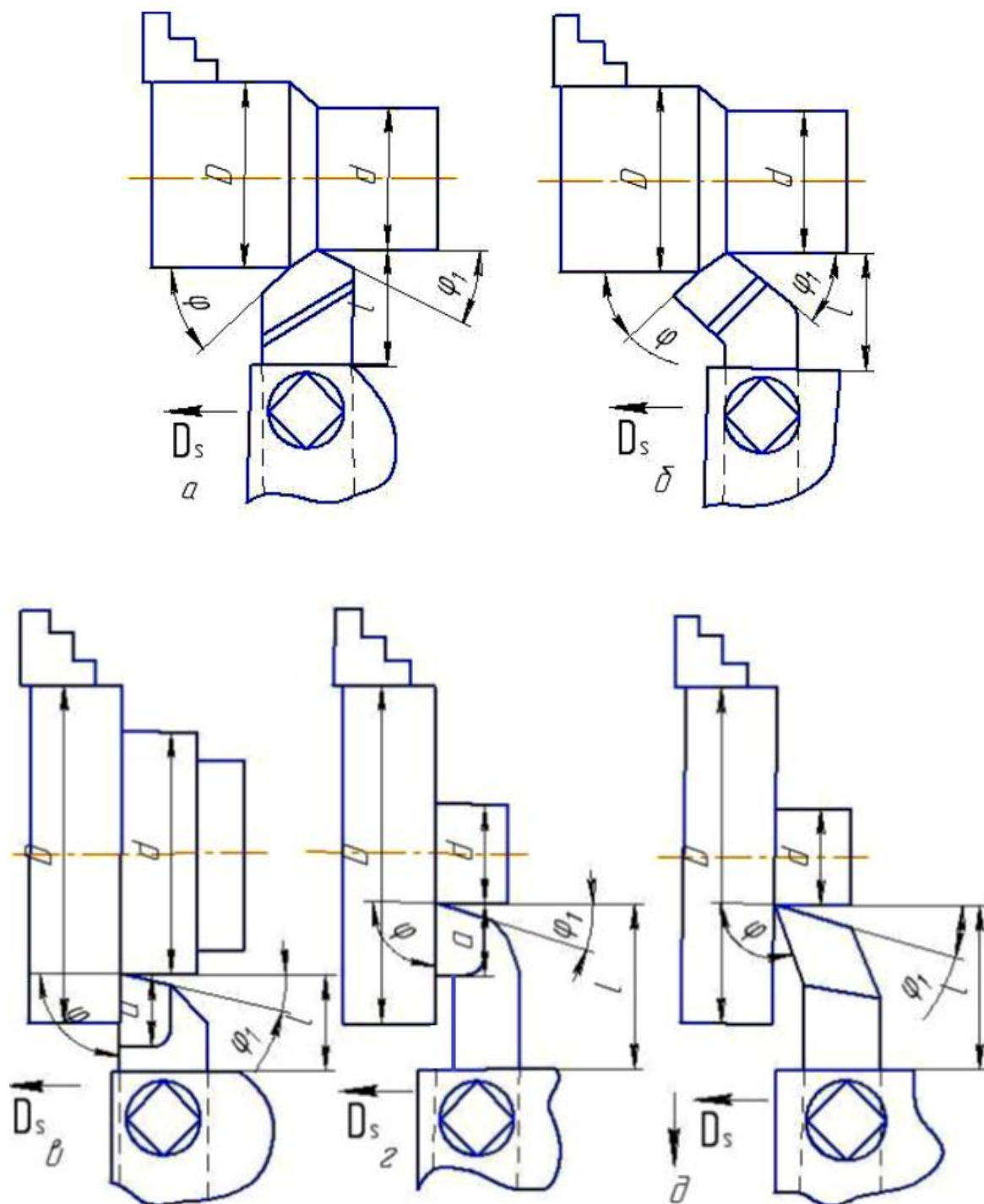


Рисунок 2 – Резцы для обточки: а – прямой проходной;
 б – проходной отогнутый; в – прямой упорный; г – упорный отогнутый;
 д – отогнутый подрезной

Прходные резцы предназначены для обработки наружных цилиндрических и конических поверхностей «на проход», т.е. со свободным выходом за пределы обрабатываемой поверхности, например – в канавку, или ступенчатых поверхностей при небольшом перепаде диаметров D и d в тех случаях, когда переход от одной ступени к другой остается коническим или затем подрезается.

Прямые проходные резцы (рис. 2 а, 3) по сравнению с отогнутыми более дешевы, поэтому их следует применять везде, где это возможно и не имеется каких-либо соображений относительно целесообразности их применения. Например, в тех случаях, когда резец в конце прохода должен очень близко подходить к кулачкам патрона или иным элементам приспособлений, удобнее использовать отогнутые проходные резцы. В соответствии со стандартами прямые проходные резцы изготавливаются с $\varphi = 45, 60$ и 75° . Если это не определяется углом перехода одной ступени к другой, то следует предпочитать резцы с меньшим углом φ , т.к. при всех прочих равных условиях они будут иметь больший период стойкости и обеспечивают меньшую шероховатость обработанной поверхности.

Однако уменьшение угла может ограничиваться жесткостью технологической системы (станок - приспособление - инструмент - деталь), так как с уменьшением φ возрастает радиальная составляющая силы резания P_v , увеличивается отжим детали, следовательно, снижается точность обработки и увеличивается возможность возникновения вибраций.



Рисунок 3 – Прходные прямые резцы

Прходные резцы с отогнутой головкой (рис. 4), так же как и проходные прямые, предназначены для обтачивания наружных цилиндрических и конических поверхностей «напроход» или ступенчатых поверхностей при относительно небольшом перепаде диаметров. Кроме того, отогнутые проходные резцы, имея 3 режущие кромки, следовательно, 2 вершины, – обладают большей универсальностью. Они позволяют осуществлять врезание с поперечной подачей и обрабатывать «открытые» торцовые поверхности (рис. 7 з). Равенство условий работы вершинами без перезакрепления в резцедержателе достигается изготовлением этих резцов с $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$. Это, однако, не означает, что во всех случаях углы φ и φ_1 (вспомогательный угол в плане) должны оставаться равными 45° . В зависимости от условий работы они могут изменяться до оптимальных значений соответствующей заточкой.

И наконец, как уже отмечалось, резцы с отогнутой головкой целесообразно использовать в тех случаях, когда необходимо вести обработку вблизи от кулачков патрона или к другим выступающим частям приспособлений.

Практика показывает, что резцы с отогнутой головкой имеют большую виброустойчивость по сравнению с прямыми резцами.

В связи с отмеченными особенностями проходные резцы с отогнутой головкой находят широкое применение, несмотря на несколько большую стоимость.



Рисунок 4 – Прходные резцы с отогнутой головкой

Упорные резцы (рис. 2 в, г) применяются при продольном обтачивании ступенчатых поверхностей, сопрягающихся под прямым или близким к нему углом, если разность между диаметрами цилиндрических поверхностей относительно невелика и не превышает 15... 20 мм.

Упорные резцы имеют $\varphi = 90^\circ$, поэтому их стойкость при цилиндрической обточке ниже стойкости проходных резцов. В связи со сказанным, при обработке ступенчатых поверхностей, у которых цилиндрическая часть достаточно длинная, а перепад диаметров невелик, во многих случаях целесообразнее обтачивать проходными резцами (с $\varphi < 90^\circ$), а затем производить подрезку уступов упорными или подрезными резцами.

Упорные резцы применяют и при цилиндрической обточке в условиях низкой жесткости технологической системы, особенно при обработке деталей с $L/d > 5$ при закреплении в патроне и с $L/d > 10$ при закреплении в центрах.

Упорные резцы часто используют и как подрезные. В этом случае их устанавливают в резцедержателе так, чтобы при цилиндрической обточке главный угол в плане был больше 90° ($\varphi \approx 95...105^\circ$). После прекращения продольной подачи, при достижении необходимой длины цилиндрической части осуществляют поперечную подачу в направлении от центра к периферии.

Во всех тех случаях, когда нет необходимости применять упорные резцы с отогнутой головкой, применяют прямые резцы. Упорные резцы с отогнутой головкой (рис. 5) применяют в тех случаях, когда надо производить обработку в непосредственной близости от кулачков патрона и когда необходимо сделать несколько продольных проходов, а полуразность $(D - d)/2$ больше длины режущей кромки (рис. 2 г).

Подрезные резцы (рис. 2 д, б) предназначены для того, чтобы обеспечить перпендикулярность уступа (торца) детали к оси или цилиндрической поверхности. Геометрия их формируется с учетом того, что роль режущих кромок

(главной и вспомогательной) может меняться в связи с изменением направления подачи как в продольном, так и поперечном направлениях. В связи с этим углы в плане φ и φ_1 часто оказываются далекими от оптимальных значений, следовательно, стойкость этих резцов низка. Поэтому при работе на токарных станках с ручным управлением подрезка уступов часто выполняется упорными резцами, как это описано выше.



Рисунок 5 – Проходные упорные резцы с отогнутой головкой

Резцы для обработки торцовых поверхностей. Торцовые поверхности деталей могут обрабатываться *торцовыми, проходными* резцами с $\varphi < 90^\circ$, (рис. 7 а), *торцовыми упорными* с $\varphi = 90^\circ$, (рис. 7 б) и *торцовыми подрезными* с $\varphi > 90^\circ$, (рис. 7 в).



Рисунок 6 – Подрезные отогнутые резцы

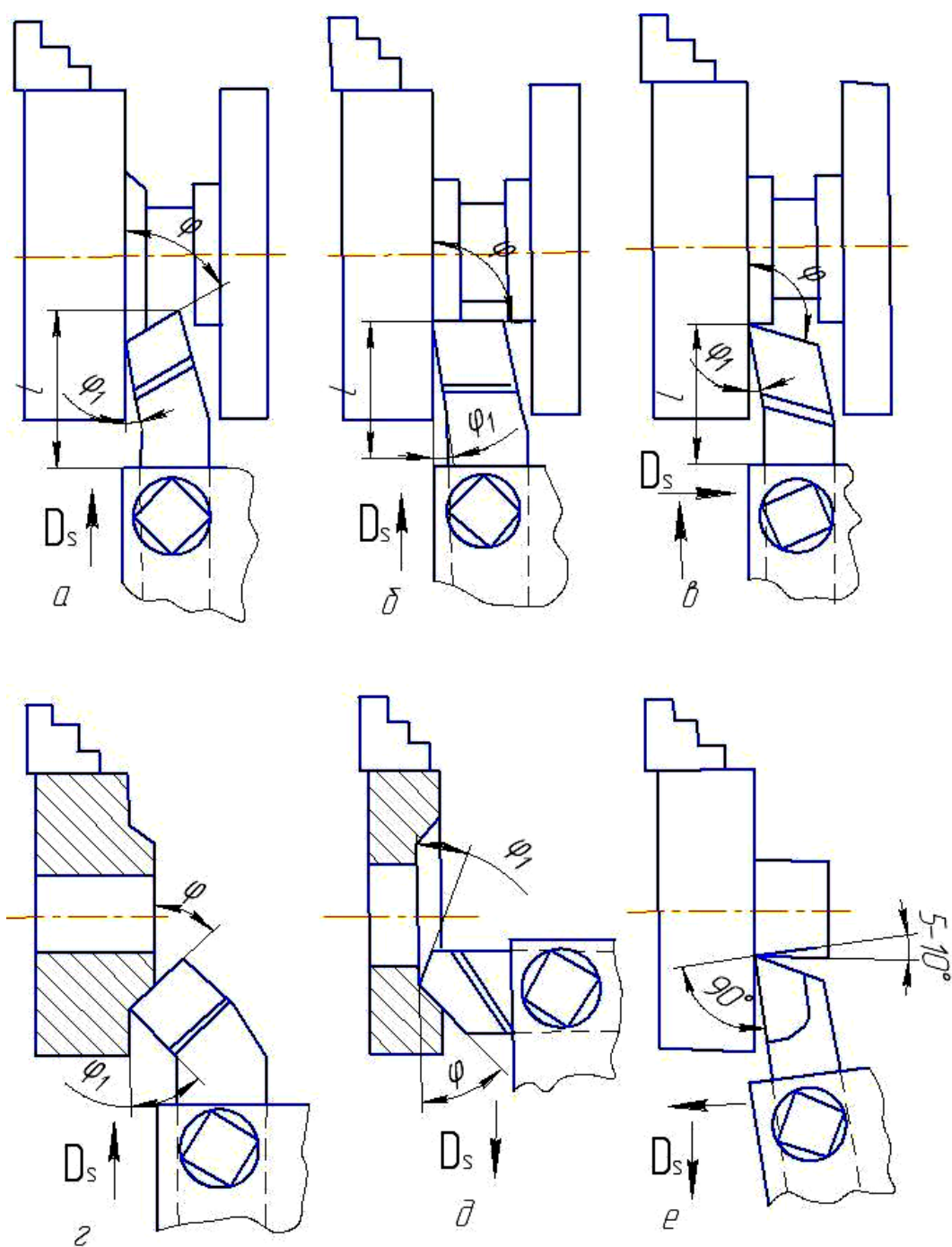


Рисунок 7 – Резцы для обработки торцовых поверхностей:

a – торцевой проходной; *б* – торцевой упорный; *в* – торцевой подрезной;

г – проходной отогнутый в качестве торцевого проходного;

д – проходной прямой в качестве торцевого проходного;

е – упорный взамен торцевого подрезного

Торцовые резцы предназначены для работы с поперечной подачей в направлении от периферии к центру (к оси). От резцов для обточки они отличаются соответствующим расположением главной режущей кромки. Торцовые резцы изготавливаются только с отогнутой головкой на угол $15...20^\circ$. Это обусловлено тем, что такими резцами часто приходится обрабатывать «закрытые» торцовые поверхности (рис. 7 а, б, в).

Что касается выбора проходного, упорного или подрезного резца, то все сказанное в отношении соответствующих резцов для обточки относится и к торцовым.

«Открытые» торцовые поверхности могут обрабатываться резцами, предназначенными для обработки наружных поверхностей при соответствующем их закреплении в резцедержателе станка и направлении подачи, как это показано на рис. 7 г, д.

При подрезке торцовых поверхностей взамен подрезных резцов можно использовать упорные резцы для обточки, повернув их в сторону обрабатываемой поверхности на угол $5...10^\circ$ и изменив направление подачи на противоположное, сначала обточить цилиндрическую часть с продольной подачей, а затем с помощью поперечной подачи от центра к периферии обработать торец (рис. 7 е).

Резцы для обработки отверстий. Резцы для обработки отверстий делятся на расточные проходные (рис. 8 а), расточные упорные (рис. 8 б) и расточные подрезные (рис. 8 в). Назначение этих резцов то же, что и соответствующих резцов для обработки наружных поверхностей. В связи с тем, что эти резцы имеют значительно больший вылет из резцедержателя l_p и меньшее поперечное сечение, характеризуемое диаметром d_r оттянутой части, по сравнению с резцами для обработки наружных поверхностей они имеют низкую жесткость. Это приводит к необходимости более тщательного выбора конструкции и геомет-

рии резцов. При выборе расточных резцов следует всегда ориентироваться на резцы с возможно меньшей длиной l и большим диаметром d_r .

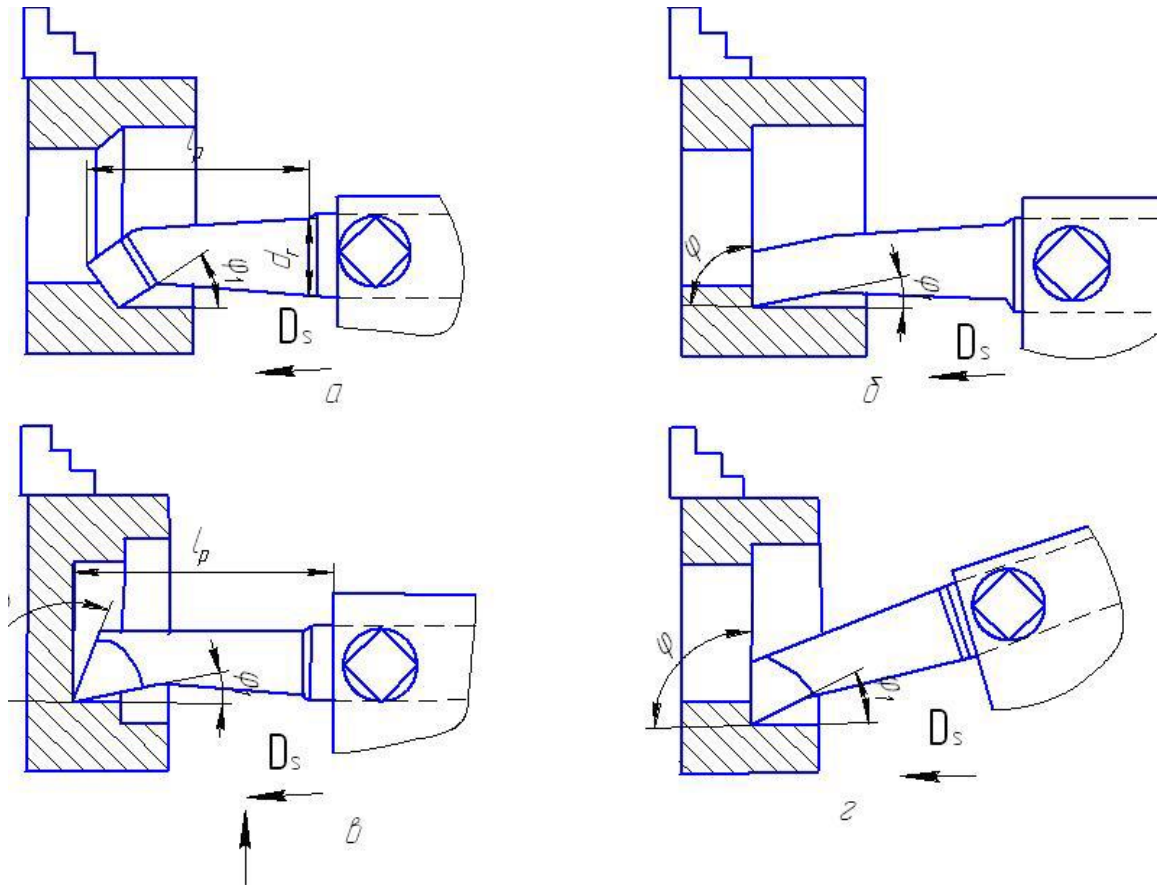


Рисунок 8 – Резцы для обработки отверстий:

a – расточный проходной; $б$ – расточный упорный; $в$ – расточный подрезной;
 $г$ – расточный подрезной в качестве упорного

Все сказанное ранее о влиянии главного угла в плане ϕ на работу резцов здесь приобретает особое значение. У стандартных расточных проходных резцов главный угол в плане ϕ увеличен по сравнению с другими проходными резцами и делается равным 60° .

В некоторых случаях его целесообразно увеличивать до $\phi = 90^\circ$, то есть применять упорные резцы даже при обработке сквозных отверстий. Увеличение угла до $\phi > 90^\circ$ эффекта не дает. Иначе говоря, применять подрезные резцы

с целью уменьшения радиальной составляющей силы резания P_v , не имеет смысла. При применении подрезных резцов, у которых $\varphi \approx 95...105^\circ$, ухудшаются условия стружкообразования, силы резания растут, а это приводит к увеличению отжимов и возникновению вибраций.

Расточные подрезные резцы с $\varphi > 90^\circ$ следует применять только для чистовой обработки и подрезки уступов ступенчатых и для расточки глухих отверстий. При обработке отверстий с большой длиной, как правило, применяются резцы упорные. Вообще говоря, расточные упорные резцы с $\varphi = 90^\circ$ стандартами не предусмотрены, потому что резцы подрезные с $\varphi > 95^\circ$ легко трансформируются в упорные, как это показано на рис. 8 г.

Резцы для отрезки. Отрезные резцы имеют оттянутую головку, которая оснащается пластинкой из какого-либо инструментального материала (чаще – из твердого сплава). При этом головка может быть оттянутой влево (рис. 9, 10), оттянутой вправо и симметрично. Стандартные отрезные резцы имеют головку, оттянутую влево, они чаще всего и применяются на практике.

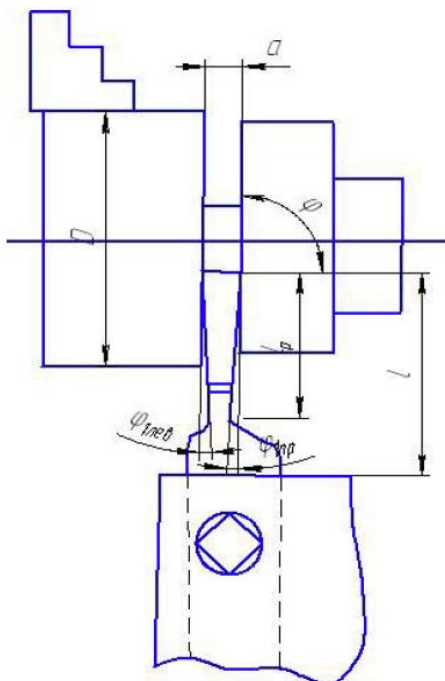


Рисунок 9 – Схема отрезки резцом с головкой, оттянутой влево



Рисунок 10 – Отрезные резцы

Соотношение размеров головки определяется зависимостью $l_p = 5 \times a + 5$, где l_p – длина головки резца, a – ширина головки, равная длине главной режущей кромки, которая принята равной $a \approx 0,1 \times D$, где D – диаметр отрезаемой заготовки, мм.

Другая распространённая конструкция резцов предусматривает цельную головку в виде пластины из быстрорежущей стали, привариваемую к боковой поверхности державки. Эта конструкция имеет головку, смещённую влево.

Резьбонарезные резцы. Назначение таких резцов для токарного станка по металлу – нарезание резьбы на наружной поверхности заготовки (рис. 11). Данными серийными инструментами нарезают метрическую резьбу, но можно изменить их заточку и нарезать с их помощью резьбу другого вида.



Рисунок 11 – Резцы для нарезания наружной резьбы

Резцы для нарезания внутренней резьбы (рис. 12).



Рисунок 12 – Резцы для нарезания внутренней резьбы

Такими резцами для токарного станка можно нарезать резьбу только в отверстия большого диаметра, что объясняется их конструктивными особенностями. Внешне они напоминают расточные резцы для обработки глухих отверстий, но не стоит их путать, так как они принципиально отличаются друг от друга.

Сборные резцы для токарных станков. Рассматривая основные типы токарных резцов, нельзя не упомянуть инструменты со сборной конструкцией, которые относятся к универсальным, так как могут быть оснащены режущими пластинами различного назначения (рис. 13). Например, закрепляя на одной державке режущие пластины различного типа, можно получить резцы для обработки на токарном станке заготовок из металла под различными углами.



Рисунок 13 – Сборные резцы

Как правило, такие резцы применяются на станках с ЧПУ или же на специальных станках и служат для контурного точения, расточки глухих и сквозных отверстий и прочих специализированных работ.

Геометрия режущей части инструмента рассматривается в прямоугольной системе координат, состоящей из трех плоскостей, которые ориентированы относительно главного или результирующего движения и режущей кромки (рис. 14 и 15):

основная плоскость P_v – это координатная плоскость, проведенная через рассматриваемую точку режущей кромки перпендикулярно скорости главного или результирующего движения резания в этой точке;

плоскость резания P_n – это координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная основной плоскости;

секущая плоскость P_τ – это координатная плоскость, перпендикулярная линии пересечения основной плоскости и плоскости резания.

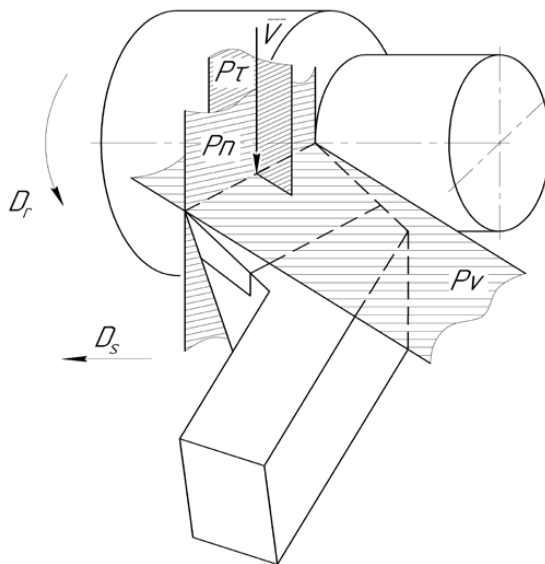


Рисунок 14 – Система координат (в виде заштрихованных плоскостей):

P_v – основная плоскость; P_n – плоскость резания;

P_τ – главная секущая плоскость.

Начало системы координат лежит в рассматриваемой точке режущей кромки.

С целью ориентации некоторых геометрических элементов зуба (головки) по отношению к движению подачи дополнительно используют *рабочую плоскость* P_s . Это плоскость, в которой лежат векторы скорости главного или результирующего движения и движения подачи.

Координатные плоскости для главного лезвия обозначаются так, как в тексте (в определениях). Координатные плоскости для вспомогательных лезвий должны иметь в обозначениях «индексы» P_{v1} , P_{n1} , $P_{\tau1}$.

В зависимости от цели анализа геометрии инструмента используют *инструментальную, статическую или кинематическую* системы координат.

При изготовлении, заточке и контроле инструмента пользуются инструментальной системой координат. В этой системе инструмент рассматривают как неподвижное самостоятельное геометрическое тело, которое будет, однако, совершать в процессе работы движения резания. Система состоит из тех же трех плоскостей P_v , P_n , P_τ . С целью ориентации основной плоскости, в зависимости от конструкции и назначения инструмента, выбирается наиболее характерная базовая поверхность, относительно которой направление вектора скорости резания в любой точке режущих кромок условно считается постоянным. Например, для токарных резцов за такую поверхность принимают опорную поверхность (установочную базу) державки.

Следовательно, в инструментальной системе координат для токарных резцов основная плоскость P_v всегда проходит через любую рассматриваемую точку режущих кромок параллельно опорной поверхности державки. Другие координатные плоскости P_n , P_τ и рабочая плоскость P_s занимают положения в соответствии с определениями.

На рисунке 14 показана инструментальная система координат для главного лезвия в виде трех заштрихованных плоскостей P_v , P_n , P_τ , а на рисунке 15 пред-

ставлена та же система в виде следов координатных плоскостей для главного и вспомогательного лезвия, проходного резца с отогнутой головкой.

Геометрия лезвия. Каждый зуб (головка) режущего инструмента состоит из одного-трех лезвий, поэтому геометрия зуба любого инструмента в основном определяется геометрией его лезвия. Положение поверхностей каждого лезвия (главного или вспомогательного) и его режущие кромки в инструменте определяют четыре угла:

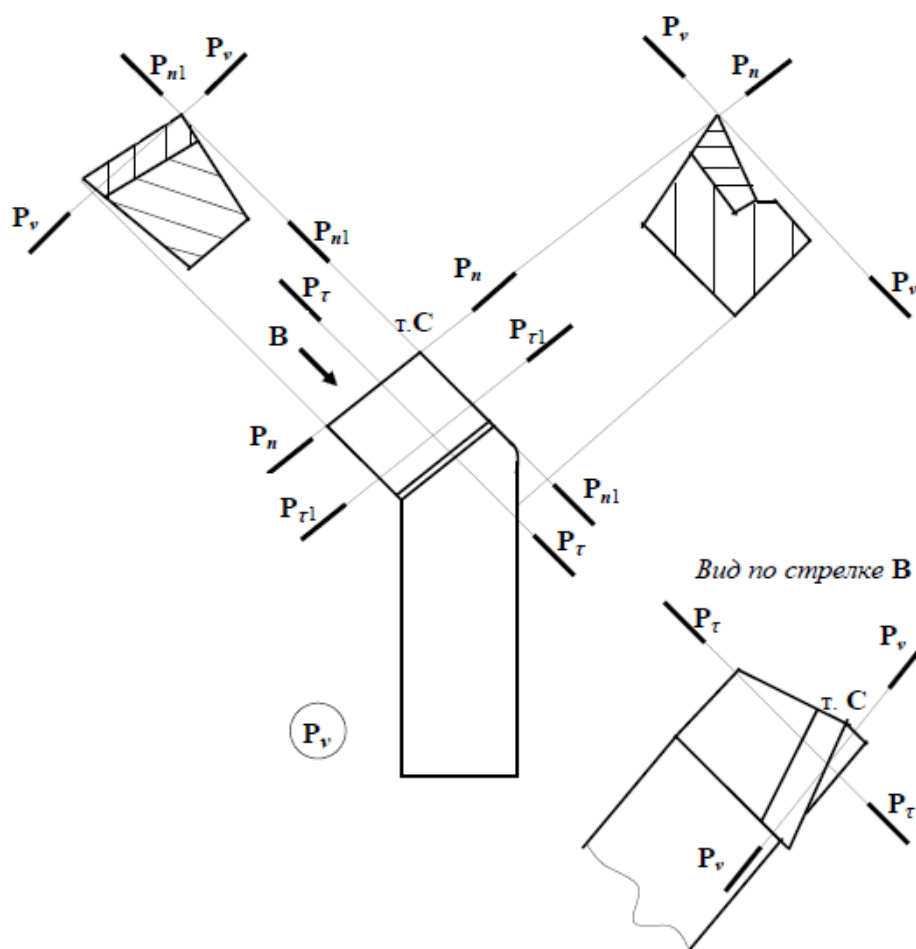


Рисунок 15 – Система координат, выраженная следами пересечения координатных плоскостей: P_v – основная плоскость; P_n – плоскость резания; P_τ – главная секущая плоскость; C – вершина; $P_{\tau 1}$ – вспомогательная секущая плоскость; P_{n1} – плоскость, касательная к вспомогательной режущей и перпендикулярная основной

передний угол γ или γ_1 (рис. 15) – угол в секущей плоскости (P_τ или $P_{\tau 1}$) между передней поверхностью и основной плоскостью (P_v или P_{v1});

задний угол α или α_1 – угол в секущей плоскости (P_τ или $P_{\tau 1}$) между задней поверхностью и плоскостью резания (P_n или P_{n1});

угол наклона режущей кромки λ и λ_1 – угол в плоскости резания (P_n или P_{n1}) между режущей кромкой и основной плоскостью (P_v или P_{v1});

угол в плане φ или φ_1 – угол в основной плоскости (P_v или P_{v1}) между плоскостью резания (P_n или P_{n1}) и рабочей плоскостью (P_s).

В зависимости от того, о каком лезвии идет речь, углы называются главными или вспомогательными. Давая определения, необходимо уточнять название угла (главный или вспомогательный), а также название секущей плоскости (главной или вспомогательной). Так, например: главный передний угол γ – это угол в главной секущей плоскости P_τ между передней поверхностью и основной плоскостью P_v ; или вспомогательный задний угол α_1 – это угол во вспомогательной секущей плоскости $P_{\tau 1}$ между вспомогательной задней поверхностью и плоскостью резания P_{n1} .

В таблице 1 приводятся названия и обозначения углов главного и вспомогательного лезвия зуба (головки) в инструментальной системе координат.

Таблица 1 – Обозначение углов лезвия в инструментальной системе координат

№ п/п	Углы главного лезвия		№ п/п	Углы вспомогательного лезвия	
1	Главный передний угол	γ	1	Вспомогательный передний угол	γ_1
2	Главный задний угол	α	2	Вспомогательный задний угол	α_1
3	Угол наклона главной режущей кромки	λ	3	Угол наклона вспомогательной режущей кромки	λ_1
4	Главный угол в плане	φ	4	Вспомогательный угол в плане	φ_1

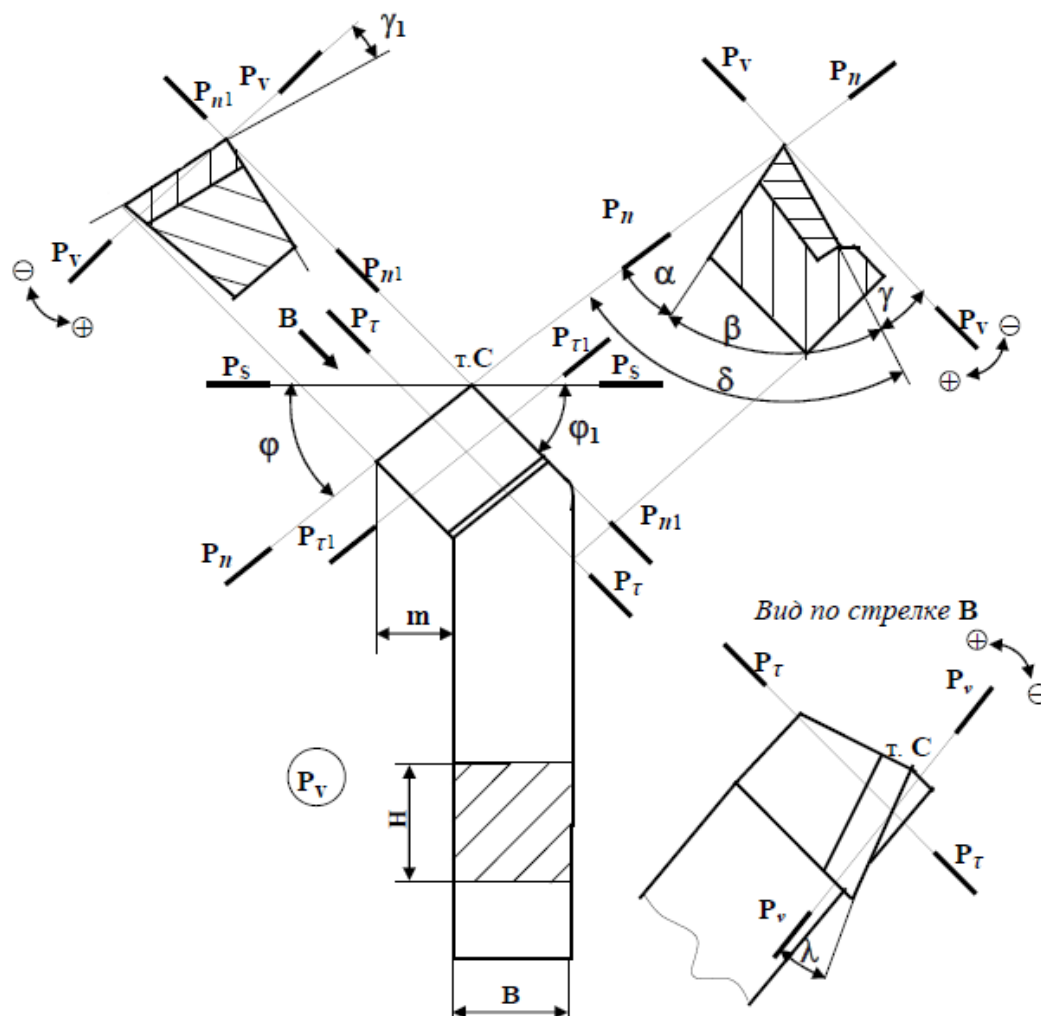


Рисунок 16 - Эскиз проходного резца с отогнутой головкой

Иногда, говоря о главных углах, слово «главный» не употребляют.

В тех случаях, когда зуб (головка) имеет две вспомогательные режущие кромки (рис.16), их соответственно называют левой, правой и указывают это в обозначениях углов, например $\alpha_{лев}$ и $\alpha_{пр}$.

Геометрия каждого лезвия, а значит и зуба (головки) любого режущего инструмента, в полной мере характеризуется углами, указанными в таблице 1.

Однако в зависимости от цели анализа геометрии, иногда используются и другие углы. Так, например: угол заострения $\beta = 90 - (\gamma + \alpha)$; угол резания $\delta = 90 - \gamma$; углы в нормальном, продольном и поперечном сечениях, углы в рабочей

плоскости, в сечении направления схода стружки и т.д. Все эти углы являются производными от γ , α , λ и φ .

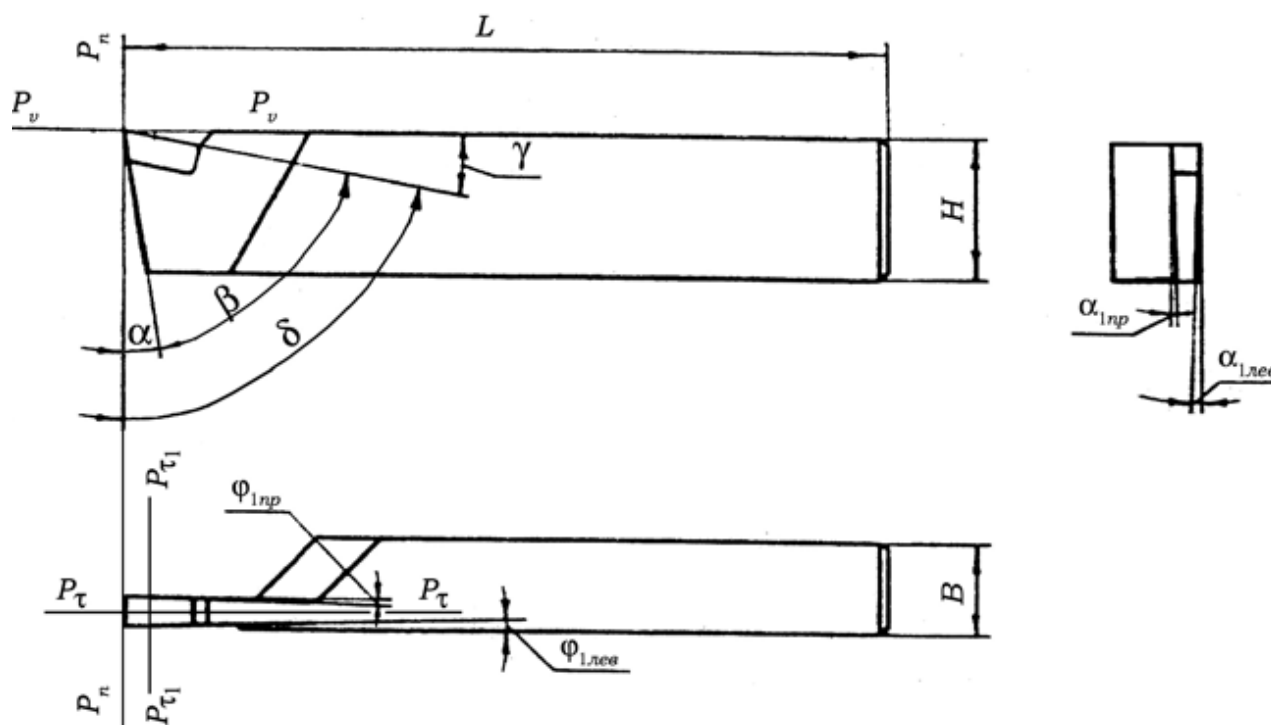


Рисунок 17 – Эскиз отрезного резца

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Плакаты, макеты режущих инструментов.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

В ходе выполнения лабораторной работы студенту необходимо соблюдать общие правила техники безопасности при выполнении работ в учебной лаборатории.

ЗАДАНИЯ

Изучите теоретическую часть работы. Ответьте на вопросы, оформите отчет о работе.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен содержать ответы на контрольные вопросы. При защите работы студент должен быть готовым ответить на любой контрольный вопрос.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие резцы применяют для обработки наружных поверхностей?
2. Какие конструктивные элементы резца вы знаете?
3. В каких случаях применяют отогнутые резцы?
4. Какие резцы применяют для обработки торцовых поверхностей?
5. В каких случаях применяют отрезные резцы?
6. Какие резцы применяют для обработки отверстий?
7. Ответьте на вопросы, на макетах покажите известные Вам резцы.
8. Какие резцы применяют для нарезания резьбы?
9. Инструментальная система координат для главного лезвия.
10. В какой системе координат рассматривается геометрия режущей части инструмента? Назовите плоскости, входящие в эту систему координат.
11. Выполните и поясните эскиз отрезного резца.
12. Выполните и поясните эскиз проходного резца с отогнутой головкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лабораторный практикум по режущим инструментам. Ч.1: лаб. практикум / [М.Б. Сазонов и др.]. – Самара: Изд-во СГАУ, 2015. – 132 с.
2. Режущий инструмент : учебное пособие / Д. В. Кожевников, В. А. Гре-чишников, С. В. Кирсанов [и др.] ; под общей редакцией С. В. Крисанова. — 5 изд., стереотип. — Москва : Машиностроение, 2022. — 520 с.

Лабораторная работа 2

ИЗМЕРЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЦОВ

Цель: получение навыков измерения геометрических параметров резцов.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: маркировка резцов, форма и размеры пластинок для оснащения резцов.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: проводить измерения геометрических параметров резцов.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методикой измерения и контроля качества режущего инструмента

Актуальность темы: Наибольшую долю всей номенклатуры лезвийного режущего инструмента составляют токарные, строгальные, долбежные и другие резцы. Поэтому специалисты в области конструкторско-технологической подготовки производства или в сфере снабжения машиностроительных предприятий, должны владеть методикой контроля качества режущего инструмента.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Каждому студенту выдается 2 резца, как правило: проходной и отрезной студенты указывают номера резцов в таблице отчета.

Вначале по внешнему виду определяются назначение резцов, характер выполнения операций (обточка, торцовка, расточка, отрезка) и их тип (проходной упорный, подрезной), форма головки резца (прямой, отогнутый, оттянутый влево или вправо), направление движения подачи резца (правый, левый).

Все инструменты при изготовлении маркируются. По маркировке, расположенной на левой боковой стороне державки, устанавливаются инструментальный материал пластинки, которой оснащен резец, и его марка,

размеры поперечного сечения державки и шифр конструкции резца.

С помощью штангенциркуля измеряются линейные размеры:

L – общая длина резца; l_2 – длина головки; m – смещение головки; H – высота державки; B – ширина державки; a – размер пластины по длине главной режущей кромки; b – размер пластины по вспомогательной режущей кромке; c – толщина пластины; r – радиус закругления у вершины.

Все пластины из инструментальных материалов для оснащения режущих инструментов стандартизированы по форме и размерам и имеют четырехзначный номер. Первые две цифры указывают на инструментальный материал и форму пластины, две другие – условно связаны с размерами.

По маркировке устанавливается материал пластины (твердый сплав, быстрорежущая сталь), а по проекции на основную плоскость – форма пластины (прямоугольная, квадратная, трехгранная и т.д.). По этим параметрам с помощью таблиц, приведенных в таблицах 2.1...2.8, определяются две первые цифры номера (например, пластин из быстрорежущей стали прямоугольной формы – 41).

По размерам a , b и c устанавливают, какая из стандартных пластин была использована для оснащения изучаемого резца. При этом следует иметь в виду, что исходные размеры пластины могли уменьшиться в связи с заточкой. Таким образом, например, установлено, что пластина имеет: № 4103 – пластина из быстрорежущей стали прямоугольной формы с размерами $a = 16$ мм; $b = 12$ мм; $c = 6$ мм, рекомендуется для оснащения державок $B \times H = 25 \times 16$.

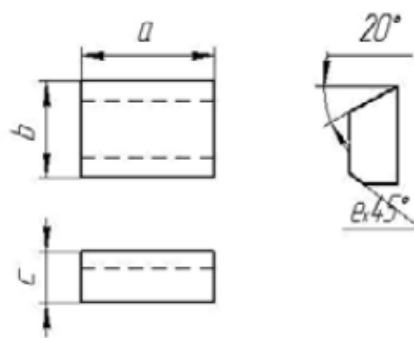
Форма и размеры пластинок для оснащения резцов

2.1 Твердосплавные пластинки

Таблица 2.1 – Формы 01 и 02

Номер пластинки	Размеры, мм				
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>r</i>	<i>e</i>
0103	8	6	3,0	0,5	1
0105	10	6	3,5	0,5	1
0107	12	8	4,5	0,5	1
0109	14	10	5,5	0,5	1,5
0111	16	10	5,5	0,5	1,5
0113	18	12	7,0	1,0	1,5
0115	20	12	7,0	1,0	1,5
0117	22	15	8,5	1,0	1,5
0119	25	15	8,5	1,0	1,5
0201	8	7	2,5	0,5	–
0203	10	8	3,0	0,5	1,0
0205	12	10	4,0	0,5	1,0
0223	14	12	4,5	0,5	1,0
0225	14	12	6,0	0,5	1,5
0227	18	16	6,0	0,5	1,5
0229	18	16	8,0	1,5	1,5

Тип А



Тип Б

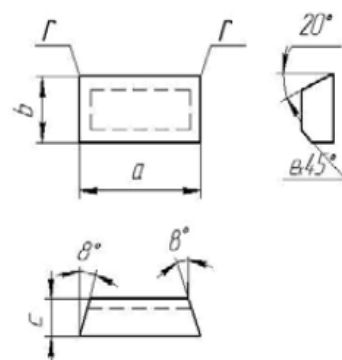


Таблица 2.2 – Форма 06

Номер пластинки	Размеры, мм					
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>R</i>	<i>r</i>	<i>e</i>
0601	8	7	3	6	0,5	–
0603	10	8	3	6	1,0	1,0
0605	12	10	4	10	1,0	1,0
0607	12	10	5	10	1,0	1,0
0609	16	14	5	14	1,0	1,0
0611	16	14	7	14	1,0	1,5
0613	20	18	6	17	1,0	1,5

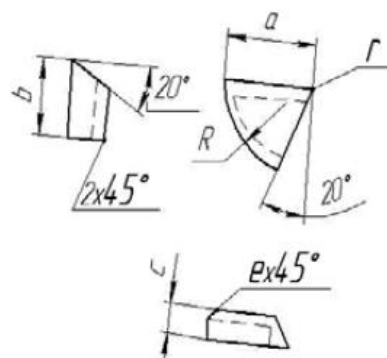
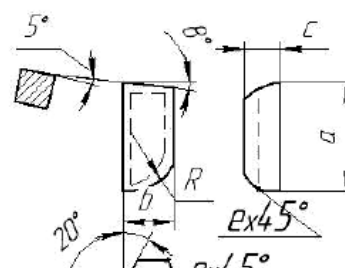


Таблица 2.3 – Форма 07

Номер пластинки	Размеры, мм					
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>R</i>	<i>r</i>	<i>e</i>
0701	10	6	2,5	6	1	–
0703	12	7	3,0	7	1	1,0
0725	15	9	5,0	9	1	1,0
0729	20	11	6,0	11	1	1,5



0733	25	14	8,0	14	1	1,5
------	----	----	-----	----	---	-----

Таблица 2.4 – Форма 10

Номер пластинки	Размеры, мм					
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>R</i>	<i>r</i>	<i>e</i>
1003	8	6	3,0	6	1	1,0
1005	10	6	3,5	6	1	1,0
1007	12	8	4,5	8	1	1,0
1011	16	10	5,5	10	1	1,5
1015	20	12	7,0	12	1	1,5

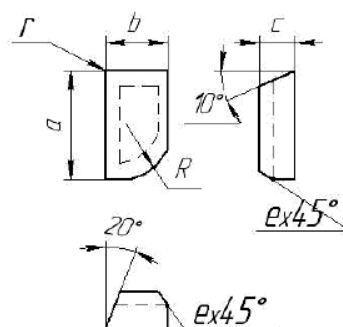
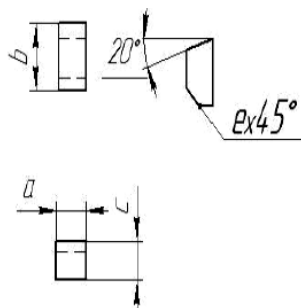


Таблица 2.5 – Форма 13

Номер пластинки	Размеры, мм			
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>e</i>
1321	3	10	3	1,0
1323	4	12	4	1,0
1325	5	15	5	1,0
1307	6	15	6	1,5
1309	8	18	7	1,5
1311	10	20	8	1,5



2.2 Быстрорежущие пластинки

Формы 41 и 43

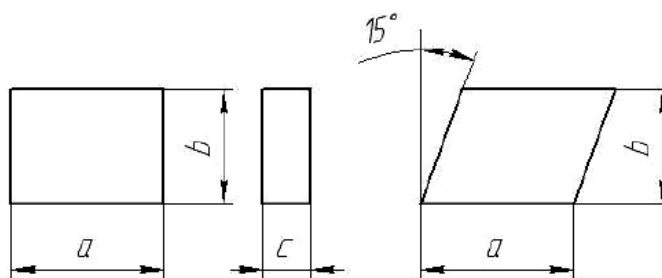


Таблица 2.6 – Форма 41 и 43

Номер пластинки	Номер пластинки	Размеры, мм		
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
4101	4301	10	10	5
4102	4302	12	10	5
4103	4303	16	12	6
4104	4304	20	16	8

Таблица 2.7 – Форма 42

Номер пластинки	Размеры, мм		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
4201	10	8	5
4202	16	12	6
4203	20	16	8
4204	25	18	10

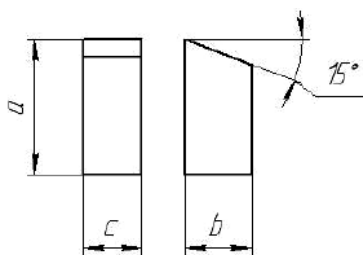
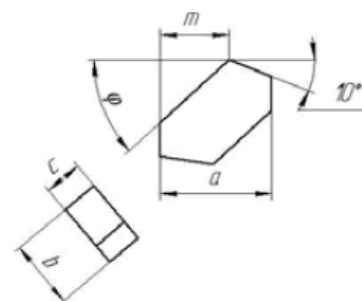


Таблица 2.8 – Форма 44 и 45

(пластины формы 44 с $\varphi=45^\circ$; формы 45 с $\varphi=60^\circ$)

Номер пластинки	Номер пластинки	Размеры, мм			
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>m</i>
4401	4501	10	10	5	5
4402	4502	12	10	5	7
4403	4503	16	12	6	9
4404	4504	20	16	8	12



Результаты измерения линейных параметров заносятся в таблицу отчета.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Резцы, мерительный инструмент, угломер нониусный 0-320 2 МИК, угломер нониусный 0-180 4УМ, Настольный универсальный угломер для измерения основных и вспомогательных углов резцов.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

В ходе выполнения лабораторной работы студенту необходимо соблюдать общие правила техники безопасности при выполнении работ в учебной лаборатории.

ЗАДАНИЯ

Угловые параметры резцов измеряются с помощью универсальных или специальных настольных угломеров.

Настольный угломер удобно использовать при измерении главных и вспомогательных передних и задних углов, а также углов наклона режущих кромок, а универсальный угломер – для измерения углов в плане.

Настольный угломер (рис. 2.1) состоит из плиты 1, колонки 2, по которой может перемещаться кронштейн 4 с сектором 5, закрепляемый, при необходимости, в определенном положении стопорным винтом 3. Сектор 5 имеет градусную шкалу. На секторе укреплен поворотный угольник 6 с указателем и двумя измерительными линейками a и b , расположенными под прямым углом. При расположении указателя угольника против нуля градусной шкалы измерительная линейка a будет находиться в вертикальном положении, а измерительная линейка b – в горизонтальном положении.

При измерении главного переднего γ и главного заднего угла α резец устанавливают на плите прибора так, чтобы плоскость поворота угольника совпала с главной секущей плоскостью P_τ .

Для измерения главного переднего угла нужно совместить измерительную линейку b с передней поверхностью резца и против указателя по шкале прибора отсчитать величину угла γ . Для измерения главного заднего угла измерительную линейку a совмещают с главной задней поверхностью резца и против указателя отсчитывают величину угла α .

Аналогичным образом производится измерение вспомогательных углов γ_1 и α_1 , но в этом случае резец устанавливают так, чтобы плоскость поворота угольника совпала со вспомогательной секущей плоскостью $P_{\tau 1}$.

При измерении углов наклона режущих кромок измерительную линейку b совмещают с главной или соответственно вспомогательной режущей кромкой.

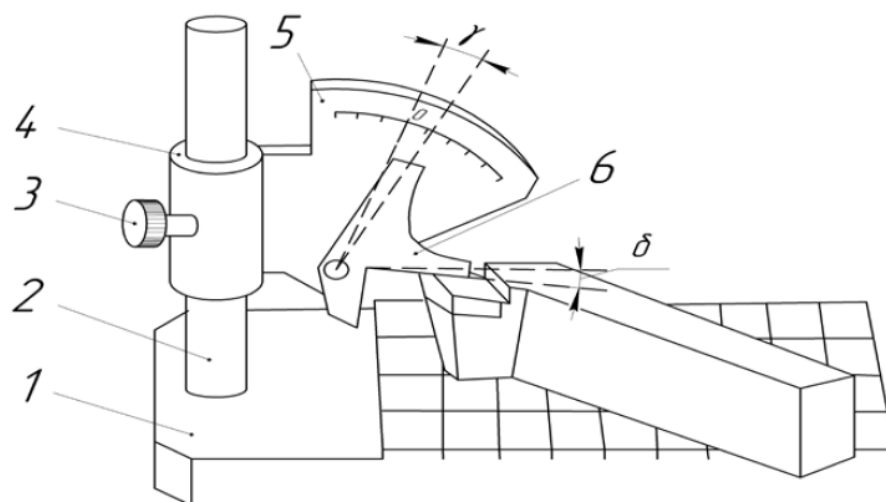


Рисунок 2.1 - Настольный угломер и измерение на нем главного переднего угла

Универсальный угломер (рис. 2.2) предназначен для измерений углов от 0° до 180° . Он состоит из основания 2 с градусной шкалой, подвижной линейки 5 и неподвижной линейки 8. Нониус 1 вместе с подвижной линейкой может поворачиваться вокруг оси 4 основания 2 и закрепляться в определенном положении стопорным винтом 3. При измерении углов, превышающих 90° , к сторонам контролируемого угла прикладываются подвижная 5 и неподвижная 8 линейки. Отсчет показания прибора производится по градусной шкале против нуля нониуса. При этом величина измеренного угла будет равна показанию прибора плюс 90° .

При измерении углов менее 90° на подвижную линейку 5 с помощью хомутка 6 крепится угольник 7. К сторонам контролируемого угла прикладываются неподвижная линейка 8 и линейка угольника 7. По шкале прибора против нуля нониуса отсчитывается значение угла.

При измерении углов в плане у прямых проходных резцов подвижная и неподвижная линейки совмещаются с боковой поверхностью державки 4 с соответствующей режущей кромкой.

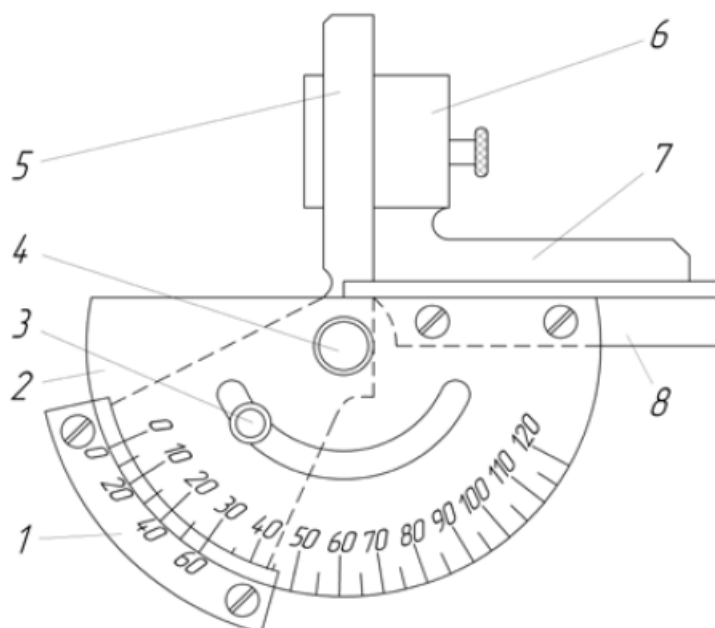


Рисунок 2.2 = Универсальный угломер

При измерении углов в плане φ и φ_1 у правых резцов с отогнутой головкой сначала измеряют вспомогательный угол в плане φ_1 , как это показано на рис. 3.3, затем угол при вершине ε . Главный угол в плане рассчитывается по формуле

$$\varphi = 180 - (\varphi_1 + \varepsilon).$$

У отрезного резца (см. рис. 2.19) передние, задние углы наклона режущих кромок измеряются аналогично рассмотренному измерению тех же углов у проходных резцов. Следует помнить, что у отрезных резцов два вспомогательных лезвия, а поэтому у них две группы вспомогательных углов ($\gamma_{лев}$, $\gamma_{пр}$, $\alpha_{лев}$, $\alpha_{пр}$), при этом, как правило (при $\lambda = 0$), $\gamma_{лев} = \gamma_{пр} = 0$.

Вспомогательные углы в плане отрезных резцов удобнее измерять настольным угломером при установке резца на плиту боковыми сторонами державки. В необходимых случаях под державку подкладывается плоскопараллельная призма, например, державка какого-либо другого резца. При измерениях углов как проходных, так и отрезных резцов следует обратить

внимание на соотношение передних углов с углами наклона режущих кромок по величине и знаку. Результаты измерений углов заносятся в таблицу отчета.

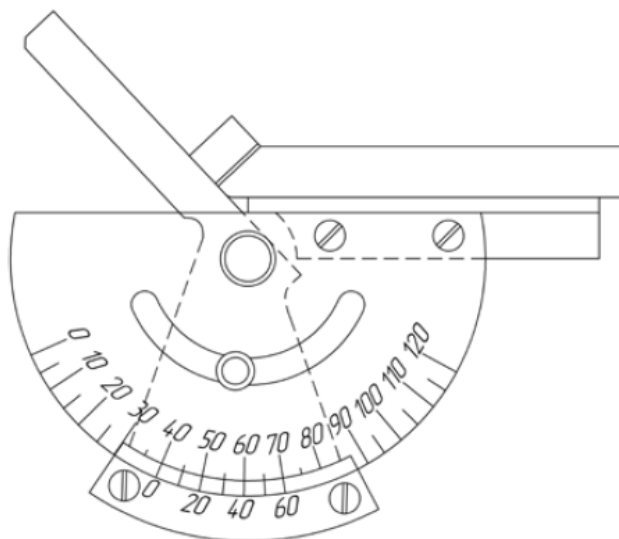


Рисунок 2.3 - Измерение вспомогательного угла в плане φ_1

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

После выполнения работы студент представляет преподавателю полностью оформленный бланк отчета, измеренные резцы и должен быть готов ответить на любой из контрольных вопросов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Расскажите о системе координат применяемой для анализа геометрии режущего инструмента.
2. Что представляет собой инструментальная система координат?
3. Что такое основная плоскость?
4. Что такое плоскость резания?
5. Что такое секущая плоскость?
6. Что такое рабочая плоскость?

7. Что такое лезвие?
8. Сколько лезвий может быть у головки резца?
9. Какими углами характеризуется геометрия лезвия?
10. Дайте определение термину – передний угол.
11. Дайте определение термину – задний угол.
12. Дайте определение термину – угол наклона режущей кромки.
13. Дайте определение термину – угол в плане.
14. Как измеряются передние углы зуба (головки)?
15. Как измеряются задние углы зуба (головки)?
16. Как измеряются углы в плане?
17. Какими резцами обрабатываются основные поверхности деталей?
18. Вершина зуба (головки), чем она отличается от вершины инструмента (например, у расточного резца)?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лабораторный практикум по режущим инструментам. Ч.1: лаб. практикум / [М.Б. Сазонов и др.]. – Самара: Изд-во СГАУ, 2015. – 132 с.

Лабораторная работа 3

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИИ РАСТОЧНЫХ РЕЗЦОВ

Цель: Изучение схемы работы, конструкций и основных геометрических параметров расточных инструментов.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: основные элементы конструкции и геометрии расточного стержневого резца.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы:

выполнять эскиз основных элементов конструкции и геометрии расточного стержневого резца.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: знания о применении расточных инструментов в машиностроении.

Актуальность темы: В механообработке нашли применение следующие типы расточных инструментов:

- 1) стержневые резцы;
- 2) двухсторонние пластинчатые резцы – блоки;
- 3) расточные головки для обработки неглубоких отверстий;
- 4) расточные головки для обработки глубоких отверстий.

Расточные инструменты применяются для увеличения диаметров отверстий и являются широкоуниверсальными инструментами, так как, в отличие от зенкеров и развёрток, допускают регулировку (настройку) режущих кромок в радиальном направлении. Расточными инструментами обрабатывают отверстия диаметром 10...1000 мм и более с точностью *IT5...IT6* и шероховатостью $Ra = 0,8...1,6$ мкм.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Расточные резцы используют для обработки внутренних сквозных или глухих отверстий, а также внутренних канавок (рис. 1, *а, б, в*). Из-за большого вылета державки, уменьшенной площади её сечения и затруднённого отвода стружки расточные резцы работают в более тяжёлых условиях, чем проходные резцы. Державки расточных резцов выполняют круглого сечения с утолщением к хвостовику, а в месте крепления они принимают форму квадратного сечения. Диаметр державки составляет

$$D = (0,5...0,8) \cdot D_0,$$

где $-D_0$ диаметр обрабатываемого отверстия.

Расточные резцы имеют малую виброустойчивость и жёсткость. Заднюю поверхность выполняют криволинейной формы.

Расточные резцы могут быть цельные, составные или сборные, оснащённые пластинами из быстрорежущей стали, твёрдого сплава или СТМ (сверхтвёрдые материалы).

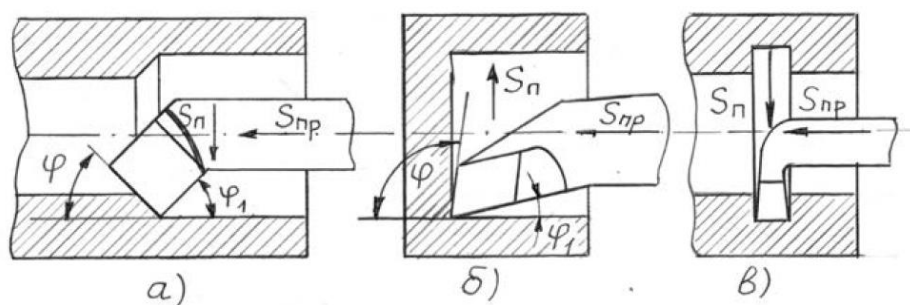


Рис. 1. Типы расточных резцов:

а – для сквозных отверстий; *б* – для глухих отверстий; *в* – канавочные резцы

Обработка заготовок ведётся на токарных или расточных станках. При этом обеспечиваются главное движение (вращательное) и движение подачи (поступательное продольное или поперечное).

Параметры режима резания:

глубина резания, мм;

$$t = \frac{D_0 - D_{II}}{2},$$

где – D_{II} диаметр предварительного отверстия;

D_0 – диаметр окончательного отверстия;

допускаемая скорость резания, м/мин

$$V_T = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^{xy} \cdot S^{xy}},$$

частота вращения шпинделя, мин⁻¹

$$n = \frac{1000 \cdot V_T}{\pi \cdot D_0},$$

подача продольная (S_{np}) или поперечная (S_n), мм/об

минутная подача, мм/мин $S_{\text{мин}} = S \cdot n$.

Основные элементы конструкции и геометрии расточного стержневого резца для обработки сквозного отверстия представлены на рис. 2 (вид в плане).

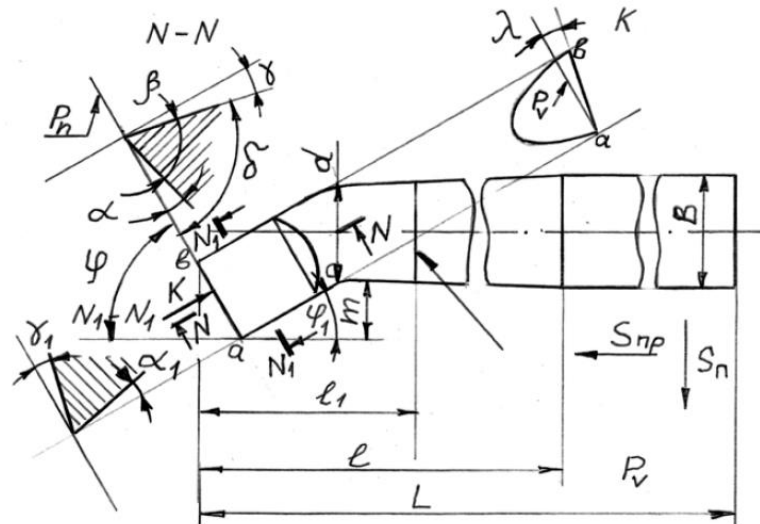


Рис. 2. Геометрия расточного резца

На рис. 2 применены следующие обозначения:

av – главная режущая кромка; ac – вспомогательная режущая кромка;

точка a – вершина резца; B – ширина державки;

H – высота державки (на рис. 2 не показана);

P_n – след плоскости резания; по определению плоскость резания проходит через главную режущую кромку и является касательной к поверхности резания (вертикальная плоскость);

P_v – основная плоскость; эта плоскость определяется как перпендикулярная к направлению вектора скорости резания (горизонтальная плоскость);

$N-N$ – главная секущая плоскость; проходит перпендикулярно к проекции главной режущей кромки на основную плоскость;

N_1-N_1 – вспомогательная секущая плоскость; проходит перпендикулярно проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость.

Основными углами, определяющими геометрию резца, являются углы

$\varphi, \varphi_1, \gamma, \alpha, \alpha_1, \lambda$. Именно эти углы проставляются на чертеже резца. Углы γ_1 и λ_1 получаются автоматически в процессе изготовления и заточки резца.

В ряде случаев, в зависимости от имеющегося заточного оборудования, бывает необходимо знание углов резца в плоскостях продольного и поперечного наклона. Эти углы также применяются при рассмотрении геометрии свёрл, аксиально-лобовых фрез.

Плоскость продольного наклона $A-A$ проходит параллельно оси державки резца и перпендикулярно основной плоскости P_v , а плоскость поперечного наклона $B-B$ перпендикулярно оси державки и плоскости P_v (рис. 3).

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

После выполнения работы студент представляет преподавателю полностью оформленный бланк отчета, эскизы резцов и должен быть готов ответить на любой из контрольных вопросов.

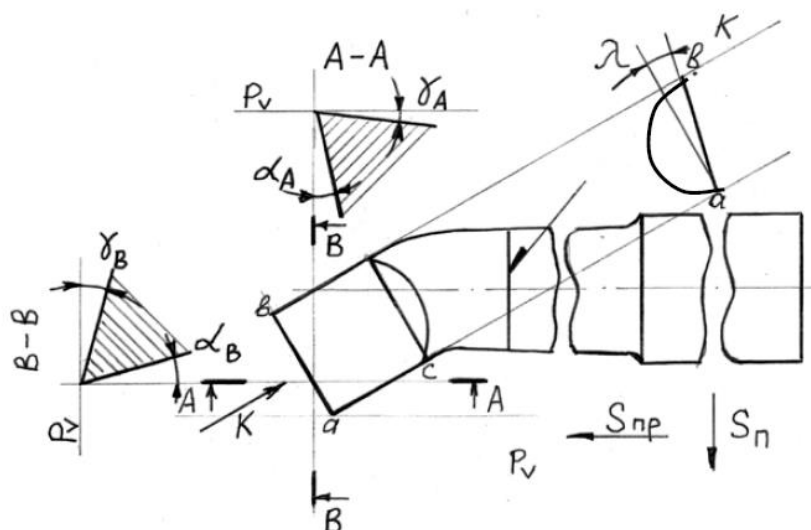


Рис. 3. Углы расточного резца в плоскостях продольного и поперечного наклона

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Преимущества расточного инструмента.
2. В какой системе координат рассматривается геометрия режущей части инструмента? Назовите плоскости, входящие в эту систему координат.
3. Выполните и поясните эскиз расточного резца.
4. Выполните и поясните эскиз расточного резца в плоскостях продольного и поперечного наклона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Завистовский, С. Э. Обработка материалов и инструмент. Практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. Э. Завистовский. — Электрон. текстовые данные. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2014. — 168 с. — 978-985-503-350-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67672.html>

3. 2. Лабораторный практикум по режущим инструментам. Ч.1: лаб. практикум / [М.Б. Сазонов и др.]. – Самара: Изд-во СГАУ, 2015. – 132 с.

Лабораторная работа 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА И ПРИЧИНЫ ИЗНОСА ИНСТРУМЕНТА

Цель: научиться определять виды износа инструмента и причины его возникновения.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: износ инструмента, виды износа.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определять виды и причины износа инструмента.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
методика определения и уменьшения износа инструмента.

Актуальность темы: Под воздействием факторов, действующих в процессе обработки, происходит износ инструмента. При этом увеличиваются силы резания, растёт температура в зоне резания, изменяется размер инструмента. Научившись правильно классифицировать износ инструмента, можно обеспечить стабильную обработку и максимально увеличить стойкость режущей кромки металлорежущего инструмента.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Изнашивание – процесс разрушения и отделения материала с поверхности твердого тела. Износ – результат изнашивания.

Некоторые виды износа появляются вследствие неправильного использования металлорежущего инструмента либо вследствие некорректного выбора самого инструмента.

Обычно выделяют три типа износа режущей кромки: абразивный, адгезионный и диффузионный. При абразивном износе твердые частицы обрабатываемого материала царапают поверхность режущего инструмента, постепенно истирая ее. Процесс адгезионного износа связан с напайванием (прилипанием) трущихся друг о друга поверхностей, после чего происходит отрыв микрочастиц с поверхности режущей кромки, что со временем приводит к образованию больших впадин (лунок) на поверхности инструмента. Данный процесс, как правило, происходит при относительно невысоких температурах в зоне резания. Диффузионный износ наступает при высоких температурах, когда атомы инструмента и обрабатываемой заготовки смешиваются, возникает химическая реакция, в результате которой меняется физико-химический состав верхнего слоя инструмента, его сопротивление износу уменьшается, а в дальнейшем возникают лунки на его передней поверхности. Любой износ образуется либо на

задней, либо на передней поверхности инструмента, а иногда и на обеих поверхностях сразу.

Быстрый износ по задней (рис. 4.1) поверхности происходит в результате слишком большой скорости резания, недостаточной износостойкости инструментального материала, слишком низкой подачи.

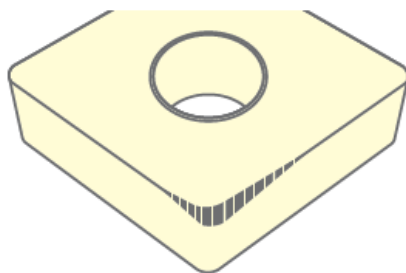


Рис. 4.1. Износ по задней поверхности

Это абразивный вид износа, следствием которого является истирание задней поверхности режущего инструмента. Происходит он из-за трения задней поверхности инструмента об обрабатываемую поверхность. Такой износ является наиболее предпочтительным, так как наступает он постепенно и предсказуемо. Если в ходе обработки последовательно возникает износ по задней поверхности, то это признак нормальной эксплуатации инструмента.

В то же время, если задняя поверхность изнашивается слишком быстро, то это может быть признаком того, что мы используем недостаточно твердый сплав. Как известно, сплавы не могут быть одновременно твердыми и прочными: чем тверже сплав, тем менее он прочный и наоборот.

Также причиной слишком интенсивного износа по задней поверхности может быть чрезмерная скорость резания. Из трех основных параметров режимов резания: подача, скорость резания и глубина резания – именно скорость резания наиболее сильно влияет на износ инструмента.

Подача инструмента менее влияет на износ, но от величины подачи сильно зависит, насколько интенсивно будет изнашиваться передняя поверхность инструмента. Глубина резания несущественно влияет на износ инструмента, но важно не превышать рекомендуемых параметров по глубине, чтобы не допустить механической перегрузки и разрушения пластины.

Соответственно, для борьбы с данным типом износа следует снизить скорость резания и выбрать более твердый, а значит, более износостойкий сплав.

Образование бороздки (рис. 4.2).

Бороздка, или проточина возникает на уровне глубины резания. Причиной такого износа может стать корка на поверхности заготовки или твердые микровключения в обрабатываемом материале. Данный вид износа обусловлен упрочнением обрабатываемой поверхности и характерен для вязких материалов, таких как нержавеющие и жаропрочные стали.

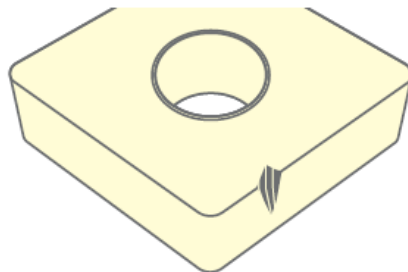


Рис. 4.2. Образование бороздки

Для борьбы с образованием бороздки рекомендуется уменьшить скорость резания, уменьшить подачу, выбрать более прочный сплав, а также уменьшить угол в плане. Образование бороздки можно предотвратить изменением стратегии обработки, например, сделав переменной глубину резания.

Износ по передней поверхности (лункообразование, рис. 4.3).

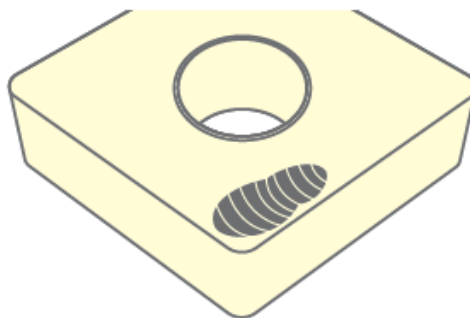


Рис. 4.3. Износ по передней поверхности

Передняя поверхность – это поверхность, по которой сходит стружка в процессе резания, и именно данная поверхность больше всего контактирует со стружкой. Износ по передней поверхности наступает вследствие того, что горячая стружка, сталкиваясь с передней поверхностью режущего инструмента, разлагает кобальтовую связку и растворяет карбид вольфрама. Твердые включения в обрабатываемом материале врезаются в пластину, покрытие скалывается, и его частицы вдавливаются в переднюю поверхность.

Для решения проблемы в данном случае следует снизить скорость резания или подачу, выбрать более твердый сплав, а также проверить корректность выбора стружколома. Возможно, что геометрия стружколома не подходит для конкретной обработки. Например, при черновой обработке используется стружколом, предназначенный для чистовых операций, соответственно, стружка не будет правильно сегментироваться, а будет сталкиваться с передней поверхностью, разрушая ее.

Пластическая деформация (рис. 4.4).

Если в процессе обработки генерируется слишком большое количество тепла и вдобавок возникает механическая перегрузка пластины, то под воздействием температуры размягчается твердый сплав, кобальтовая связка плавится и происходит пластическая деформация режущей кромки.

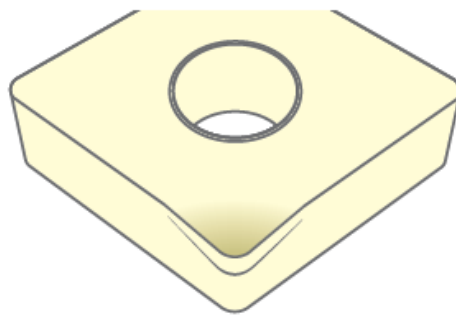


Рис. 4.4. Пластическая деформация

В этом случае прежде всего стоит обратить внимание на снижение температуры в зоне резания, а эффективнее всего это можно сделать, снизив скорость резания, а также включив СОЖ, если СОЖ не использовалась ранее. Важно, чтобы СОЖ подавалась именно в зону резания для того, чтобы максимально эффективно снизить температуру. Для данных целей можно использовать специальные державки с возможностью направленной подачи СОЖ. Кроме того, желательно выбрать более износостойкий (твердый) сплав и геометрию с большим радиусом режущей кромки, так как температура будет распределяться по большей площади поверхности, что приведет к ее снижению.

Наростообразование (налипание, рис. 4.5).

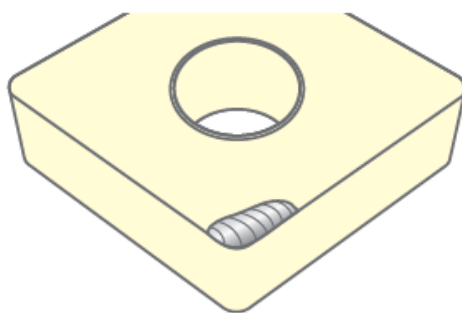


Рис. 4.5. Наростообразование

При высоком давлении и низкой температуре в зоне резания обрабатываемый материал может прилипать к режущей кромке, а потом при отрыве этого

нароста он захватывает с собой частички покрытия и основу сплава, соответственно, пластина быстро разрушается. Дополнительной проблемой является то, что при образовании данного нароста геометрия пластины меняется, и это может сказаться как на качестве обрабатываемой поверхности, так и на ее конечном чистовом размере. Как правило, наростообразование происходит при обработке вязких материалов, таких как нержавеющая сталь или алюминий.

При такой проблеме следует увеличить температуру путем увеличения скорости резания. Одной из самых распространенных ошибок является обработка вязких материалов с низкой скоростью резания. Также рекомендуется по возможности выбрать пластину с более острой геометрией и тонким покрытием (например, PVD-сплавы имеют значительно меньшую толщину покрытия, чем CVD).

Выкрашивание режущей кромки (рис. 4.6).

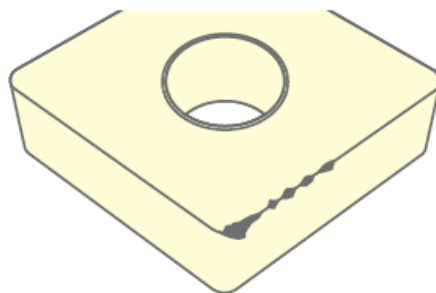


Рис. 4.6. Выкрашивание режущей кромки

В основном причиной такого вида износа служат твердые микровключения в обрабатываемом материале, вибрации, а также прерывистое резание.

Прежде всего стоит проверить стабильность обработки, хорошо ли закреплена деталь на станке и нет ли вибраций. При обнаружении вибраций и невозможности улучшить жесткость закрепления заготовки стоит изменить угол в плане на более близкий к 90° . Это приведет к увеличению осевых сил резания и уменьшению радиальных, а, как известно, именно радиальная составляющая силы резания вызывает вибрации. Если причина не в этом, то стоит уменьшить

подачу, особенно на врезании и на выходе из резания. Также следует выбрать более вязкий сплав и более прочную геометрию режущей кромки, возможно, с большим радиусом.

Термические трещины (рис. 4.7).

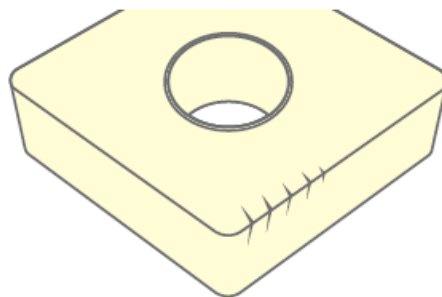


Рис. 4.7. Термические трещины

Такой вид износа легко идентифицируется, так как имеет явные признаки – трещины, перпендикулярные режущей кромке. Возникает из-за разницы температур между нагретым и охлажденным состоянием режущей кромки.

Термотрещины особенно характерны для фрезерования, так как используется несколько зубьев инструмента, которые попеременно то находятся в материале, то выходят из него, подвергаясь таким образом быстрой смене температуры.

При появлении такого вида износа прежде всего нужно прекратить подачу СОЖ либо, наоборот, использовать избыточное количество охлаждающей жидкости для поддержания постоянного уровня температуры режущей кромки. Также стоит уменьшить скорость резания и выбрать более вязкий сплав, который менее склонен к такому типу износа.

Разрушение пластины (рис. 4.8).

Сочетание механической и термической нагрузки является таким большим, что пластина разрушается в первые секунды работы, причем одновременно и по задней, и по передней поверхности. Причиной, как правило, является

один из предшествующих видов износа. Также, возможно, установлены сильно завышенные режимы резания или некорректно выбрана геометрия пластины.

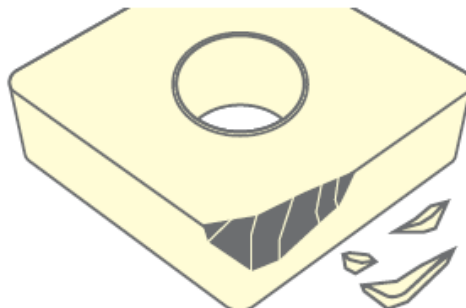


Рис. 4.8. Разрушение пластины

В данном случае рекомендуется уменьшить глубину резания, уменьшить подачу, выбрать более прочный сплав. Иногда может помочь замена пластины на более толстую или, например, замена двухсторонней пластины на одностороннюю.

Интенсивность и характер износа сильно зависит не только от параметров металлорежущего инструмента, но и от обрабатываемого материала, так, например, при обработке чугуна характерен износ по задней поверхности, потому что стружка хорошо сегментируется и почти не взаимодействует с передней поверхностью, а пластическая деформация возможна при обработке жаропрочных материалов, в процессе резания которых генерируются очень высокие температуры.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Набор режущего инструмента: резцы, фрезы, протяжки, сверла, зенкеры, развертки.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

В ходе выполнения лабораторной работы студенту необходимо соблюдать общие правила техники безопасности при выполнении работ в учебной лаборатории.

Необходимо использовать исправный инструмент и применять его строго по назначению.

ЗАДАНИЯ

1. Изучите теоретическую часть работы.
2. Заполните таблицу 4.1 «Способы уменьшения износа» (в соответствующих главах поставьте «+» или «-»).
3. Выберите три режущих инструмента, определите вид износа инструмента и его причину. Заполните таблицу 4.2.

Таблица 4.1 - Способы уменьшения износа

	Уменьшить скорость резания	Увеличить скорость резания	Уменьшить подачу	Увеличить подачу	Выбрать более износостойкую марку сплава	Выбрать более прочную марку сплава	Отказаться от СОЖ	Изменить геометрию инструмента
Износ по задней поверхности								
Образование бороздки								
Износ по передней поверхности								
Пластическая деформация								
Наростообразование								

Выкрашивание режущей кромки								
Термические трещины								
Разрушение пластины								

Таблица 4.2 - Вид и причины износа инструмента

Название инструмента	Описание износа	Эскиз износа	Причина износа

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

После выполнения работы студент представляет преподавателю полностью оформленный бланк отчета и должен быть готов ответить на любой из контрольных вопросов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое размерный износ инструмента?
2. Как проявляется износ режущего инструмента?
3. Перечислите виды износа режущего инструмента.
4. По каким поверхностям изнашивается инструмент?
5. Какие факторы влияют на износ инструмента?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комплект методических указаний по выполнению лабораторных и практических работ по дисциплине «Особые методы обработки авиационных материалов» / Н.А. Карелина, В.И. Журавлев. – Иркутск, 2017 г.

Лабораторная работа 5

ОБМЕР И ЭСКИЗИРОВАНИЕ КОНЦЕВОЙ ФРЕЗЫ

Цель: изучение конструкций и геометрии концевых фрез.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы:

Обмер и эскизирование концевой фрезы.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
методика контроля качества фрез.

Актуальность темы: Процесс фрезерования является весьма распространённой операцией в технологии машиностроения. Фрезерованием обрабатывают плоские, криволинейные и угловые поверхности, пазы и уступы. Точность обработки находится в пределах 14-6 квалитетов, шероховатость поверхности составляет от $Rz = 80$ до $Ra = 0,32$ мкм.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Классификация фрез. Различают фрезы цилиндрические, торцовые, концевые, дисковые, угловые, фасонные. Эти фрезы можно отнести к группе фрез общего назначения. По способу крепления на станке выделяют фрезы насадные и концевые, закрепляемые с помощью хвостовиков. Фрезы могут быть цельные и сборные. Сборные фрезы имеют корпус и режущие элементы из разных материалов. Аналогично различают фрезы быстрорежущие и твердосплавные в зависимости от инструментального материала режущей части.

Наиболее распространенные конструкции фрез стандартизованы. Кроме вышеперечисленных можно встретить и другие виды фрез: прорезные, отрезные, шпоночные, пазовые, сегментные и другие, которые по существу являются модификациями основных фрез общего назначения.

Общие виды некоторых фрез приведены на рис. 1. Спиральные цилиндрические фрезы применяют для обработки плоских поверхностей.

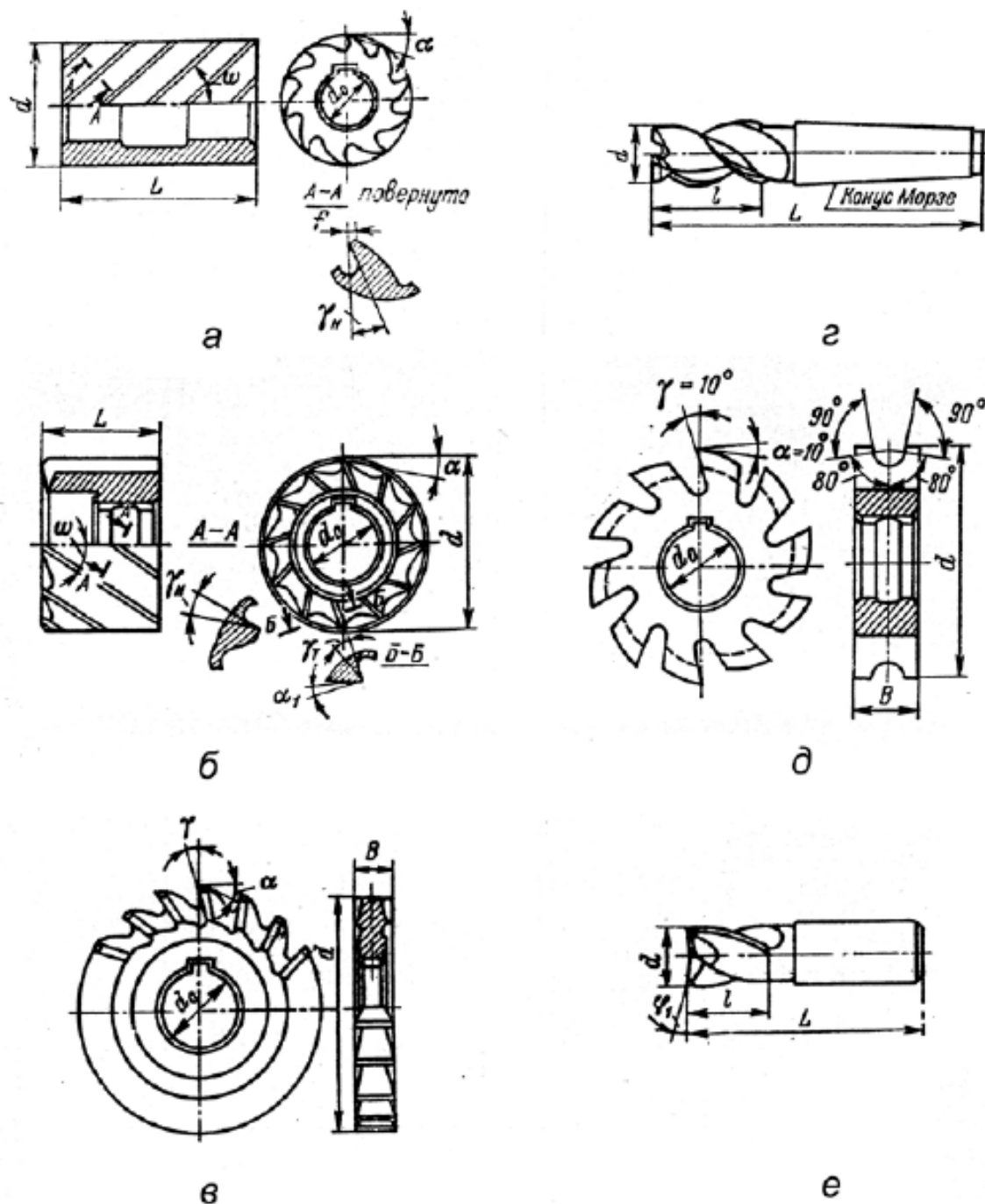


Рисунок 1 - Некоторые виды конструкций фрез: а – цилиндрическая; б – торцовая; в – дисковая; г – концевая; д – фасонная; е – шпоночная

Фасонные фрезы назначают для обработки различных фасонных

профилей. Концевые фрезы являются основным инструментом для фрезерования сложных контуров деталей на станках с числовым программным управлением. Они также служат для обработки уступов и пазов. Концевые фрезы в отличие от цилиндрических имеют зубья на торце фрезы. Дисковые трехсторонние фрезы предназначены для обработки пазов, двухсторонние – уступов. Торцовые фрезы служат для обработки пазов, уступов и плоскостей. Угловыми фрезами обрабатывают сопряженные поверхности, образующие в пересечении угол.

По форме профилей зубьев фрезы подразделяют на острозаточенные и затылованные (рис. 2). Острозаточенные фрезы перетачивают по задней поверхности.

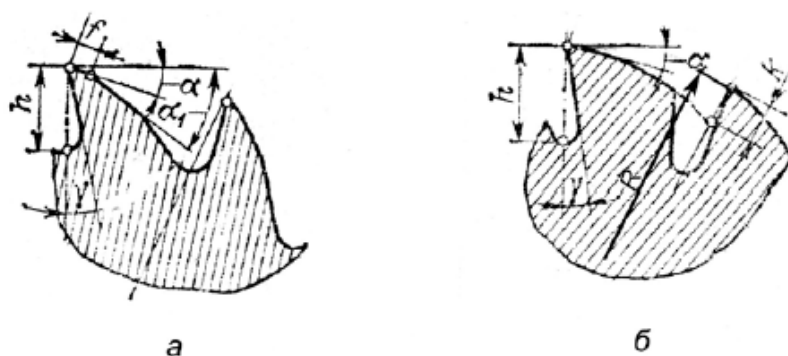


Рисунок 2. Формы профилей зубьев:

а – острозаточенная; *б* – затылованная; *h* – высота зуба; γ – передний угол; *f* – фаска на задней поверхности; *R* – радиус фрезы; α_1 – задний угол спинки зуба

Затылованные фрезы имеют заднюю поверхность зуба, выполненную по спирали Архимеда. Эти фрезы служат для обработки фасонных поверхностей и перетачиваются по передней поверхности. Наличие задней поверхности зуба фрезы по спирали *Архимеда* позволяет сохранить почти неизменным задний угол фрезы при переточках. Падение затылка «*K*» определяют на центральном угле между зубьями фрезы « η »:

$$\eta = \frac{360^\circ}{z}; \quad K = \frac{\pi d}{z} \operatorname{tg} \alpha,$$

где z – число зубьев фрезы; α – задний угол.

На рис. 3 приведены элементы конструкции концевой фрезы.

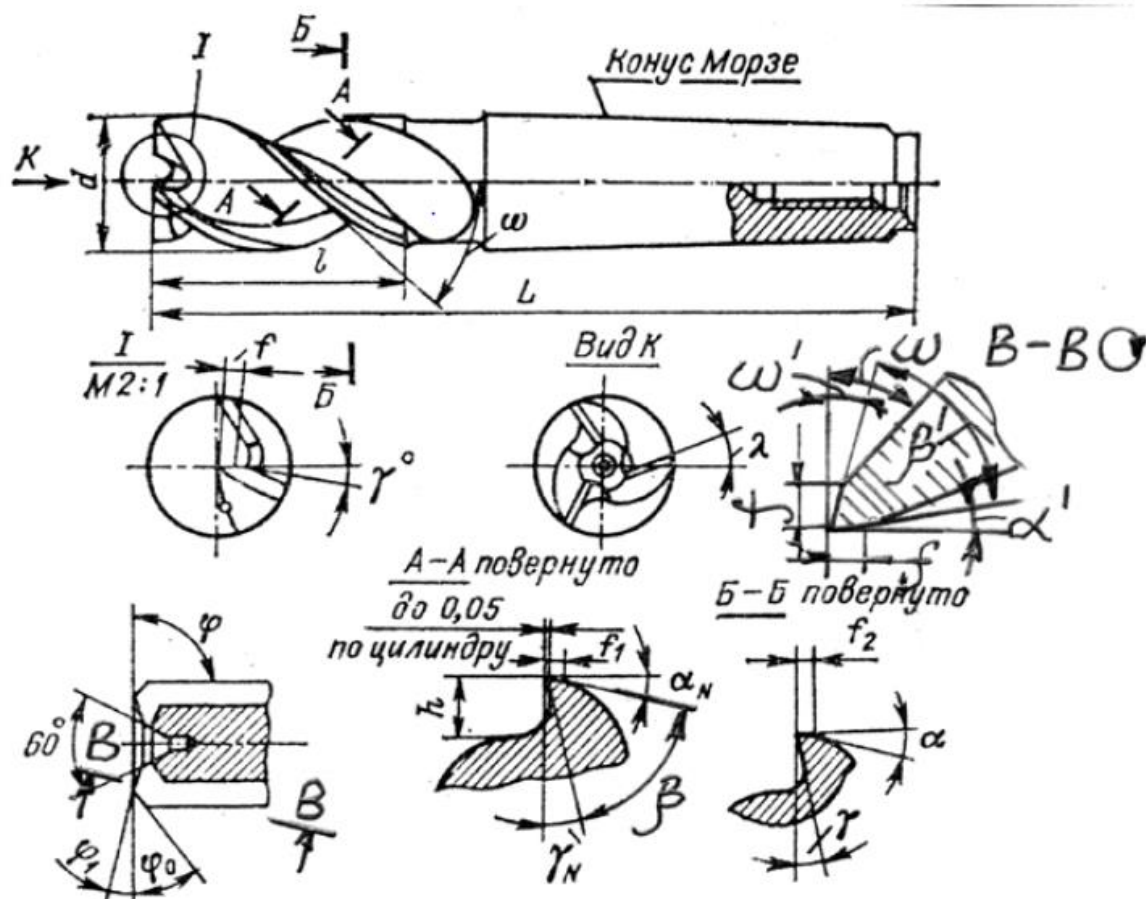


Рисунок 3 – Конструкция концевой фрезы

Измеряют наружный диаметр фрезы d , длину фрезы L , длину режущей части l , высоту зуба h , длину фаски заточки заднего угла f_2 , размеры хвостовика, по которым в приложении находят № конуса Морзе. Определяют угловые параметры: передний угол $-\gamma_N$, задний угол $-\alpha$, угол спирали зуба $-\omega$, вспомогательные углы в плане $-\varphi_0$ и φ_1 , угол наклона режущей кромки на торце фрезы $-\lambda$. Для определения угла спирали ω фрезу прокатывают по копировальной бумаге. На полученном отпечатке измеряют величину подъема

зуба и делят на соответствующую длину образующей. Таким образом находят тангенс угла спирали.

Для измерения переднего и заднего углов на цилиндрической части фрезы применяют угломер системы Бабчиницера (рис. 4).

Передний угол γ_N измеряют в главной секущей плоскости, проходящей перпендикулярно режущему лезвию (сечение А–А на рис. 3). Расположив соответствующим образом угломер (рис. 4, а), устанавливают опорный нож дуги 2 на соседний зуб, а измеряющий нож 4 прижимают к передней поверхности зуба так, чтобы не оставалось просвета. Против числа зубьев z снимают показание переднего угла γ .

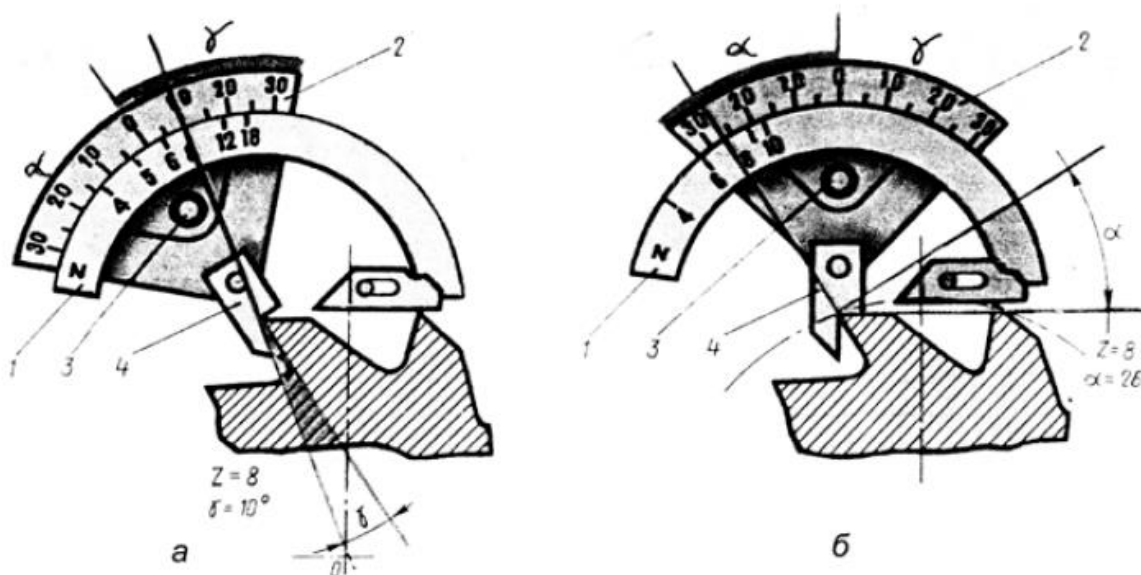


Рисунок 4 - Схемы измерения переднего γ и заднего α углов фрезы:

1 – сектор z ; 2 – сектор γ и α ; 3 – ось; 4 – измеряющий нож

Задний угол α измеряют в плоскости, перпендикулярной оси фрезы. Для этого, расположив нужным образом угломер (рис. 4, б), поворачивают сектор 2 до касания измеряющего ножа 4 задней поверхности зуба и против величины z снимают значение заднего угла α .

Угол заострения β измеряют между передней и задней поверхностями зуба фрезы:

$$\beta = 90 - (\gamma_N + \alpha_N).$$

Окружной шаг между зубьями фрезы находят по формуле

$$P_0 = \pi D / z.$$

Осевой шаг, измеряемый вдоль оси фрезы, будет

$$P_s = \pi D / z \cdot \operatorname{tg} \omega.$$

В качестве инструментальных материалов для фрез используют быстрорежущие стали P6M5, P9K5, P9Ф5, P18, P9, P6M5K5, P9M4K8, твердые сплавы ВК8, ВК10-ОМ, Т5К10, Т15К6 и другие. Для корпусов и хвостовиков фрез применяют стали 45, 40Х.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Набор фрез. Инструментальный фрезерный станок JTM-1230W3 DRO. Станок фрезерный широкоуниверсальный мод. 6P82 Ш.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

В ходе выполнения лабораторной работы студенту необходимо соблюдать общие правила техники безопасности при выполнении работ в учебной лаборатории.

ЗАДАНИЯ

1. Изучите теоретическую часть работы.
2. Выполните обмер и эскизирование концевых фрез.
3. Подготовьте ответы на контрольные вопросы.
4. Составьте отчет по лабораторной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные виды фрез и их параметры.
2. Назовите формы профилей зубьев фрез.

3. Перечислите углы заточки концевых фрез.
4. Как производится измерение переднего и заднего углов концевой фрезы?
5. Что такое угол контакта?
6. Как определить число одновременно работающих зубьев?
7. Как уменьшить вибрации концевых фрез?
8. Как увеличивают прочность зуба концевой фрезы на торце?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Завистовский, С. Э. Обработка материалов и инструмент. Практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. Э. Завистовский. — Электрон. текстовые данные. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2014. — 168 с. — 978-985-503-350-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67672.html>
2. Лабораторный практикум по режущим инструментам. Ч.1: лаб. практикум / [М.Б. Сазонов и др.]. – Самара: Изд-во СГАУ, 2015. – 132 с.

Лабораторная работа 6

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ГЕОМЕТРИИ И КОНТРОЛЬ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ

Цель: Изучение конструкции и геометрии спиральных сверл.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: основные конструктивные и геометрические параметры спиральных сверл.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: выполнение эскизов сверл в соответствии с правилами ЕСКД и стандартов на сверла.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
методика контроля геометрических параметров сверл.

Актуальность темы: Свёрла – это режущие инструменты, предназначенные для обработки глухих и сквозных отверстий. При обработке отверстий свёрлами из быстрорежущих сталей обеспечивается точность в пределах 11...13 квалитетов и шероховатость поверхности $R_z = 80...32$ мкм. Свёрла с пластинами из твердых сплавов, работающие на более высоких скоростях резания, обеспечивают обработку отверстий с точностью по 8–11 квалитетам и шероховатостью поверхности $R_z = 40...20$ мкм. Это широко применяемый при механической обработке инструмент. Изучение конструкции и методики контроля качества сверл является актуальной задачей.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основные конструктивные и геометрические параметры спиральных сверл. Процесс сверления осуществляется на сверлильных (рис.1, *а*), токарных (рис. 1, *б*), токарно-револьверных, агрегатных и др. станках. Для осуществления процесса сверления необходимо наличие двух совместных движений: вращательного движения сверла или заготовки (главное движение резания D_r) и поступательного движения сверла вдоль его оси (движение подачи D_s).

Скорость главного движения определяет скорость резания, максимальная величина которой рассчитывается по формуле

$$v = \frac{\pi d n}{1000},$$

где d – диаметр сверла или обрабатываемого отверстия, мм;

n – частота вращения сверла или детали, об/мин.

Скорость поступательного движения сверла характеризуют величиной подачи на один оборот сверла или заготовки S_o и выражают в мм/об.

Наибольшее распространение при обработке отверстий глубиной до

(5...10) d получили спиральные или винтовые свёрла (рис. 2). Они состоят из рабочей части l и хвостовика l_x . На рабочей части, в свою очередь, можно выделить режущую часть l_p и направляющую l_n .

Спиральные свёрла изготавливают либо цельными из быстрорежущих сталей Р6М3, Р6М5, Р12, Р9К5, Р9Ф5К5, Р18 и др., либо составными, оснащенными пластинками или коронками из твердых сплавов ВК8, ВК10-М, ВК15-М и др. Свёрла малых диаметров могут изготавливаться также из пластифицированных твёрдых сплавов. Для экономии инструментальных материалов свёрла часто выполняют сварными: рабочую часть изготавливают из быстрорежущей стали или твердого сплава, а хвостовую – из сталей 45, 40Х, 9ХС, Р6М5 (только у твердосплавных свёрл).

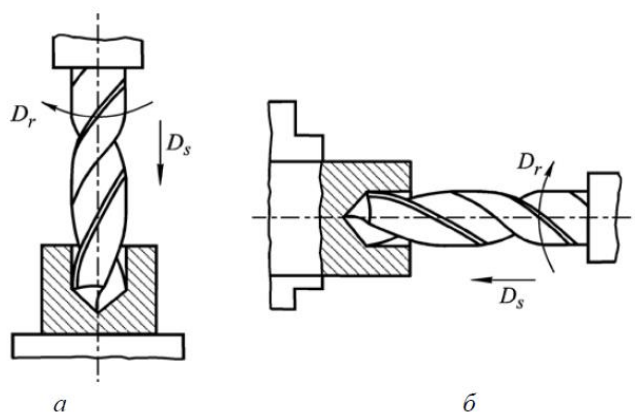


Рисунок 1 - Схемы обработки отверстий на сверлильных (а) и токарных (б) станках

Как видно из рис. 2, спиральные свёрла могут иметь цилиндрический хвостовик (при диаметре $d = 0,1...20$ мм) или конический хвостовик (при $d = 6...80$ мм). Основные типы и размеры свёрл стандартизированы. В зависимости от длины рабочей части свёрла с цилиндрическим хвостовиком разделены на три серии: короткую (ГОСТ 4010–77), среднюю (ГОСТ 10902–77) и длинную (ГОСТ 12122–77). Свёрла с коническим хвостовиком выпускаются с нормальной длиной (ГОСТ 10903–77), удлиненные (ГОСТ 2092–77) и длинные

(ГОСТ 12121–77).

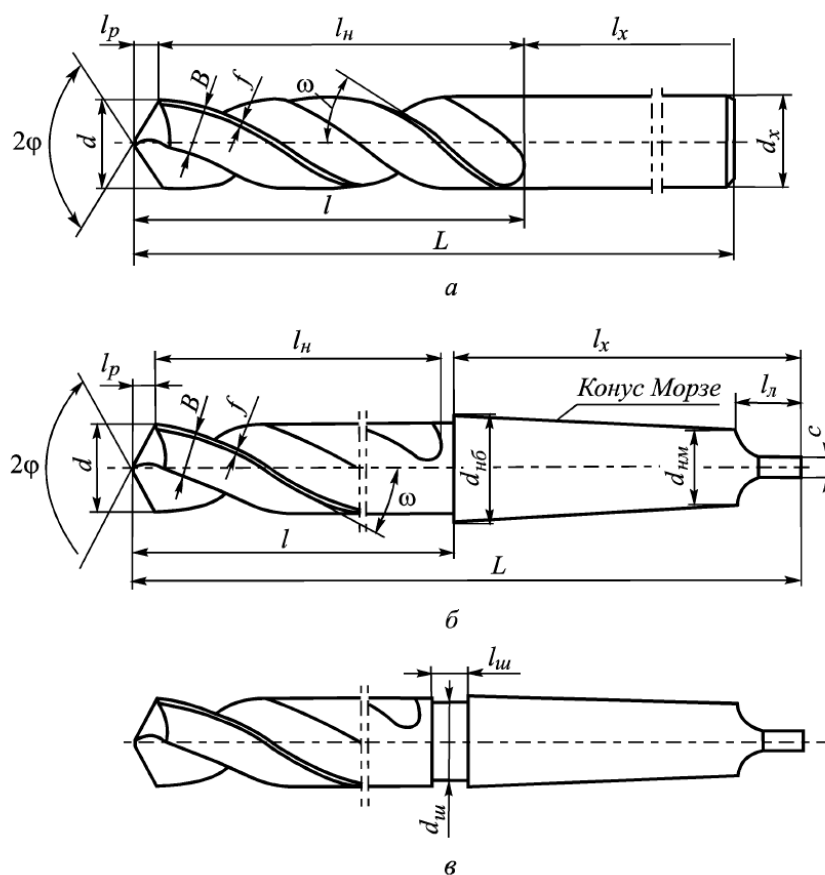


Рис. 2. Конструкции цельных спиральных сверл: *а* – с цилиндрическим хвостовиком; *б* – с коническим хвостовиком; *в* – с коническим хвостовиком и шейкой

Режущая часть спирального сверла (рис. 3, *а*) выполнена в виде усеченного конуса и имеет два режущих лезвия и соответственно две передние поверхности $A\gamma$, две главные задние поверхности $A\alpha$ и две вспомогательные задние поверхности $A'\alpha$.

Передние поверхности представляют собой винтовые линейчатые конволютные поверхности, плавно сопрягающиеся с поверхностями стружкоотводящих канавок. Главные задние поверхности обращены к поверхности резания и в зависимости от принятой схемы заточки могут быть коническими, винтовыми или плоскими. Линии пересечения передних поверхностей с главными задними

поверхностями образуют две главные режущие кромки K , со вспомогательными задними поверхностями – две вспомогательные режущие кромки K' .

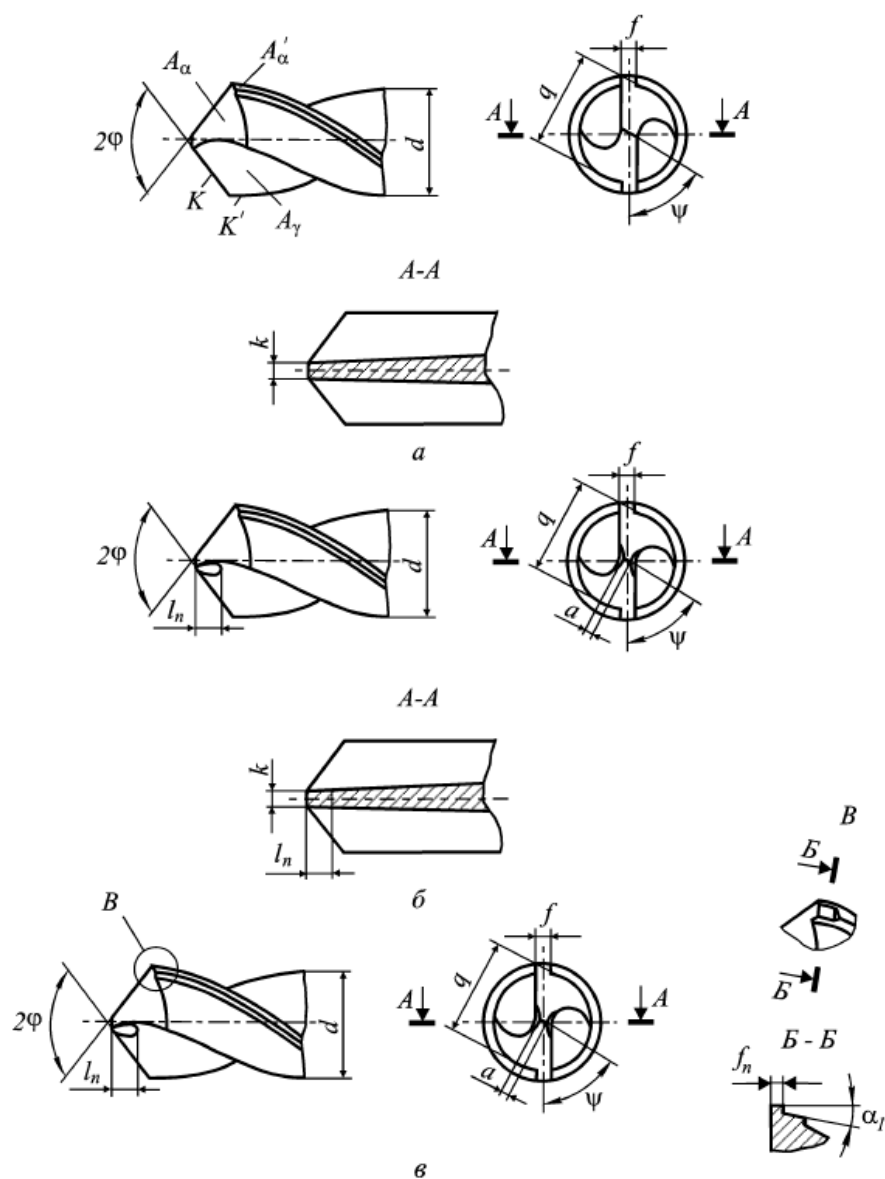


Рисунок 3 – Режущая часть сверла при нормальной заточке: а - без подточек, б – с подточкой поперечной кромки (НП), в – с подточкой поперечной кромки и направляющей ленточки (НПЛ)

Угол между режущими кромками определяет угол при вершине сверла (двойной угол в плане) 2φ и является одним из важных геометрических параметров его режущей части.

Величина этого угла выбирается в зависимости от механических характеристик обрабатываемых материалов. При обработке конструкционных сталей угол 2φ обычно равен $116...120^\circ$, коррозионностойких и высокопрочных сталей $2\varphi = 125...150^\circ$, чугуна и бронзы $2\varphi = 90...100^\circ$, чугуна высокой твердости $2\varphi = 120...125^\circ$, цветных металлов (алюминиевых сплавов, латуни, меди) $2\varphi = 118...140^\circ$.

Для повышения прочности вершин лезвий (уголков сверла) и снижения износа на периферийных участках режущих кромок часто производят двойную заточку режущей части (рис. 4) с уменьшенным углом в плане в местах перехода к направляющей части сверла: $2\varphi = 116^\circ$, $2\varphi_0 = 70...90^\circ$, с шириной дополнительной заточки по уголкам $b = (0,1...0,2)d$

Помимо главных и вспомогательных кромок на режущей части сверла имеется еще поперечная кромка, образующаяся как линия пересечения главных задних поверхностей. Ее расположение относительно проекции главных режущих кромок на плоскость, перпендикулярную оси сверла, характеризуется углом ψ , который принято называть углом наклона поперечной кромки. Величина этого угла при правильной заточке задних поверхностей составляет $50...55^\circ$.

Размеры поперечной кромки оказывают существенное влияние на величину осевой силы, действующей на сверло. Так, исследованиями установлено, что на поперечную кромку приходится $50...60\%$ от величины осевой силы. В связи с этим для уменьшения осевой силы в ряде случаев производят подточку поперечной кромки с целью уменьшения ее длины (см. рис. 3, б, в и 4, а).

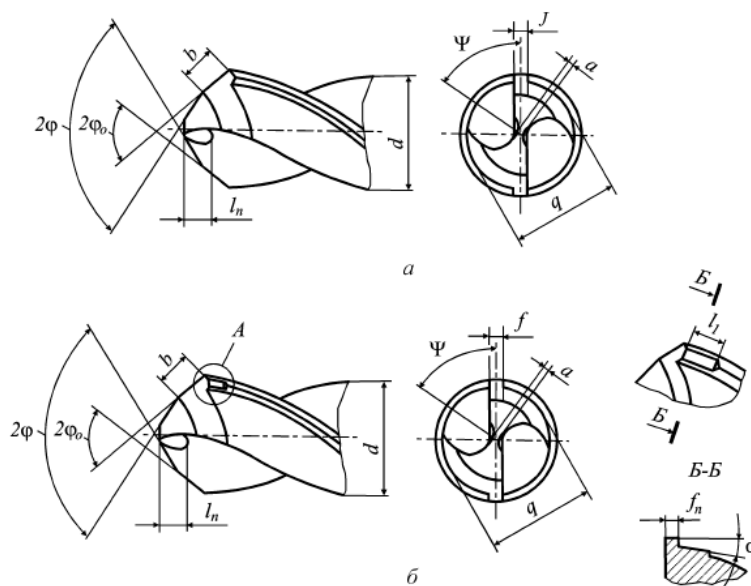


Рисунок 4 - Режущая часть сверла при двойной заточке: *а* – с подточкой поперечной кромки (ДП); *б* – с подточкой поперечной кромки и направляющей ленточки (ДПЛ)

Направляющая часть сверла обеспечивает его направление в процессе резания. Она имеет две (в некоторых случаях – четыре) направляющие ленточки шириной f и две винтовые канавки, через которые отводится стружка и поступает смазочно-охлаждающая жидкость.

Как видно из рис. 3 и 4, поверхности ленточек на участках, примыкающих к вершинам режущих лезвий, играют роль вспомогательных задних поверхностей A'_a . Для уменьшения трения ленточек о поверхность обрабатываемого отверстия и устранения защемления сверла его направляющая часть может выполняться с обратной конусностью, составляющей в зависимости от диаметра сверла от 0,06 до 0,15 мм на 100 мм длины. Кроме того, в ряде случаев производится подточка ленточек на длине l_1 (см. рис. 3, *в* и 4, *б*). При этом ширина ленточек на участках, примыкающих к вершинам режущих лезвий, уменьшается до $f_n = 0,1 \dots 0,3$ мм.

Линии пересечения цилиндрических ленточек с поверхностями стружкоотводящих канавок называются направляющими кромками ленточек и на участках, примыкающих к вершинам лезвий, могут рассматриваться как вспомогательные режущие кромки K' (см. рис. 3, 4), а угол обратного конуса сверла – как вспомогательный угол в плане φ_1 . Величина этого угла невелика (не более 5') и может быть определена по формуле

$$\varphi_1 = \arctg \frac{d_{нач} - d_{кон}}{2l_n},$$

где $d_{нач}$ и $d_{кон}$ – диаметры сверла в начале и в конце направляющей части; l_n – длина направляющей части.

Условия отвода стружки и охлаждения сверла в значительной мере зависят от размеров и формы поперечного сечения канавок, от шероховатости их поверхностей и от угла наклона винтовых канавок ω . Под углом наклона винтовых канавок понимают угол между осью сверла и касательной к кромке ленточки сверла. Величина этого угла в зависимости от диаметра сверла и свойств обрабатываемых материалов выбирается в пределах $\omega=18...30^\circ$.

В некоторых случаях, когда выход стружки не встречает затруднений, угол ω может быть равен 0° . Сверла с углом $\omega = 0^\circ$ получили название перовых (рис. 5, а).

При обработке материалов, дающих мелкодробленую сыпучую стружку (стружку надлома), например, при обработке чугуна, бронзы и некоторых видов пластмасс, угол ω целесообразно увеличить до $55...65^\circ$. Сверла с такими углами получили название шнековых.

При известном шаге сверла P угол ω определяют по формуле

$$\tg \omega = \frac{\pi d}{P}.$$

Хвостовик служит для закрепления сверла и передачи крутящего момента от шпинделя при обработке отверстий на сверлильных станках. В зависимости

от диаметра свёрла могут изготавливаться с цилиндрическим (см. рис. 2, *а*) или коническим (рис. 2, *б*) хвостовиками.

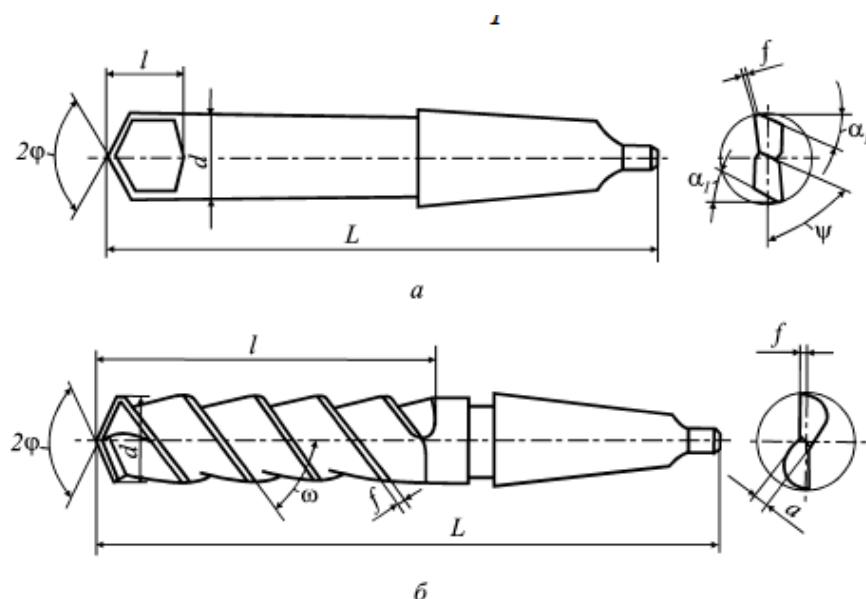


Рис. 5. Перовое (*а*) и шнековое (*б*) сверла

Конический хвостовик выполняется в виде конуса Морзе с углом, примерно равным $1^\circ 30'$, что обеспечивает передачу крутящего момента от шпинделя станка за счет возникающих сил трения.

Размеры конусов Морзе стандартизованы и определяют номер конуса. Наибольшие диаметры конусов приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Наибольшие значения диаметров у конусов Морзе

Номер конуса Морзе	0	1	2	3	4	5	6
Наибольший диаметр конуса $d_{нб}$, мм	9,2	12,2	18,0	24,1	31,6	44,7	63,8

Для выбивания сверл с коническим хвостовиком из отверстия шпинделя предусмотрена лапка ll , (см. рис. 2, *б*).

Между рабочей частью и коническим хвостовиком сверла довольно часто имеется переходная часть в виде шейки $l_{ш}$ (рис. 2, *б*), служащей для выхода аб-

разивного круга при шлифовании направляющей части и конуса сверла. На ней маркируются диаметр сверла, материал режущей части и товарный знак завода-изготовителя.

Геометрия режущих лезвий сверла. Геометрия режущих лезвий сверла, как и любого режущего инструмента, определяется в соответствии с ГОСТ 25762–83, регламентирующим термины, определения и обозначения общих понятий, относящихся к обработке резанием. Она характеризуется передним углом γ и задним углом α . Базами для отсчета величин этих углов, согласно стандарту, являются две координатные плоскости: основная – P_v и плоскость резания – P_n .

Углы спирального сверла могут рассматриваться в статическом состоянии (в инструментальной или статической системе координатных плоскостей) и в процессе резания (в кинематической системе координатных плоскостей).

На рис. 6 показаны углы режущего лезвия сверла в статической системе координат, в сечениях главной P_{tc} и нормальной P_{nc} секущими плоскостями. На этом же рисунке показана рабочая плоскость P_s , в которой расположены направления скоростей главного движения резания и движения подачи. В том случае, если статический угол наклона режущей кромки λ_c равен нулю, то статические главная и нормальная секущие плоскости совпадают.

Статический главный передний угол γ_c – это угол в статической главной секущей плоскости P_{tc} между передней поверхностью лезвия и статической основной плоскостью P_{vc} .

Статический главный задний угол α_c – это угол в статической главной секущей плоскости между задней поверхностью лезвия и статической плоскостью резания P_n .

На практике геометрию режущего лезвия сверла рассматривают в нормальной и осевой (рабочей) секущих плоскостях. В частности, для удобства контроля задний угол α_o измеряют в осевой плоскости.

Этот угол представляет собой угол между касательной к задней поверхности в рассматриваемой точке режущей кромки и касательной в этой же точке к окружности, образующейся при её вращении вокруг оси сверла.

В отличие от резцов передний и задний углы сверла не остаются постоянными по длине режущей кромки.

Изменения переднего угла связаны с тем, что передняя поверхность сверла, как правило, представляет собой винтовую поверхность и величина переднего угла определяется углом наклона винтовой линии, который от периферии к центру сверла уменьшается. Это приводит к соответствующему изменению переднего угла. Величина нормального переднего угла в любой точке режущей кромки рассчитывается по формуле

$$\operatorname{tg} \gamma_{ni} = \frac{d_i}{d} \cdot \frac{\operatorname{tg} \omega}{\sin \varphi},$$

где d_i – диаметр окружности, на которой расположена рассматриваемая точка i режущей кромки;

d – диаметр сверла;

ω – угол наклона винтовой канавки (угол наклона винтовой линии на периферии сверла);

φ – угол в плане главной режущей кромки, равный половине угла при вершине.

Для определения величины переднего угла в любой i –й точке режущей кромки в осевой плоскости используется зависимость вида

$$\operatorname{tg} \gamma_{oi} = \frac{d_i}{d} \operatorname{tg} \omega,$$

т.е. на периферии сверла в осевой плоскости передний угол равен углу наклона винтовой канавки.

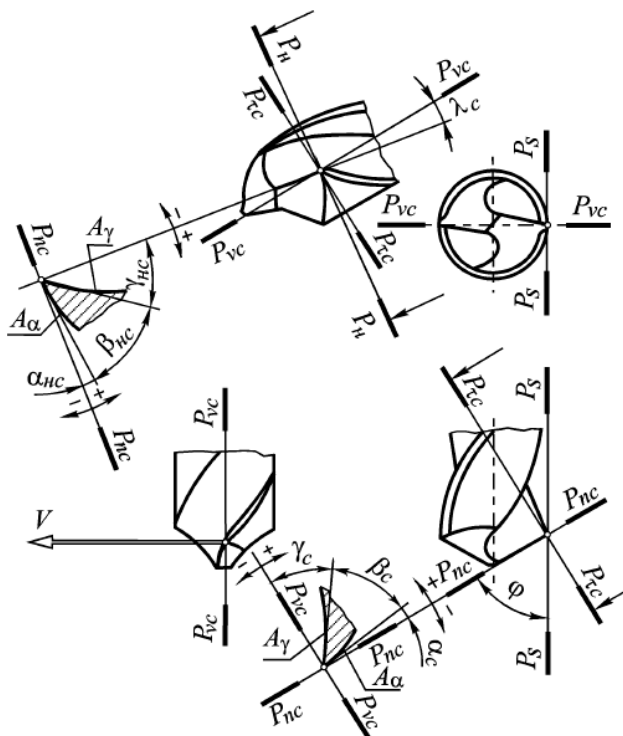


Рис. 6. Геометрия режущего лезвия сверла в статической системе координат

Уменьшение переднего угла γ от периферии к центру сверла (в некоторых случаях угол γ может приобретать даже отрицательные значения) затрудняет процесс стружкообразования на участках режущих кромок, примыкающих к поперечной кромке. Чтобы устранить этот недостаток и обеспечить постоянство переднего угла по длине режущей кромки, в ряде случаев производят заточку передней поверхности сверла по плоскости.

Нормальный задний угол определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha_n = \operatorname{tg} \alpha_o \sin \varphi.$$

Вторая причина, вызывающая изменение переднего и заднего углов сверла, связана с кинематикой процесса резания, а именно: с наличием движения подачи. Если учесть движение подачи, то оказывается, что действительный передний угол сверла, по сравнению с полученным при заточке, увеличивается, а действительный задний угол — уменьшается, и тем значительно, чем ближе рассматриваемая точка к центру сверла.

Увеличение действительного переднего угла существенно не отражается на работоспособности сверла, а уменьшение действительного заднего угла, напротив, приводит к увеличению площади контакта по задней поверхности сверла и более интенсивному его износу, особенно на участках вблизи поперечной кромки.

Во избежание этого сверла затачивают таким образом, чтобы задний угол в статическом состоянии увеличивался по мере приближения к оси сверла (см. рис. 6): на периферии угол α делают равным $8... 12^\circ$ с постепенным его увеличением к центру до $20...25^\circ$. В результате в процессе резания происходит некоторое выравнивание действительных значений заднего угла.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Сверла, штангенинструменты ШЦ-II, ШЦ-III, ШР-250 - ГОСТ 166, ШЦ-0-150.0.01 с цифровой индикацией, прибор для контроля симметричности заточки сверла ПКС-1, угломер нониусный 0-320 2 МИК, угломер нониусный 0-180 4УМ, Микрометр рычажный МР-0-25, Микрометр рычажный МР-25-50.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

В ходе выполнения лабораторной работы студенту необходимо соблюдать общие правила техники безопасности при выполнении работ в учебной лаборатории.

ЗАДАНИЯ

Линейные размеры: $L, l, l_p, l_n, l_x, l_d, c, l_{ш}, k, l_{нк}, a, l_n, b$ – измеряются штангенциркулем и линейкой.

Диаметральные размеры: $d, q, d_{ш}, d_x, d_{к\ нб}, d_{н\ мк}$ – измеряют с помощью штангенциркуля, а $d_{нач}$ и $d_{кон}$ с помощью микрометра.

Углы при вершине сверла $2\varphi, \psi$ и $2\varphi_0$ могут быть также измерены с помо-

щью универсальных угломеров: типа УН – для измерения наружных и внутренних углов и типа УМ – для измерения наружных углов, а угол наклона винтовой канавки – путем прокатывания сверла по копировальной бумаге.

Схема измерения угла 2φ с помощью универсального угломера УМ приведена на рис. 7. В связи с тем, что угол 2φ является тупым углом, угломер используется без угольника. Как видно из рис. 7, величина угла $2\varphi = 25^\circ + 90^\circ = 115^\circ$. При измерении угла $2\varphi_0$ на подвижную линейку угломера устанавливается угольник, так как величина угла $2\varphi_0$ меньше 90° .

Измерение угла наклона поперечной кромки ψ осуществляется при помощи универсального угломера УН. Схема измерения угла ψ приведена на рис. 8.

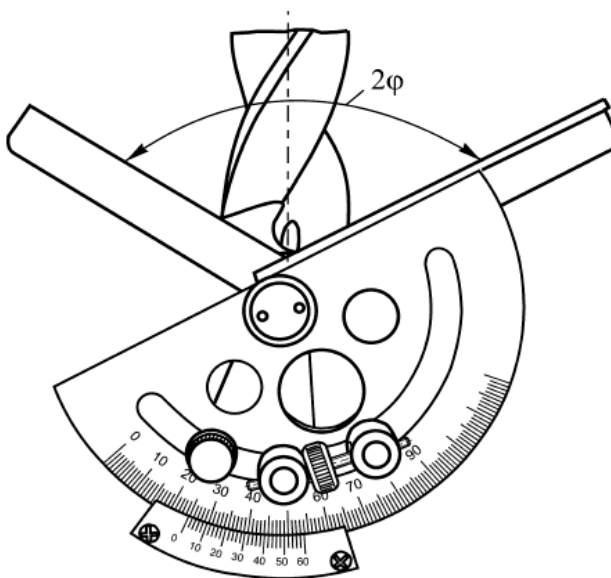


Рисунок 7 - Схема измерения угла 2φ при вершине сверла

Как видно из рис. 8, основная линейка устанавливается на главную режущую кромку, а съемная линейка совмещается с поперечной кромкой сверла. Показания угла ψ определяются по угловой шкале угломера. На рис. 8 величина угла $\psi = 50^\circ$. В процессе выполнения работы оформляется отчет. В отчете приводятся: эскизы сверла и его режущей части; таблица с замеренными значениями

ми отдельных параметров сверла; результаты расчетов и схемы, поясняющие методику измерений.

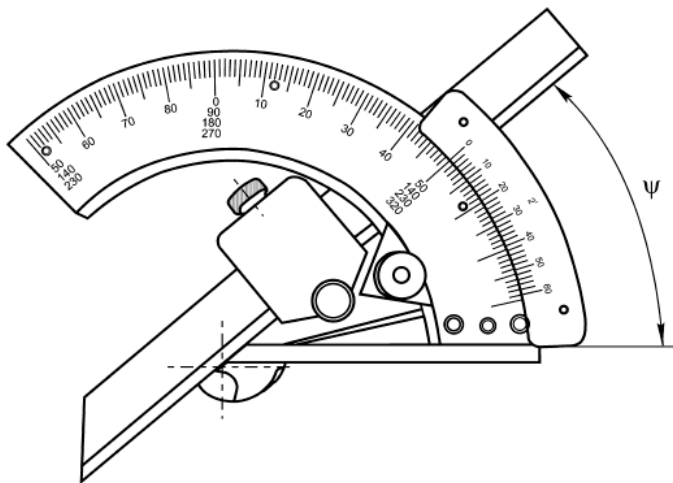


Рисунок 8 - Схема измерения угла наклона поперечной кромки ψ

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение спирального сверла?
2. Какие движения необходимы для осуществления процесса сверления?
3. Какая точность обработки и шероховатость поверхности могут быть обеспечены на операциях сверления и рассверливания?
4. Для обработки отверстий какой глубины используются спиральные сверла?
5. Какие инструментальные материалы используются для изготовления спиральных сверл?
6. Какие типы стандартных спиральных сверл выпускаются промышленностью?
7. Для чего предназначена лапка у сверл с коническим хвостовиком?
8. Перечислите способы улучшения геометрии спиральных сверл путем заточки.

9. Каким образом необходимо изменить геометрию сверла для уменьшения осевой составляющей силы резания?
10. С какой целью выполняется обратная конусность сверла?
11. Как изменяются значения переднего угла γ_c от периферии к центру сверла?
12. Как затачивают задний угол по длине режущей кромки от периферии к центру сверла?
13. Какие средства измерения используются для контроля углов 2φ и $2\varphi_0$?
14. Какие средства измерения используются для контроля углов ω , ψ и α_o ?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лабораторный практикум по режущим инструментам. Ч.1: лаб. практикум / [М.Б. Сазонов и др.]. – Самара: Изд-во СГАУ, 2015. – 132 с.

Лабораторная работа 7

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИИ ЗЕНКЕРОВ

Цель: Изучение конструкции и геометрии зенкеров.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: назначение и конструкции зенкеров.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: выполнение эскизов зенкеров в соответствии с требованиями ЕСКД и стандартов на зенкера.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методика анализа геометрии зенкера.

Актуальность темы: Зенкерованием называется процесс обработки зенкерами цилиндрических и конических необработанных отверстий в деталях,

полученных литьем, ковкой или штамповкой, или предварительно просверленных с целью увеличения диаметра. Зенкерование обеспечивает точность обработки отверстий в пределах 8...13-го квалитетов, шероховатость обработанной поверхности в пределах 4 - 6-го классов. Зенкерование — операция более производительная, чем сверление, так как при равных (примерно) скоростях резания подача при зенкеровании допускается в 2,5 - 3 раза больше, чем при сверлении. Инструментом, которым выполняют зенкерование, является зенкер, который, как и сверло, закрепляют в коническом отверстии шпинделя станка. Изучение конструкции и геометрии зенкера является актуальной задачей.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Зенкеры – многолезвийный режущий инструмент, предназначенный для предварительной или окончательной обработки просверленных, штампованных или отлитых отверстий с допуском по 11 квалитету, с шероховатостью $Ra = Ra_{40...10}$ мкм в деталях из различных материалов. Обработка производится на сверлильных, токарных и расточных станках.

Процесс зенкерования (рис. 1) совершается при двух совместных движениях: вращательном движении зенкера или детали (главное движение D_r) и поступательном движении зенкера вдоль его оси (движение подачи D_s).

Скорость главного движения определяет скорость резания (м/мин), максимальная величина которой рассчитывается по формуле

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000},$$

где D – диаметр зенкера, мм; n – частота вращения зенкера или детали, об/мин.

Скорость подачи может быть задана тремя видами:

S_z – подача на зуб, мм/зуб;

S_0 – подача на оборот, мм/об;

S_m – минутная подача, мм/мин.

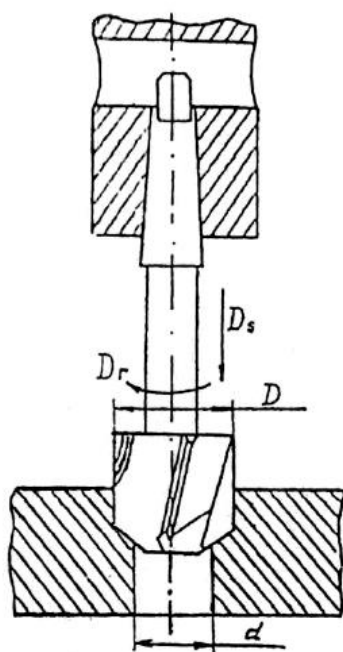


Рисунок 1 - Схема зенкерования, рабочие движения

Все три вида подач между собой взаимосвязаны:

$$S_m = S_0 \cdot n ; S_m = S_z \cdot n \cdot z ,$$

где z – число зубьев зенкера.

Глубина резания t определяется припуском на обработку и зависит от диаметра отверстия, требуемой точности и шероховатости поверхности, механических свойств материала

$$t = \frac{D - d}{2} ,$$

где D – диаметр зенкера;

d – диаметр предварительно подготовленного отверстия.

Зенкера изготавливают либо цельными из инструментальных, чаще всего быстрорежущих сталей, либо составными, оснащёнными пластинками или коронками из твёрдых сплавов.

На рис. 2 показаны конструкции цельных зенкеров с цилиндрическим и коническим хвостовиками. Как видно из этих рисунков, зенкер состоит из рабочей части l и хвостовика l_x . На рабочей части, в свою очередь, можно выделить режущую l_p часть и направляющую – l_n .

Зенкерование отверстий диаметром свыше 32 мм выполняют обычно насадными быстрорежущими зенкерами или с напайными пластинами из твёрдого сплава (рис. 3). Насадные зенкеры устанавливаются с помощью конических отверстий на специальных оправках (рис. 4), которые изготавливаются по ГОСТ 13044–85. Оправки многократно используются в течение длительного времени. Поэтому насадные зенкеры позволяют осуществить значительную экономию инструментальных сталей и сплавов.

Режущая часть l_p (рис. 5) выполнена в виде заборного конуса и имеет несколько передних поверхностей 1 (в зависимости от количества режущих зубьев) и столько же задних поверхностей 2.

Передние поверхности представляют собой винтовые поверхности, плавно сопрягающиеся с поверхностями стружкоотводящих канавок.

Главные задние поверхности обращены к поверхности резания и в зависимости от принятой схемы заточки могут быть коническими, винтовыми или плоскими.

Линии пересечения передних поверхностей с главными задними поверхностями образуют главные режущие кромки AB , количество которых зависит от количества режущих зубьев ($z = 3 \dots 4$).

Угол между режущими кромками определяет угол при вершине зенкера φ (двойной угол в плане – 2φ) и является одним из важных геометрических параметров, характеризующих его режущую часть. Обычно принимается равным 60° , но для увеличения стойкости целесообразно образовать дополнительную переходную кромку под углом $\varphi_0 = 30^\circ$ шириной 1,5...2 мм (рис. 5, б). При обработке глухих отверстий угол φ может быть увеличен до 90° .

Направляющая часть зенкера l_H (см. рис. 2) обеспечивает его направление в процессе резания и калибрования обрабатываемого отверстия. Она имеет направляющие ленточки шириной f и винтовые канавки, через которые отводится стружка и поступает смазочно-охлаждающая жидкость.

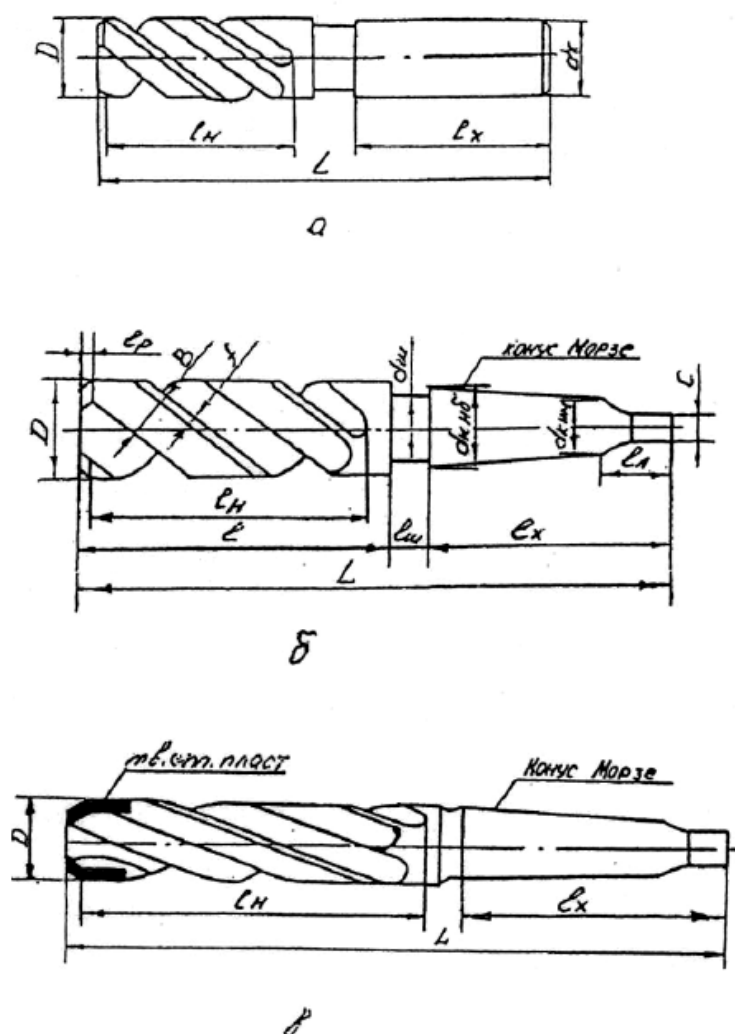


Рисунок 2 – Конструкции цельных зенкеров:

a – с цилиндрическим хвостовиком;

$б$ – с коническим хвостовиком, быстрорежущий ГОСТ 12489–71;

$в$ – с коническим хвостовиком, твёрдосплавный ГОСТ 3231–71

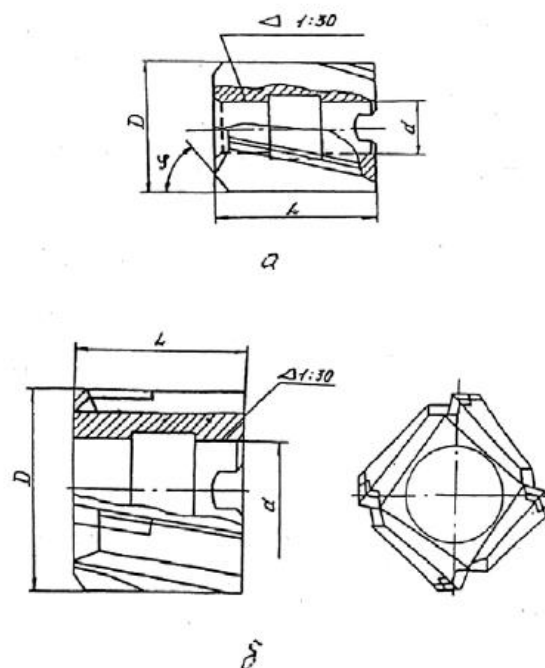


Рисунок 3 – Конструкции насадных зенкеров: *а* – из быстрорежущей стали ГОСТ 5653–70; *б* – оснащённый пластинами из твёрдого сплава ГОСТ 3231–71

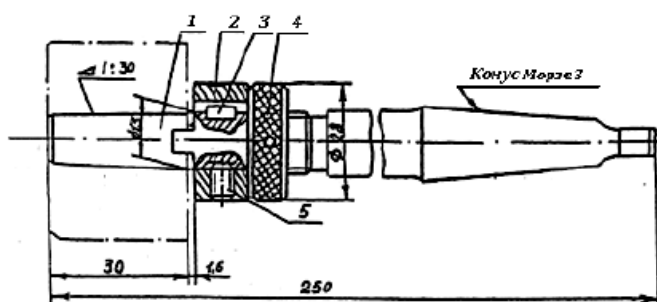


Рисунок 4 – Оправка: 1 – корпус; 2 – поводок; 3 – шпонка ГОСТ 23360–78; 4 – винт ГОСТ 1477–75

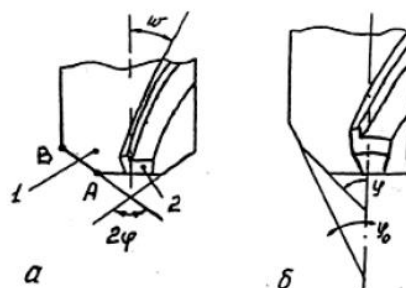


Рисунок 5 – Конструкция режущей части зенкера:

a – стандартного; b – с переходной дополнительной кромкой

Для уменьшения трения ленточек о поверхность обрабатываемого отверстия и устранения заклинивания зенкера его направляющая часть может выполняться с обратной конусностью, составляющей в зависимости от диаметра зенкера от 0,03 ... 0,15 мм на 100 мм длины (угол φ_1 на рис.6).

Линии пересечения цилиндрических ленточек с поверхностями стружкоотводящих канавок называются направляющими кромками ленточек и на участках, примыкающих к главным режущим кромкам, могут рассматриваться как вспомогательные режущие кромки (по аналогии с токарными резцами), а угол обратного конуса зенкера – как вспомогательный угол в плане φ_1 .

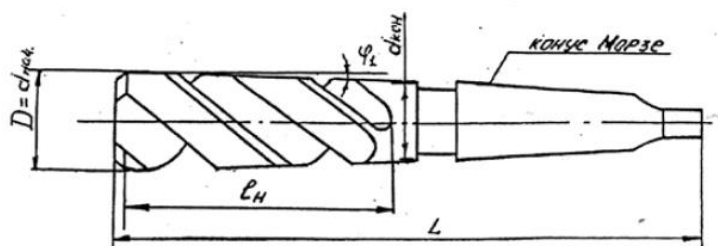


Рисунок 6 – Конструкция цельного зенкера с обратной конусностью

Величина этого угла невелика (не более 5°) и может быть определена по формуле

$$\varphi_1 = \arctg \frac{d_{нач} - d_{кон}}{2l_n} = \arctg \frac{\Delta d}{2l_n},$$

где $d_{нач}$ и $d_{кон}$ – диаметры зенкера в начале и конце направляющей части;
 l_n – длина направляющей части.

Условия отвода стружки и охлаждения зенкера в значительной мере зависят от размеров и формы поперечного сечения канавок. Стружечные канавки зенкеров выполняются прямыми, наклонными и винтовыми.

Зенкеры с прямыми канавками широко применяются для обработки хруп-

ких материалов, дающих стружку надлома. Зенкеры с наклонными канавками, как правило, сборные, с механическим креплением режущих ножей и пластин. Зенкеры с винтовыми стружечными канавками являются наиболее распространёнными и характеризуются углом наклона винтовых канавок ω .

Под углом наклона винтовых канавок понимают угол между образующей цилиндра и касательной к направляющей кромке ленточки зенкера. Величина этого угла в зависимости от диаметра зенкера и свойств обрабатываемых материалов выбирается в пределах $\omega = 15...30^\circ$ (см. рис. 5).

На рис. 7 приведены основные формы профилей поперечного сечения зенкеров. Профили *a*, *з*, *д* имеют соотношения

$$d_0 = (0,35...0,5) \cdot D ; \quad B = (0,4...0,48) \cdot D ; \quad h = (0,02...0,04) \cdot D .$$

Они являются наиболее распространёнными, так как направляющие ленточки снижают вибрации. Такие профили не совсем технологичны, так как требуют отдельной обработки канавки и спинки для образования ленточки высотой *h*. Указанные формы поперечных сечений применяются для трёхзубых цельных быстрорежущих зенкеров и оснащённых пластинами из твёрдого сплава диаметром $D = 30...50$ мм. Профили *б*, *в*, *е* отличаются тем, что канавка и спинка зенкера обработаны одной фасонной фрезой, имеющей профиль стружечной канавки высотой *h*.

Зенкеры с профилем *ж*, *з* имеют повышенную прочность режущего клина и применяются при обработке высокопрочных материалов.

Хвостовик l_x служит для закрепления зенкера и передачи крутящего момента от шпинделя при обработке отверстия на сверлильных станках. В зависимости от диаметра зенкера могут изготавливаться с цилиндрическим или коническим хвостовиком (см. рис. 2).

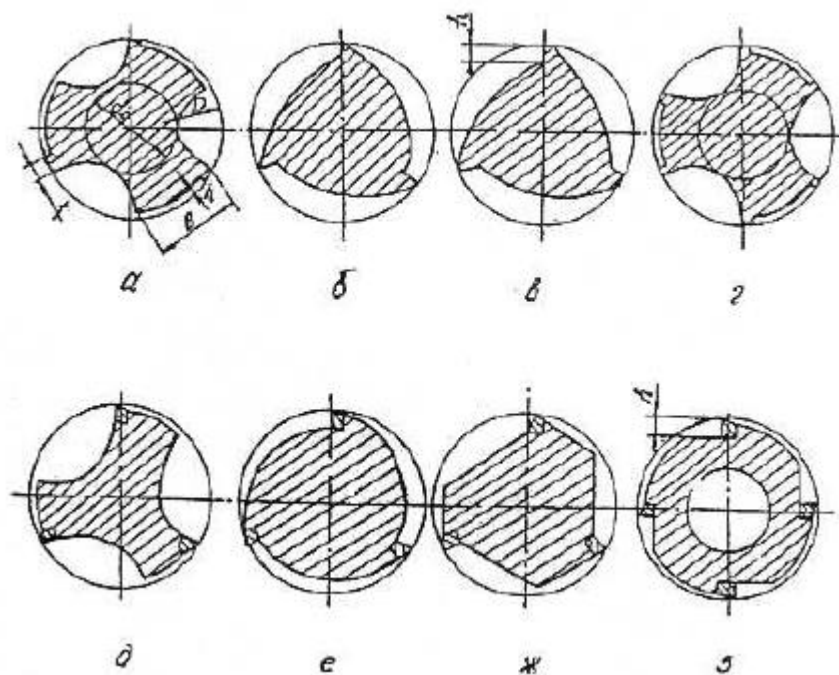


Рисунок 7 – Основные формы профилей поперечного сечения зенкеров

Конический хвостовик имеет конус Морзе с углом, примерно равным $1^{\circ}26'$, обеспечивающим передачу крутящего момента от шпинделя станка, и лапку l_n , которая служит упором при выбивании инструмента из отверстия шпинделя и обеспечивает дополнительное крепление от проворачивания. Размеры конусов Морзе стандартизованы и определены номером конуса. Наибольшие диаметры конусов приведены в табл. 1.

Шейка l_m расположена между рабочей частью и коническим хвостовиком зенкера (см. рис. 2, б) и предназначена для выхода круга при шлифовании. На ней маркируются диаметр зенкера, материал режущей части, товарный знак завода - изготовителя.

Геометрия режущих лезвий зенкера, как и любого режущего инструмента, определяется в соответствии с ГОСТ 25762–83, регламентирующим термины, определения и обозначения общих понятий, относящихся к обработке резанием. Она характеризуется передним углом γ и задним углом α . Базами для отсчё-

та величин этих углов, согласно стандарту, являются две координатные плоскости: основная $-P_v$ и плоскость резания $-P_n$.

Таблица 1. Наибольшие диаметры конусов Морзе

Номер конуса Морзе	0	1	2	3	4	5	6
Наибольший диаметр конуса, мм	9,045	12,065	17,780	23,825	31,267	44,399	63,348

Углы зенкера могут рассматриваться в статическом состоянии (в инструментальной или статической системе координатных плоскостей) и в процессе резания (в кинематической системе координатных плоскостей).

На рис. 8 показаны углы режущего лезвия зенкера в сечении главной секущей плоскости P_τ .

Передний угол γ задаётся в главной секущей плоскости P_τ между передней поверхностью и основной плоскостью P_v . Угол γ принимается равным: у быстрорежущих зенкеров для обработки конструкционных малоуглеродистых сталей $15...20^\circ$, у твёрдосплавных зенкеров для обработки сталей повышенной твёрдости, а также жаропрочных и титановых сплавов $0...5^\circ$. Передний угол γ связан с углом спирали ω зависимостью

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\operatorname{tg} \omega}{\sin \varphi}.$$

Задний угол α в главной секущей плоскости – это угол между касательной к заданной поверхности в какой-либо точке режущей кромки и плоскостью резания P_n . Угол α принимается равным $6...10^\circ$, а сама задняя поверхность, как правило, затачивается по одной или двум плоскостям для облегчения заточки и доводки. При заточке задней поверхности по плоскости угол α постоянен, а при

заточке по архимедовой спирали – переменен. Стандартные зенкеры выпускаются с $\alpha = (6...8) \pm 2^\circ$.

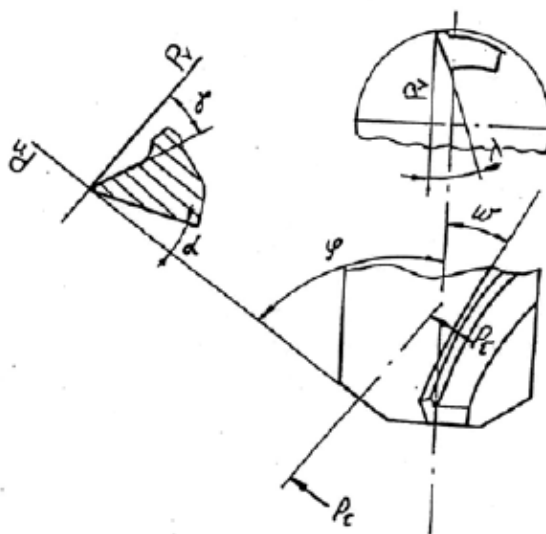


Рисунок 8 – Геометрия режущей части зенкера

Угол наклона главной режущей кромки λ – это угол между основной плоскостью P_v и режущей кромкой. У стандартных зенкеров из быстрорежущих сталей угол наклона режущей кромки $\lambda = 0^\circ$, у твёрдосплавных зенкеров $\lambda = 5...7^\circ$. Следует иметь в виду, что при положительном значении угла λ стружка направляется в сторону нерабочей части зенкера против подачи, повышая шероховатость поверхности отверстия.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Набор зенкеров. Штангенинструменты ШЦ-II, ШЦ-III, ШР-250 - ГОСТ 166, ШЦ-0-150.0.01 с цифровой индикацией, угломер нониусный 0-320 2 МИК, угломер нониусный 0-180 4УМ, Микрометр рычажный МР-0-25, Микрометр рычажный МР-25-50.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

В ходе выполнения лабораторной работы студенту необходимо соблю-

дать общие правила техники безопасности при выполнении работ в учебной лаборатории.

ЗАДАНИЯ

1. Изучите теоретическую часть работы.
2. Выполните эскизирование зенкера и геометрии его режущей части.

Эскизы должны содержать общий вид зенкера в двух проекциях и увеличенное изображение режущей части с сечениями главной секущей плоскости, на которой лежит рассматриваемая точка режущей кромки.

На эскизах должны быть указаны основные конструктивные и геометрические параметры зенкера в буквенном виде и материал, из которого изготовлена режущая часть зенкера.

3. Подготовьте ответы на контрольные вопросы.
4. Составьте отчет по лабораторной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Типовые конструкции зенкеров.
2. Элементы геометрии зенкеров.
3. Назовите основные части зенкеров.
4. Для чего отверстие насадных зенкеров делается коническим?
5. Какова приблизительная величина угла уклона конуса Морзе?
6. Для чего делается двойной заборный конус на зенкерах?
7. Какова зависимость переднего угла от углов спирали и заборного конуса?
8. С какой целью на зенкерах выполняется угол обратного конуса?
9. Каково назначение лапки на хвостовике зенкера?
10. Какие формы профилей поперечного сечения характерны для зенкеров?

11. С какой целью затачивается угол наклона главной режущей кромки?
12. Напишите формулу для расчёта шага режущей спирали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лабораторный практикум по режущим инструментам. Ч.1: лаб. практикум / [М.Б. Сазонов и др.]. – Самара: Изд-во СГАУ, 2015. – 132 с.
2. Завистовский, С. Э. Обработка материалов и инструмент. Практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. Э. Завистовский. — Электрон. текстовые данные. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2014. — 168 с. — 978-985-503-350-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67672.html>

Лабораторная работа 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОТЯЖЕК

Цель: изучение основных типов, схем резания, конструктивных элементов протяжек; методов контроля их геометрических параметров.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: основные типы, конструктивные и геометрические элементы протяжек.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: контроль параметров протяжек.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методика измерения конструктивных и геометрических параметров протяжек.

Актуальность темы: Протяжки имеют значительное преимущество перед РИ других видов, такое как высокая производительность. При протягивании совмещаются операции черновой, получистовой и чистовой обработки (т.е. протяжка является комбинированным инструментом) - данное совмещение поз-

воляет сократить номенклатуру режущих и мерительных инструментов, уменьшает число станков и технологической оснастки.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Чаще всего протяжки для обработки отверстий состоят из следующих основных частей, рис. 1:

- хвостовая часть;
- шейка;
- переходный конус;
- передняя направляющая;
- режущая часть (состоящая из черновых и чистовых зубьев);
- калибрующая часть;
- задняя направляющая;

Для тяжелых и длинных протяжек дополнительно выполняют опорную цапфу и (или) задний хвостовик.

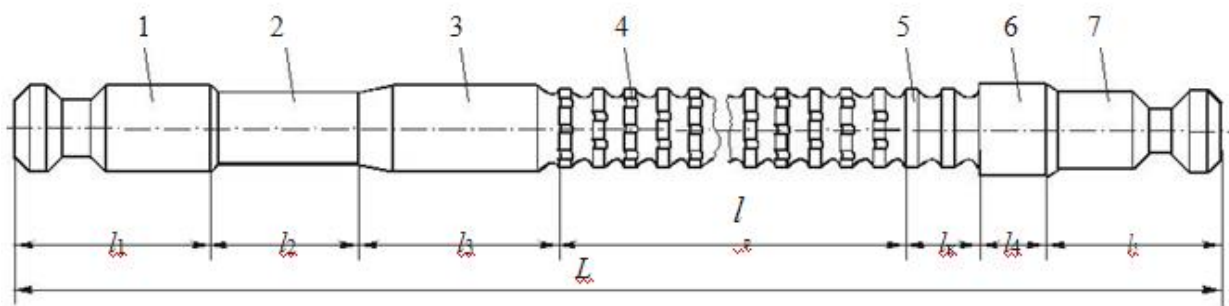


Рисунок 1 - Конструктивные элементы протяжки для обработки отверстий: 1 – хвостовик; 2 – шейка; 3 – передняя направляющая; 4 – режущая часть; 5 – калибрующая часть; 6 – задняя направляющая; 7 – задний хвостовик

Хвостовик служит для присоединения протяжки к патрону станка. Основные типы и размеры хвостовиков стандартизированы (ГОСТ 4044–70). При этом диаметр хвостовика должен быть меньше диаметра отверстия под протя-

гивание на 1...2 мм.

Шейка и следующий за ней **переходный конус** выполняют вспомогательную роль. Их длина должна обеспечивать возможность присоединения протяжки к патрону перед началом протягивания. Переходный конус обеспечивает свободное вхождение передней направляющей в протягиваемое отверстие. Диаметр шейки берется меньше диаметра хвостовика на 0,3...1,0 мм.

Передняя направляющая служит для центрирования оси заготовки относительно оси протяжки перед протягиванием, чтобы исключить перекося заготовки, который может привести к поломке протяжки или порче обработанной поверхности. Длина передней направляющей должна быть равна длине L_0 протягиваемого отверстия, а при больших длинах – не менее $0,6L_0$. Форма передней направляющей должна соответствовать форме отверстия в заготовке, а допуск на диаметр направляющей берется по $e8$.

Задняя направляющая выполняет ту же роль, что и передняя, предохраняя протяжку от перекося при выходе ее калибрующей части из обработанного отверстия. По длине она несколько меньше длины передней направляющей, а ее диаметр выполняется точнее, с допуском по $f7$. Форма задней направляющей должна быть такой же, как у протянутого отверстия.

Для автоматического возврата протяжки в исходное положение после протягивания, особенно при больших длине и диаметре протяжки, после задней направляющей иногда предусматривается **задний хвостовик**, закрепляемый в патроне каретки станка. По форме он подобен переднему хвостовику. Наличие этого хвостовика также предохраняет протяжку от провисания и перекося в отверстии и позволяет избежать искажения формы и размера обработанного отверстия.

Резущая (рабочая) часть протяжки служит для удаления припуска и формирования поверхности протянутого отверстия. Она содержит черновые и чистовые, а при групповой схеме резания еще и переходные зубья, располагае-

мые на ступенчато-конической поверхности. Длина режущей части равна произведению числа зубьев на их шаг, который, в свою очередь, зависит от требований к точности протягиваемого отверстия, шероховатости его поверхности и величины снимаемого припуска. Диаметры зубьев рассчитывают исходя из принятой схемы резания.

Калибрующая часть содержит 4...10 зубьев одинакового диаметра, равного диаметру последнего чистового зуба, и служит для калибровки отверстия, уменьшения рассеивания его размеров, а также является запасом на переточку: по мере износа чистовых зубьев калибрующие зубья заточкой могут быть переведены в чистовые. Тем самым увеличивается общий срок службы протяжки.

Калибрующие зубья припуск не срезают, а удаляют микронеровности поверхности, остающиеся после прохода чистовых зубьев, и обеспечивают направление протяжки в отверстии.

Конструкция режущей части протяжки определяется принятой **схемой резания**, под которой понимают принятый порядок последовательного срезания припуска.

Схемы резания

Различают следующие схемы резания:

- а) по способу деления припуска по толщине и ширине – одинарная и групповая;
- б) по способу формирования обработанной поверхности – профильная, генераторная и комбинированная.

Рассмотрим первые две схемы на примере обработки круглых отверстий.

Одинарная схема резания характерна тем, что каждый зуб протяжки срезает припуск определенной толщины по всему периметру обрабатываемого отверстия за счет того, что диаметр каждого последующего зуба больше диаметра предыдущего на величину $2a_z$, где a_z – подъем или подача на зуб ($a_z = s_z$).

Так как кольцевая стружка недопустима, то для деления стружки по ши-

рине на режущих кромках необходимо делать стружкоделительные канавки V-образной формы (рис. 2, а), которые располагают в шахматном порядке при переходе от одного зуба к другому. Стружкоделительные канавки имеют глубину $h_k = 0,4 \dots 1,0$ мм и ширину $s_k = 0,6 \dots 1,2$ мм в зависимости от диаметра протяжки. Снимаемые каждым зубом стружки получаются в виде отдельных частей с ребром жесткости толщиной $2a_z$ за счет того, что на участке канавки предыдущего зуба стружка не снимается. Ребро жесткости ухудшает свертываемость стружки в канавках между зубьями, из-за чего приходится значительно снижать величину подачи на зуб. Это приводит к нежелательному увеличению длины протяжки. Так, для цилиндрических протяжек ориентировочные значения толщин среза равны: при обработке сталей – $a_z = 0,02 \dots 0,04$ мм; чугуна – $a_z = 0,03 \dots 1,0$ мм; алюминия – $a_z = 0,02 \dots 0,05$ мм; бронзы и латуни – $a_z = 0,05 \dots 0,12$ мм.

При большей толщине среза жесткость стружки мешает ее завиванию во впадине между зубьями. Стружка упирается в дно впадины, в результате чего возможны ее заклинивание и даже поломка протяжки.

Стружкоделительные канавки прорезают шлифовальным кругом при небольшом ($2 \dots 3^\circ$) поднятии заднего центра протяжки для создания заднего угла по дну канавки. При этом ослабляются режущие кромки зубьев в точках К пересечения канавок с задней поверхностью. Это приводит к более интенсивному износу зубьев на этих участках и, соответственно, к снижению стойкости протяжки.

Схема группового резания (рис. 2, б) отличается от вышеописанной тем, что все режущие зубья делятся на группы или секции, состоящие из $2 \dots 5$ зубьев, в пределах которых зубья имеют одинаковый диаметр. Припуск по толщине делится между группами зубьев, а по ширине – между зубьями группы благодаря широким выкружкам, выполненным в шахматном порядке. Каждый зуб снимает отдельные части припуска участками режущей кромки, где нет выкружек. При этом благодаря большой ширине выкружек снимаемая стружка не

имеет ребер жесткости, хорошо скручивается в канавках между зубьями, даже при увеличении толщины среза до $a_z = 0,3 \dots 0,4$ мм при обработке стали и до $a_z = 1,0 \dots 1,2$ мм – при обработке чугуна. За счет этого при групповой схеме резания возможно существенное сокращение длины режущей части протяжки.

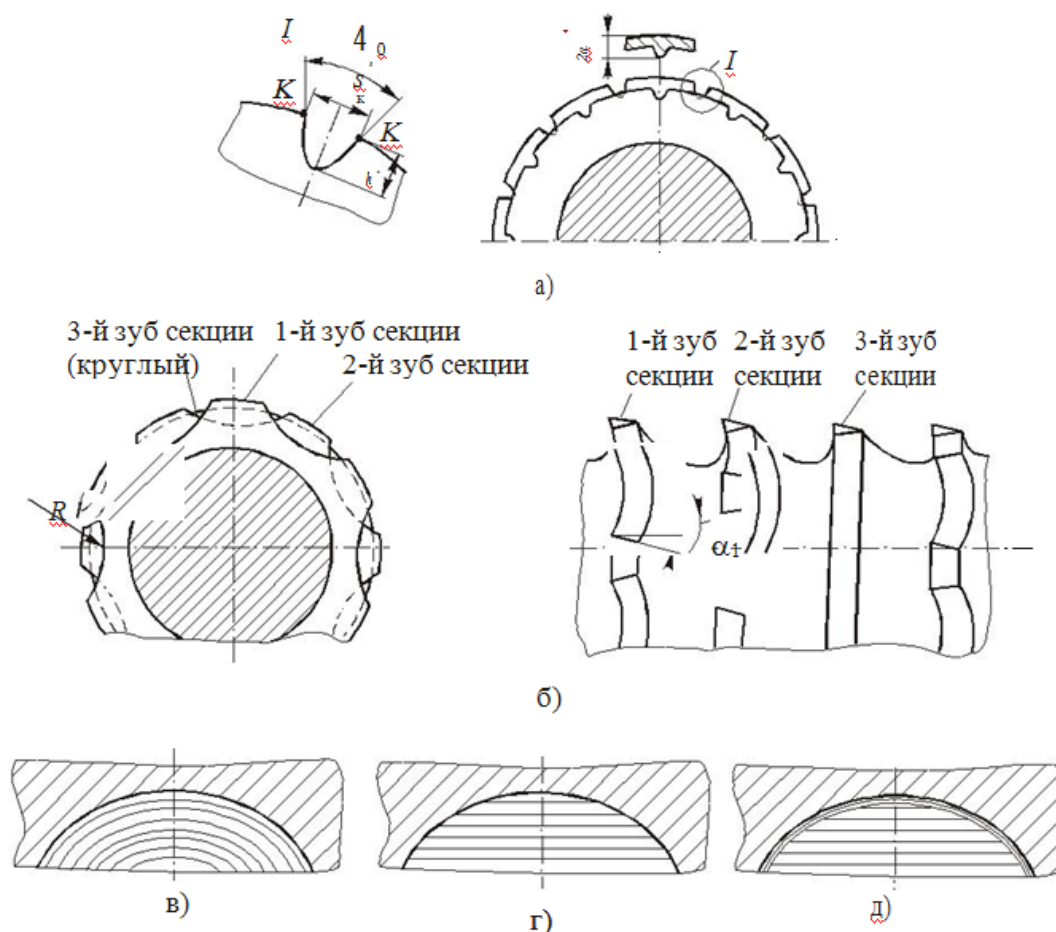


Рисунок 2 - Схемы резания, применяемые при протягивании:

a – одинарная; b – групповая; c – профильная; d – генераторная;
 e – комбинированная

Широкие выкружки на зубьях обеспечивают увеличение угла стыка выкружек и режущих кромок до $130 \dots 150^\circ$. Это в сочетании с задними углами $\alpha_1 = 4 \dots 6^\circ$ на вспомогательных режущих кромках, полученными при вышлифовывании выкружек, обеспечивает повышение стойкости протяжек в $2 \dots 3$ раза по

сравнению с одинарной схемой резания.

При проектировании протяжек с групповой схемой резания последний зуб в группе, не имеющий выкружек и выполняющий роль завистного, делают с занижением на 0,02...0,04 мм по диаметру относительно других зубьев. Это необходимо, чтобы избежать образования кольцевых стружек, возможных при упругом восстановлении обработанной поверхности после прохода прорезных зубьев.

Недостатком групповой схемы резания является повышенная трудоемкость изготовления протяжки по сравнению с одинарной схемой.

Форма режущих кромок зубьев протяжки определяется принятой схемой формирования обработанной поверхности.

При **профильной схеме** (рис. 2, в) контур всех режущих кромок подобен профилю протягиваемого отверстия. При этом в окончательном формировании обработанной поверхности принимают участие только последние зубья, а остальные служат для удаления припуска. При сложной форме отверстий использование такой схемы нецелесообразно, так как усложняет изготовление протяжки. Профильная схема в основном применяется при формировании простых по форме поверхностей, например, круглых или плоских.

При использовании **генераторной схемы** (рис. 2, г) форма режущих кромок не совпадает с формой обработанной поверхности, которая формируется последовательно всеми зубьями. В этом случае упрощается изготовление протяжки путем шлифования напроход всех зубьев абразивным кругом одного профиля. Однако при этом на обработанной поверхности возможно появление рисков (ступенек) вследствие погрешностей заточки зубьев, что ухудшает качество обработанной поверхности.

При высоких требованиях к шероховатости обработанной поверхности рекомендуется использовать **комбинированную схему** (2, д), при которой два-три последних режущих и калибрующие зубья работают по профильной, а

остальные – по генераторной схемам.

Формы и размеры зубьев и стружечных канавок.

Работоспособность протяжки во многом зависит от выбранной формы зубьев и размеров стружечных канавок.

Зубья протяжки должны удовлетворять следующим основным требованиям:

1. размеры зубьев должны обеспечивать возможно большее количество переточек;
2. зуб должен иметь определенный запас прочности и тем самым противостоят действующим на него силам;
3. форма и размеры стружечной канавки должны обеспечивать завивание стружки в плотный виток, а объем канавки должен быть достаточным для свободного размещения стружки, срезаемой за время контакта зуба с заготовкой;
- 4) иметь геометрию, при которой обеспечивается наибольшая стойкость протяжки.

Увеличение размеров зубьев и стружечных канавок ограничивается допустимыми значениями длины протяжки и ее прочностью.

На рис. 3, а, б, в показаны профили зубьев и стружечных канавок, нашедшие наибольшее применение на практике: с прямолинейной и криволинейной спинками, с канавкой удлиненной формы.

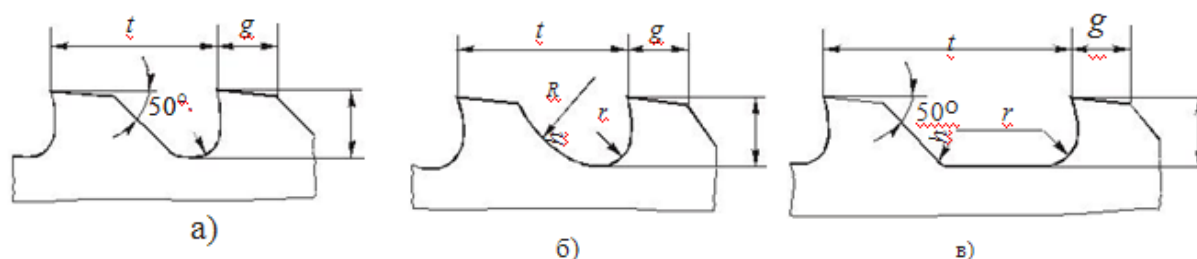


Рисунок 3 - Профиль режущих зубьев и стружечных канавок протяжек:
а – с прямолинейной спинкой; б – с криволинейной спинкой; в – с канавкой удлиненной формы

Зубья с прямолинейной спинкой проще в изготовлении, но с точки зрения условий завивания и размещения стружки уступают форме с криволинейной спинкой. Они используются в основном у протяжек с одинарной схемой резания при обработке сталей и хрупких материалов (чугун, бронза и др.).

При обработке стали и других пластичных металлов протяжками с групповой схемой резания, когда снимаются толстые стружки, рекомендуется использовать **зубья с криволинейной спинкой**, плавно сопрягающейся с передней поверхностью зуба.

Удлиненную форму стружечной канавки рекомендуется применять при обработке глубоких отверстий и отношении $h / t \leq 0,35$. Основные размеры зубьев и стружечных канавок с прямолинейной и криволинейной спинками ориентировочно можно определить по следующим соотношениям:

$$h=(0,35\dots0,40)t; r=(0,50\dots0,55)h; g=(0,30\dots0,35)t; R=(0,65-0,80)t,$$

а для стружечных канавок удлиненной формы:

$$h=(0,15\dots0,20)d; r=0,5h, g=\sqrt[3]{1,5\dots1,6} \cdot d,$$

где h – глубина канавки; t – шаг зубьев; g – длина задней грани зуба; r и R – радиусы закруглений; d – диаметр протяжки.

Значение h уточняется при проверке канавок на помещаемость стружки.

Поверхности канавок рекомендуется полировать в целях улучшения завивания стружки и легкого освобождения от нее после прекращения процесса резания.

Измерение элементов протяжек (на примере круглой протяжки)

Наружные диаметры хвостовика, направляющих и зубьев измеряются микрометром, диаметр шейки и глубина стружечных канавок – штангенциркулем, длина протяжки и ее частей – масштабной линейкой. Передние углы на режущих и калибрующих зубьях с небольшой погрешностью измеряются уг-

ломером Бабчиницера. Биение зубьев и направляющих измеряется в контрольных центрах индикатором. Размеры зубьев и стружечных канавок определяются прямыми и косвенными измерениями.

Определение погрешностей элементов зубьев шлицевой протяжки

На плите устанавливается универсальная делительная головка и поддерживающая стойка с центром (рисунок 4). В горизонтальном положении ось шпинделя делительной головки должна быть параллельна плоскости плиты. Ось центра поддерживающей стойки должна являться продолжением оси шпинделя головки. Шлицевая протяжка устанавливается в центрах контрольного приспособления.

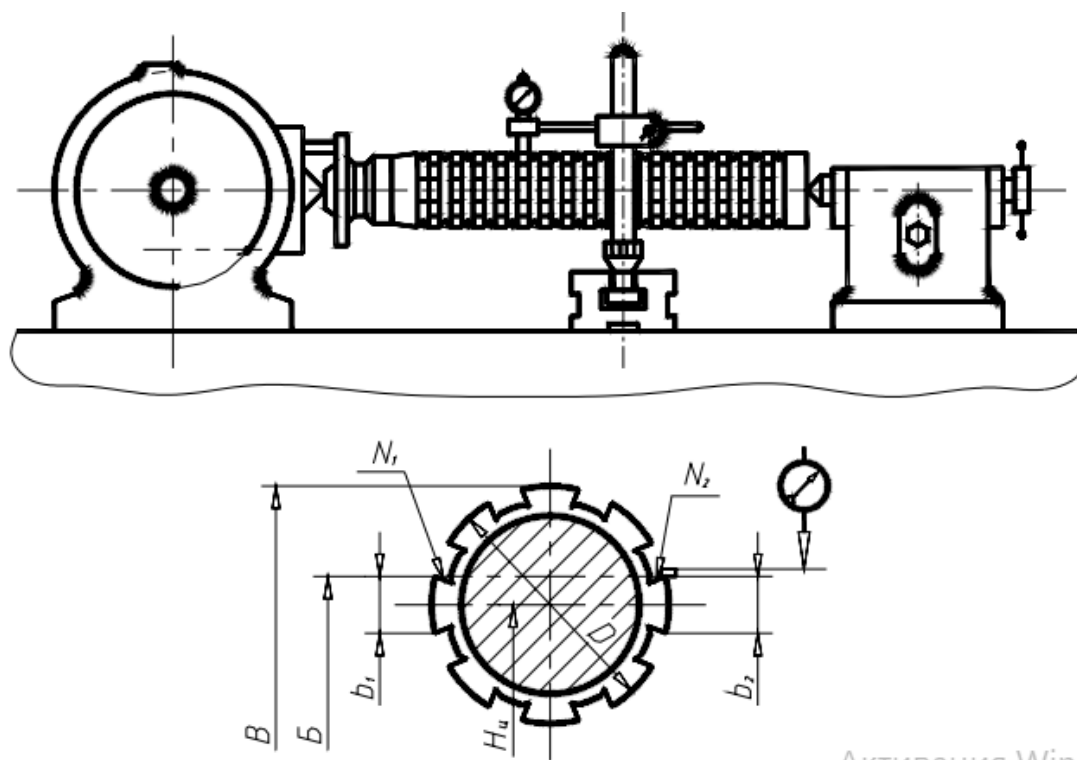


Рисунок 4 – Схема контроля несимметричности расположения и погрешности шага шлицевых выступов зубьев протяжки

Порядок определения погрешностей элементов зубьев протяжки следующий:

- а) определение смещения шлицевых выступов зуба относительно оси

протяжки:

1. Измеряется биение по наружному и внутреннему диаметрам зубьев протяжки; измеряется диаметр зубьев протяжки с точностью до 0,01 мм.

2. Индикатором и плоскопараллельными плитками определяется размер «В» с точностью до 0,01мм.

3. Определяется высота центров установки НЦ с точностью до 0,01мм: $HЦ = B - D/2$.

4. Измеряются толщины b_1 и b_2 двух противоположных шлицевых выступов N1 и N2 и определяется средняя величина «b» с точностью до 0,01мм.
 $b = (b_1 + b_2)/2$.

5. Определяется размер «Б» с точностью до 0,01 мм: $B = HЦ + b/2$.

6. На размер «Б» набираются плоскопараллельные плитки и устанавливается индикатор (стрелка индикатора устанавливается в нулевое положение).

7. Вращением протяжки устанавливается плоскость шлица (в позиции №1) по индикатору на размер «Б» с точностью до 0,01 мм.

8. Проверяется индикатором размер «Б» до плоскости шлица в позиции № 2.

9. Отклонение стрелки индикатора от нулевого положения у шлица в позиции № 2 является величиной несимметричности шлицевых выступов зубьев протяжки относительно оси;

б) определение погрешности окружного шага шлицевых выступов зубьев протяжки:

1. Индикатор устанавливается по плоскопараллельным плиткам на размер «Б» (стрелка индикатора устанавливается в нулевое положение).

2. По индикатору устанавливается плоскость шлица № 1 на размер «Б».

3. Отводится индикатор и производится поворот протяжки при помощи делительной головки на один угловой шаг шлицевых выступов зуба.

4. Проверяется индикатором размер «Б» до плоскости подведенного шлицевого выступа.

5. Величина отклонения стрелки индикатора от нулевого положения является погрешностью окружного шага шлицевого выступа зуба протяжки.

6. Отклонение окружного шага для остальных шлицевых выступов зуба протяжки определяется аналогично.

Площадь опасного сечения протяжки для обработки отверстия определяется по минимальному сечению ее стержня. Расчет стержня протяжки на прочность обычно производится по минимальному сечению переднего хвосоовика или по сечению у стружечной канавки 1-го зуба:

$$F = \pi \cdot D^2 / 4, \text{ мм}^2 \text{ или } F = B \cdot H, \text{ мм}^2,$$

где D – наименьший диаметр протяжки; B – ширина сечения; H – высота сечения.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Для выполнения работы необходимы: контрольное приспособление (плита, делительная головка УДГ-250, центровая бабка с центром, индикатор на стойке), плоско-параллельные плитки, микрометр, штангенциркуль, масштабная линейка, угломер Бабчиницера. Объектом исследования являются стандартизованные и специальные протяжки.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

В ходе выполнения лабораторной работы студенту необходимо соблюдать общие правила техники безопасности при выполнении работ в учебной лаборатории.

ЗАДАНИЯ

1. Изучите теоретическую часть работы.

2. Выполните эскиз заданной протяжки с необходимыми сечениями и размерами.
3. Выполните эскиз схемы резания.
3. Выполните схему измерения погрешностей зубьев шлицевой протяжки в соответствии с методикой выполнения работы.
4. Представьте результаты определения погрешностей элементов зуба шлицевой протяжки.
5. Выполните расчет площади опасного сечения.
6. Подготовьте ответы на контрольные вопросы.
7. Составьте отчет по лабораторной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Укажите принцип работы протяжек, их конструктивные элементы и их назначение.
2. Как определить силу резания и напряжения в опасных сечениях у основных видов протяжек?
3. Укажите преимущества и недостатки протяжки с групповой схемой резания по сравнению с протяжкой с одинарной схемой резания.
4. Определить, к какой схеме срезания припуска относятся схемы обработки при протягивании, изображенные на рисунке 5.

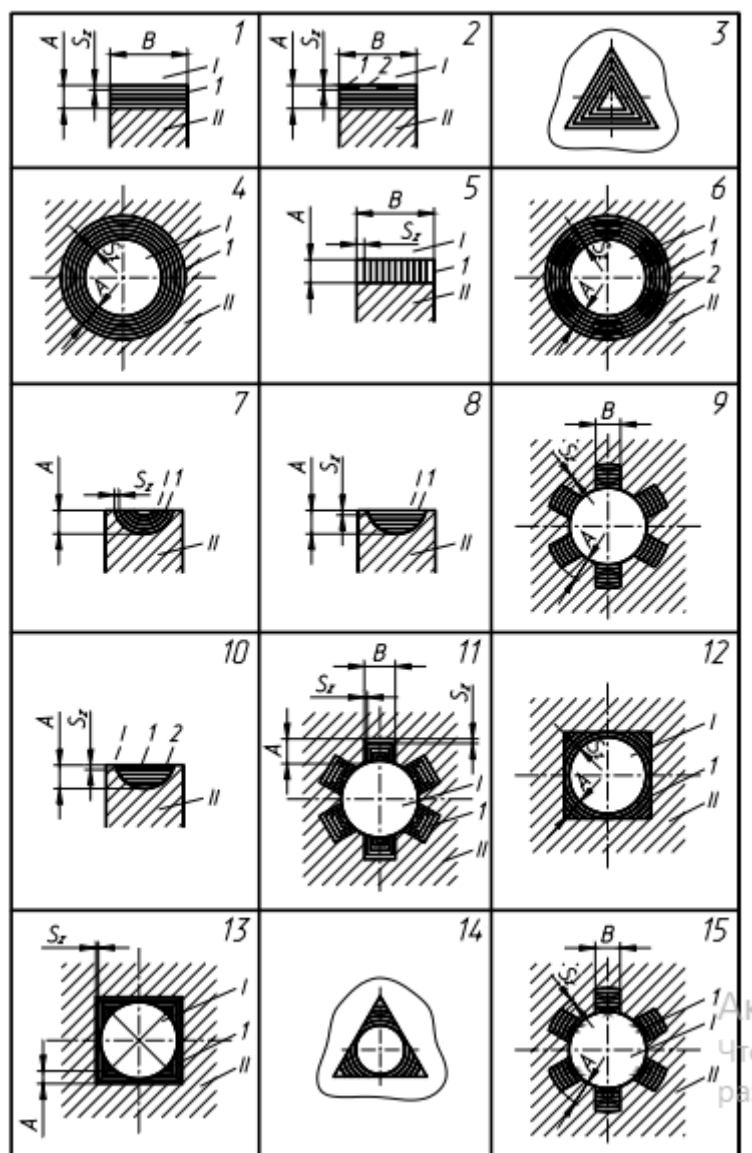


Рисунок 5 – Схемы резания при протягивании

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Завистовский, С. Э. Обработка материалов и инструмент. Практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. Э. Завистовский. — Электрон. текстовые данные. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2014. — 168 с. — 978-985-503-350-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67672.html>

Лабораторная работа 9

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИИ РАЗВЕРТОК

Цель: изучить конструкцию и геометрию разверток.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: кинематика движения при развертывании, классификация разверток, конструкция, геометрические параметры.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: проводить анализ и выбор инструмента для обработки отверстий.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методика крепления развертки на станке.

Актуальность темы: Развертки – это осевые многолезвийные режущие инструменты, применяемые для чистовой обработки отверстий. Точность отверстий после развертывания составляет $IT8...IT6$, а шероховатость поверхности – $Ra1,25...0,32$ мкм. При этом наилучшие результаты достигаются в случае двухкратного развертывания, когда первая развертка снимает $2/3$ припуска, а вторая – оставшуюся $1/3$. Такие же показатели можно получить и при шлифовании, однако после развертывания качество обработанной поверхности выше, так как на шлифованной поверхности остаются частицы абразива, которые приводят к ускоренному износу сопрягаемых деталей.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Кинематика рабочих движений при развертывании подобна сверлению и зенкерованию. В отличие от зенкеров, развертки имеют большее число зубьев ($z = 6...14$) и, как следствие, лучшее направление в отверстиях. Они снимают значительно меньший припуск ($t = 0,15...0,50$ мм), чем при зенкеровании. С целью достижения минимальной шероховатости поверхности развертки при об-

работке сталей работают на низких скоростях резания ($v = 4 \dots 12$ м/мин), т.е. до области появления нароста. Тем не менее благодаря большому числу зубьев производительность при развертывании достаточно высока, так как машинное время уменьшается за счет увеличения числа зубьев:

$$t_{\text{м}} = L_{\text{о}} / s_z z n ,$$

где $L_{\text{о}}$ – длина обрабатываемого отверстия, мм;

s_z – подача на зуб, мм;

z – число зубьев;

n – частота вращения развертки (заготовки), мин⁻¹.

Для получения высокой точности отверстий развертки изготавливают с более жесткими допусками, чем зенкеры, а отверстия под развертывание получают сверлением, зенкерованием или растачиванием. Развертывание непосредственно после сверления используют только при обработке отверстий небольших диаметров (менее 3 мм).

Развертки классифицируют по следующим признакам:

- а) вид привода – ручные и машинные;
- б) способ крепления – хвостовые и насадные;
- в) вид обрабатываемого отверстия – цилиндрические и конические;
- г) вид режущего материала – быстрорежущие, твердосплавные и алмазные;
- д) конструкция – цельные и сборные (со вставными ножами).

Ручными развертками (рис. 2.1, а) обрабатывают отверстия путем вращения инструмента вручную воротком, в который вставляется квадрат цилиндрического хвостовика. Эти развертки ($d = 3 \dots 40$ мм) изготавливают из инструментальной стали марки 9ХС. Для лучшего направления развертки в отверстиях у нее затачивают большой длины заборный конус и калибрующую часть. В остальном конструкция ручных разверток не отличается от машинных.

Машинные концевые и насадные развертки цельные и сборные (рис. 1, б, в, г) применяют для обработки отверстий на сверлильных, токарных, револь-

верных, координатно-расточных и других станках. Хвостовики машинных разверток бывают цилиндрические ($d = 1 \dots 9$ мм) и конические ($d = 10 \dots 32$ мм) с относительно длинной шейкой и конусом Морзе. Хвостовики разверток изготавливают из конструкционных сталей 45 или 40Х и соединяют с рабочей частью из быстрорежущей стали сваркой. Насадные развертки крепятся на оправках. При этом коническое посадочное отверстие (конусность 1:30) обеспечивает центрирование с высокой точностью. Для передачи крутящего момента на правом торце развертки делается паз под шпонку.

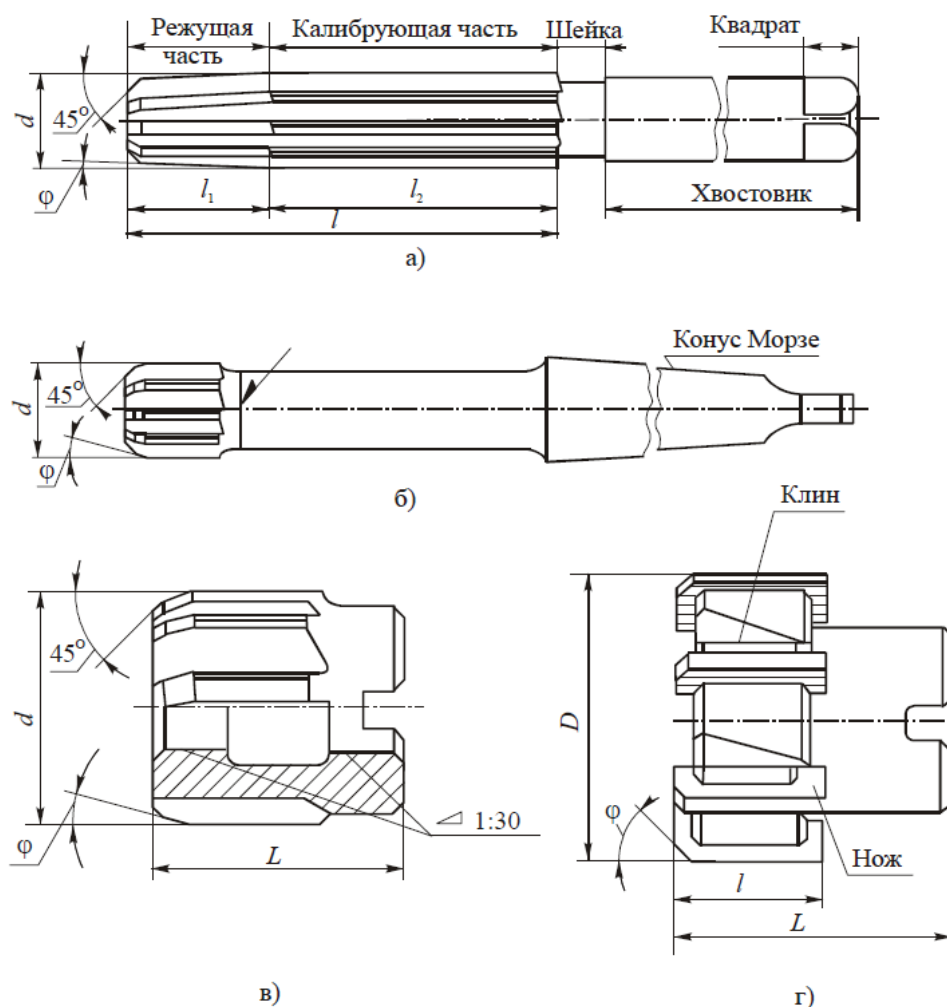


Рис. 1. Типы цилиндрических разверток: а – ручная; б – машинная; в – насадная; г – сборная

2. Развертки цилиндрические. Конструктивные и геометрические параметры

Рабочая часть цилиндрических разверток (рис. 1) состоит из режущей и калибрующей частей. На левом торце развертки снимается фаска под углом $\varphi = 45^\circ$, которая облегчает вхождение инструмента в отверстие и предохраняет режущие кромки от повреждения. Далее следует **заборный конус** с углом в плане φ , зубья на котором снимают припуск, заданный на обработку. Фаска и заборный конус составляют **режущую часть** развертки. Для улучшения условий работы развертки при врезании наименьший диаметр заборного конуса берется несколько меньше диаметра отверстия под развертывание.

Угол в плане φ заборного конуса оказывает большое влияние на условия работы развертки, так как он определяет соотношение между шириной b и толщиной t слоя, срезаемого каждым зубом. Из рис. 2 следует, что

$$b = t / \sin \varphi ; a = s_z \sin \varphi .$$

Угол φ также определяет усилие подачи, поскольку

$$P_x = R_{xy} \sin \varphi ,$$

где R_{xy} – равнодействующая радиальной P_y и осевой P_x составляющих силы резания.

С уменьшением угла φ сила подачи уменьшается и обеспечиваются плавный вход и выход развертки из отверстия. По этим причинам у ручных разверток угол φ принимается равным $1 \dots 2^\circ$. У машинных разверток при обработке сталей $\varphi = 12 \dots 15^\circ$, чугуна $\varphi = 3 \dots 5^\circ$, а при обработке глухих отверстий $\varphi = 45^\circ$.

Длина заборного конуса развертки

$$\ell_1 = (1,3 \dots 1,4) t \operatorname{ctg} \varphi .$$

Калибрующая часть развертки примерно до половины ее длины l_2 цилиндрическая. На остальной части она затачивается с небольшой обратной ко-

нуностью, т.е. с уменьшением диаметра по направлению к хвостовику развертки.

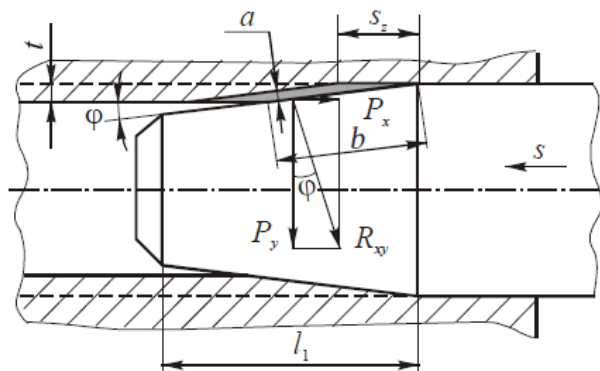


Рис. 2. Радиальная P_y и осевая P_x составляющие силы резания и параметры сечения срезаемого слоя при развертывании

У ручных разверток величина обратной конусности на 100 мм длины равна 0,01...0,05 мм, у машинных разверток: при жестком креплении инструмента – 0,04...0,06 мм; при плавающем креплении в патроне – 0,08...0,015 мм. Обратная конусность необходима для уменьшения разбивки отверстия при выходе из него развертки. Так как ее величина мала, то при небольшой длине калибрующей части обратную конусность иногда делают сразу за заборным конусом, не оставляя цилиндрического участка. Общая длина рабочей части разверток равна: у ручных разверток $= (4...10)d$, у машинных $= (0,75...2,0)d$. При обработке отверстий высокой точности необходимо обращать особое внимание на радиальное биение зубьев разверток относительно их оси. Оно измеряется в начале калибрующей части и должно быть не более 0,01...0,02 мм.

Число зубьев разверток выбирается в зависимости от диаметра d инструмента. Так, например:

$$z = 1,5\sqrt{d} + (2...4) \text{ у цельных разверток;}$$

$$z = 1,2\sqrt{d} \text{ – у сборных разверток.}$$

С целью облегчения измерения диаметра развертки расчетное значение z округляется до ближайшего целого четного числа. Причем у сборных разверток в связи с необходимостью размещения элементов крепления ножей число зубьев уменьшается.

Для снижения огранки и шероховатости поверхности обработанного отверстия расположение зубьев по наружной окружности развертки рекомендуется делать с переменным шагом (рис. 3). Причем для удобства измерения диаметра развертки накрест расположенные углы берут равными, чтобы режущие кромки противоположных зубьев лежали в диаметральной плоскости.

Кроме значений угловых шагов, указанных на рис. 3, возможны и другие их величины, зависящие от диаметра и числа зубьев развертки.

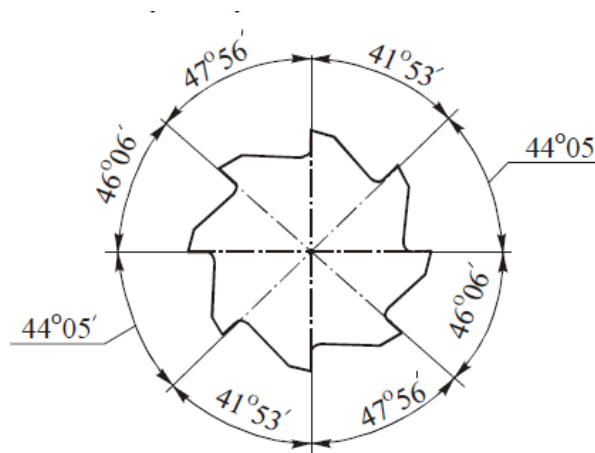


Рис. 3. Расположение зубьев развертки ($z=8$) по окружности ГОСТ 7722–77)

Стружечные канавки у разверток чаще всего прямые, а зубья изготавливают с передним углом $\gamma = 0$. При обработке вязких материалов во избежание налипов стружки и вырывов на обработанной поверхности зубья затачивают с положительными углами $\gamma = 5 \dots 10^\circ$.

Задний угол, равный $\alpha = 5 \dots 12^\circ$, получают заточкой задних поверхностей развертки по плоскости. Причем, в отличие от других видов инструментов, меньшее значение этого угла рекомендуется брать при чистовой обработке, а

большее – при черновой.

Зубья на заборном конусе затачивают доостра, а на калибрующей части у них оставляют узкие цилиндрические направляющие ленточки шириной 0,08...0,40 мм для $d = 3...50$ мм. Их тщательно доводят, благодаря чему обеспечивается выглаживание микронеровностей обработанной поверхности и предотвращается налипание мелкой стружки, ухудшающей шероховатость поверхности отверстий и снижающей стойкость разверток.

Профиль канавок между зубьями разверток формируется одно-или двухугловыми фрезами с углом $\theta = 65...110^\circ$ (рис. 4, а, б). Для средних и крупных разверток с целью лучшего размещения стружки в канавках применяется профиль с вогнутой спинкой (рис. 4, в). Неравномерность углового шага между зубьями обеспечивается путем изменения глубины канавок при фрезеровании, что достигается специальной настройкой станка. У сборных разверток неравномерность углового шага зубьев создается за счет небольшого изменения направления пазов под ножи относительно оси развертки.

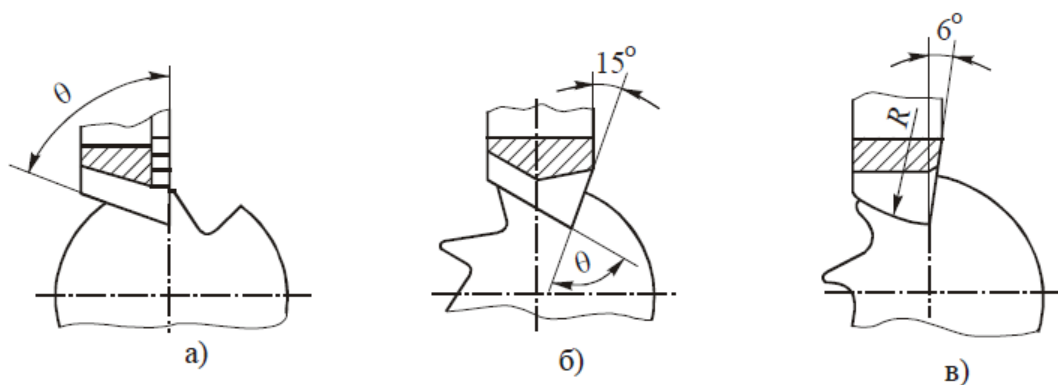


Рис. 4. Профили стружечных канавок разверток: а, б – с прямолинейной спинкой; в – с вогнутой спинкой

У разверток, предназначенных для обработки отверстий с продольными пазами или прерывистой обрабатываемой поверхностью, делают винтовые канавки с углом наклона ω , равным: при обработке сталей $\omega = 12...20^\circ$, чугунов – $\omega = 7...8^\circ$, легких сплавов – $\omega = 30...45^\circ$. Так как при снятии тонких срезов воз-

можно появление отрицательного значения силы подачи, то во избежание самозатягивания и заедания развертки в отверстии направление винтовых канавок инструмента должно быть обратным направлению вращения развертки, т.е. левое при правом вращении и наоборот. При этом шероховатость обработанной поверхности уменьшается, а усилие подачи возрастает. У ручных разверток допускается совпадение направления винтовых канавок с направлением вращения, так как они работают с малой подачей.

Крепление разверток на станке должно обеспечивать совпадение осей развертки, кондукторной втулки и обрабатываемого отверстия. При жестком креплении развертки в шпинделе станка все погрешности вращения (биение, разбивка и т.п.) переносятся на деталь. Лучшие результаты достигаются при креплении разверток в плавающие патроны. Существует множество конструкций таких патронов. Наибольшую точность обеспечивают патроны, допускающие не только качение развертки в двух плоскостях, но и смещение, параллельное оси вращения заготовки. При этом величины перемещения развертки должны быть небольшими, так как в противном случае при выходе развертки из отверстия увеличивается разбивка последнего.

Для получения особо точных размеров и высокой прямолинейности оси отверстий применяют также принудительное направление разверток с помощью гладких цилиндрических направляющих, устанавливаемых впереди или сзади их рабочей части. В последнем случае при использовании кондукторных втулок за счет уменьшения трения ленточек по закаленной поверхности втулок стойкость разверток повышается. При этом диаметры направляющих должны быть больше диаметров разверток.

Допуски на диаметр развертки в связи с тем, что развертки являются чистовым инструментом, обеспечивающим высокую точность по диаметру (*IT8...IT6*), должны быть очень малыми, примерно в 3 раза меньшими, чем допуски на обрабатываемое отверстие.

При назначении допусков на диаметр развертки необходимо стремиться к тому, чтобы: 1) обеспечить размер отверстия детали в пределах допуска δA ; 2) допуск на изготовление развертки δ_r должен быть не очень узким, так как в этом случае резко возрастает стоимость ее изготовления; 3) для повышения стойкости развертки необходимо предусмотреть допуск на износ (переточку) $\delta_{\text{и}}$ развертки.

Таким образом, необходимо установить верхнее и нижнее отклонения для новой и нижнее – для изношенной разверток. При этом нужно учитывать возможность появления максимальной и минимальной разбивки отверстия, которая может быть положительной или отрицательной.

При положительной разбивке диаметр отверстия после вывода развертки становится больше ее диаметра. Основные причины такой разбивки: 1) несовпадение осей вращения развертки и обрабатываемого отверстия; 2) биение режущих кромок; 3) нарост и мелкая стружка на направляющих ленточках и др.

Отрицательная разбивка проявляется в уменьшении диаметра отверстия после вывода развертки. Она встречается реже и имеет место при обработке тонкостенных заготовок, развертывании отверстий в цветных металлах вследствие упругих деформаций поверхностей отверстий, а также при работе твердосплавных разверток по закаленным сталям из-за высокой температуры резания и термических деформаций детали.

На рис. 5, а, б показано расположение полей допусков на развертку и обрабатываемое отверстие при обоих видах разбивки.

При положительной разбивке (рис. 5, а) допустимое верхнее отклонение допуска на развертку $V.O. = \delta A - P_{\text{max}}$, нижнее отклонение у изношенной развертки $H.O. = -P_{\text{min}}$. При отрицательной разбивке (рис. 5, б) $V.O. = \delta A + P_{\text{min}}$, $H.O. = P_{\text{max}}$. Такое же соотношение положений полей допусков на отверстие и развертку сохраняется и для случаев обработки отверстия в системе вала. Значения P_{max} и P_{min} определяются экспериментально. В случае положительной

разбивки ориентировочно можно принять $P_{\max} \cong \delta_p = 1/3\delta_A$, а запас на износ $\delta_n \cong (0,45...0,60)\delta_A$ (здесь δ_A берется для отверстий по *IT 5... IT 8*).

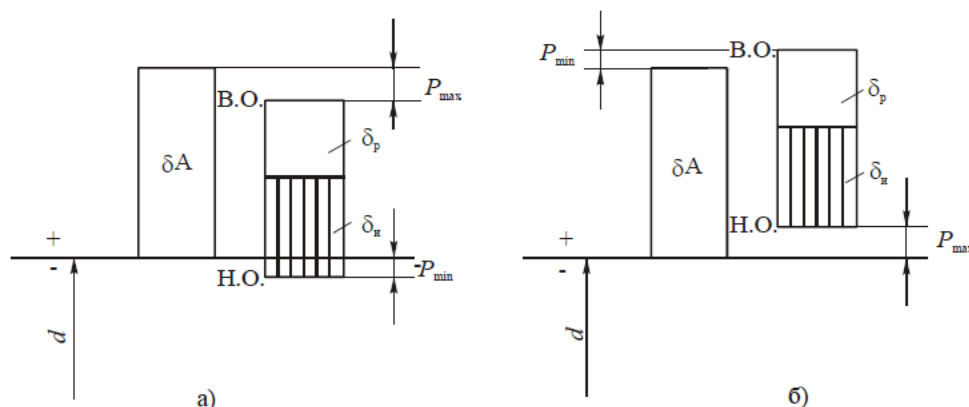


Рис. 5. Схемы расположения полей допусков на диаметр развертки и отверстия: *а* – при положительной разбивке отверстия; *б* – при отрицательной разбивке отверстия

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Объектом исследования являются машинные и ручные развертки с прямым зубом диаметром 15 – 50 мм. Для выполнения работы требуется шлифовальный круг соответствующей характеристики, центровые бабки с центрами, упорка, центрирующее приспособление, штангенрейсмус, штангенциркуль, поводок, шаблон – центроискатель для установки развертки при заточке передней поверхности. Для контроля разверток используются индикатор с точностью 0,01 мм с плоским наконечником, прибор для контроля геометрических параметров режущей части многолезвийного инструмента, универсальный угломер.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

В ходе выполнения лабораторной работы студенту необходимо соблюдать общие правила техники безопасности при выполнении работ в учебной лаборатории.

ЗАДАНИЯ

1. Изучите теоретическую часть работы.
2. Произведите контроль режущих элементов развертки.

Радиальное биение режущих зубьев должно быть не более 0,03 мм, калибрующих – не более 0,01 – 0,02 мм. Отклонение величин передних, задних углов и угла режущей части от заданных значений не должны превышать $\pm 2^\circ$. Радиальное биение контролируют индикатором при установке развертки в центрах. Значения передних и задних проверяют прибором для контроля геометрических параметров режущей части многолезвийного инструмента. Главный угол в плане режущей части контролируют универсальным угломером.

3. Сделайте заключение о соответствии развертки предъявляемым техническим требованиям.
4. Подготовьте ответы на контрольные вопросы.
5. Составьте отчет по лабораторной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Укажите назначение и разновидности разверток.
2. Чему равен припуск на развертывание?
3. Чему равен угол заборного конуса для разверток?
4. Почему у чистовых разверток принято выполнять неравномерный шаг зубьев и почему не рекомендуется развертка с нечетным числом зубьев?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Завистовский, С. Э. Обработка материалов и инструмент. Практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. Э. Завистовский. — Электрон. текстовые данные. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2014. — 168 с. — 978-985-503-350-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67672.html>

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

Методические указания

по выполнению практических занятий по дисциплине

«РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ»

для студентов направления подготовки

**15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств**

Направленность (профиль) Технология машиностроения

Ставрополь 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Практическое занятие №1 Изучение конструкций токарных резцов	4
Практическое занятие № 2. Расчет допускаемой режущими свойствами резцов скорости резания	18
Практическое занятие № 3. Определение параметров проходного резца с механическим креплением твердосплавных режущих пластин	24
Практическое занятие № 4. Расчет токарного проходного резца, оснащенного напайной пластиной из твердого сплава	40
Практическое занятие №5. Расчет параметров установки МНП в корпусах инструментов	47
Практическое занятие № 6. Определение параметров для проектирования круглого фасонного резца.	56
Практическое занятие № 7. Профилирование круглого фасонного резца с боковым наклоном передней поверхности.	63
Практическое занятие № 8. Проектирование круглых протяжек.	73
Практическое занятие № 9. Проектирование спирального сверла. Часть 1	88
Практическое занятие № 10. Проектирование спирального сверла. Часть 2	113
Практическое занятие № 11. Расчет цельной цилиндрической фрезы. Часть 1	117
Практическое занятие № 12. Расчет цельной цилиндрической фрезы. Часть 2	131
Практическое занятие № 13. Проектирование круглых плашек	136
Практическое занятие №14. Проектирование машинно-ручного не корригированного метчика	169
Практическое занятие № 15. Проектирование машинно-ручного корригированного метчика.	213
Практическое занятие № 16. Проверка пригодности зуборезного долбяка для нарезания пары сопрягаемых зубчатых колес.	229
Литература	242

ВЕДЕНИЕ

Методические указания по дисциплине «Режущий инструмент» содержит шестнадцать практических занятий. Основное внимание уделено изучению конструкций и геометрии режущего инструмента, методам его проектирования.

Инструмент - достаточно сложный научно-технический объект, включающий в сферу своих интересов не только такие дисциплины как технология машиностроения, металлорежущие станки и теория резания, но и математику, физику, термодинамику, металловедение, теорию машин и механизмов, ЭВМ и целый ряд других научных дисциплин. Важной особенностью инструмента является и то, что режущая часть его состоит из специфических инструментальных материалов, обладающих особыми физико-механическими свойствами.

Подробно рассмотрен порядок выполнения каждого занятия, для закрепления материала приводятся контрольные вопросы. Полученные студентами знания и навыки в дальнейшем позволят принимать более эффективные решения при инструментальном обеспечении механосборочного производства.

Выполнение практических занятий необходимо для освоения профессиональных компетенций:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ОПК-5 - Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда	ИД-1 _{ОПК-5} Понимает основные закономерности протекания процессов обработки деталей машин, причин возникновения погрешностей обработки	Понимать основные закономерности процессов обработки резанием деталей машин, причин возникновения погрешностей обработки
ПК-2 - Способен обеспечивать технологическую подготовку и обеспечение производства деталей машиностроения средней сложности.	ИД-3 _{ПК-2} Осуществляет оснастку производство деталей машиностроения средней сложности.	Выбирать и эксплуатировать режущие инструменты, обеспечивающие высокую производительность труда, качество выпускаемой продукции машиностроения и наименьшую себестоимость.
ПК-6 - Способен выполнять проектирование простой технологической оснастки механосборочного производства.	ИД-3 _{ПК-6} Проектирует режущий инструмент	Проектировать режущие инструменты, обеспечивающие качество выпускаемой продукции машиностроения и наименьшую себестоимость.

1 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ

Цель: ознакомление с конструкцией и геометрией токарных резцов; изучение классификации резцов.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: конструктивные элементы резца, классификация резцов.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: выбор токарного резца для различных видов обработки.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методикой выбора и применения резцов.

Формируемые компетенции: ОПК-5, ПК-2, ПК-6.

Актуальность темы: Основную часть всей серии лезвийного режущего инструмента занимают токарные, строгальные, долбежные и иные резцы. В связи с этим специалисты, отвечающие за конструкторско-технологическую подготовку производства, обязаны владеть знаниями о конструкции и классификации таких инструментов.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Резец представляет собой простой режущий инструмент, при этом включающий все основные конструктивные и геометрические элементы режущей части. Резец (рис. 1.1) состоит из зуба, называемого у резцов головкой, и державки [10, с. 4–14].

Державка предназначена для фиксации резца в резцедержателе станка и характеризуется параметрами: высотой H , шириной B и длиной L . Державки изготавливают из конструкционных углеродистых сталей, таких как сталь 40 и сталь 45.

Головка резца выполняется вместе с державкой как один цельный блок и оснащается пластиной из инструментального материала. В некоторых случаях головки изготавливаются отдельно, а затем привариваются к державке либо закрепляются на ней механическим способом.

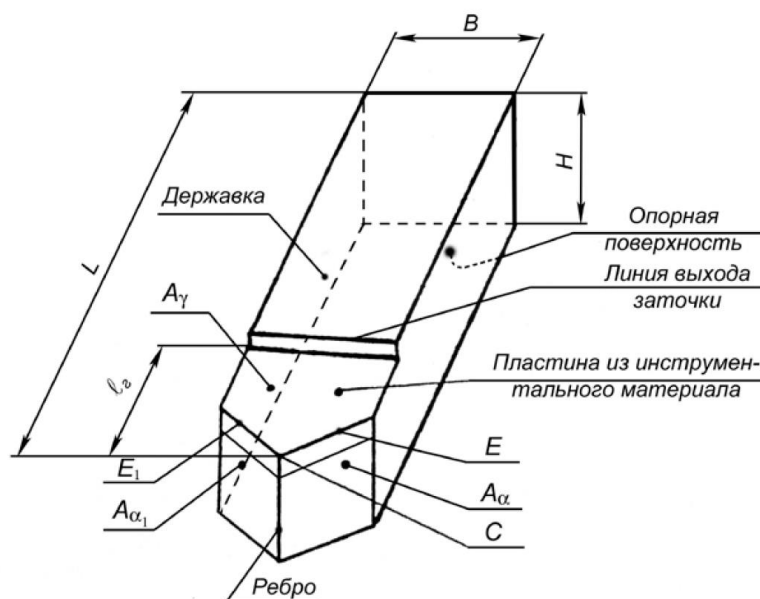


Рис. 1.1. Конструктивные элементы резца: A_γ – передняя поверхность; A_α – главная задняя поверхность; $A_{\alpha 1}$ – вспомогательная задняя поверхность; E и E_1 – главная и вспомогательная режущие кромки; C – вершина

Токарные резцы отличаются большим разнообразием форм и геометрии. Эти резцы подразделяются на четыре категории [10, с. 4–14]:

- для обработки наружных поверхностей (обточные);
- для внутренних поверхностей (расточные);
- для торцовых поверхностей (торцовые);
- для отрезки (отрезные).

На тип резца существенно влияют форма головки и режущей кромки, а также их расположение относительно направления подачи и характера выполняемой операции. Поэтому, в каждой из первых трёх групп выделяют резцы специального назначения и резцы общего назначения:

- проходные (главный угол в плане $\varphi < 90^\circ$);
- упорные ($\varphi = 90^\circ$);
- подрезные ($\varphi > 90^\circ$),).

К инструментам специального назначения относятся резцы, форма режущих кромок которых или размеры их элементов каким-либо образом соответствуют параметрам обрабатываемых поверхностей, например резьбовые, канавочные, галтельные и разнообразные фасонные резцы.

Черновая и чистовая обработка могут выполняться как резцами общего, так и специального назначения. Обычно по конструкции и форме головок они схожи, однако отличаются размерами передних и задних углов, радиусом скругления на вершине, а также степенью заточки (доводки) передних и задних поверхностей (фасок и ленточек).

По форме головки классифицируют резцы [10, с. 4–14]:

прямые (рис. 1.2 *а, в*);

отогнутые (рис. 1.2 *б, г, д*), их ось изогнута в горизонтальной плоскости;

изогнутые, их ось изогнута в вертикальной плоскости;

оттянутые влево вправо и симметрично (рис. 1.2).

Резцы изогнутые для токарных работ применяются редко (отрезные резцы).

Различие между правыми и левыми резцами определяется положением их главной режущей кромки и направлением подачи.

По конструкции резцы подразделяются на резцы с головками, приваренными, а также с пластинами, которые могут быть приварены, припаяны или приклеены, и на резцы с механическим закреплением как головок, так и пластин.

Рассмотрим основные виды токарных резцов, используемых при точении.

Резцы для обтачивания. Для обработки наружных поверхностей при преимущественно продольной подаче используют проходные (рис. 1.2 *а, б*), упорные (рис. 1.2 *в, г*) и подрезные (рис. 1.2 *д*) резцы [10, с. 4–14]. Все они изготовлены с прямой (рис. 1.2 *а, в*) или отогнутой головкой (рис. 1.2 *б, г, д*).

Проходные резцы применяют для обработки наружных цилиндрических и конических поверхностей «на проход», т.е. со свободным выходом за границы обрабатываемой зоны.

Прямые проходные резцы (рис. 1.2 *а*, 1.3) в сравнении с изогнутыми дешевле, поэтому их рекомендуется использовать во всех случаях, где это возможно и нет специальных требований по их применению.

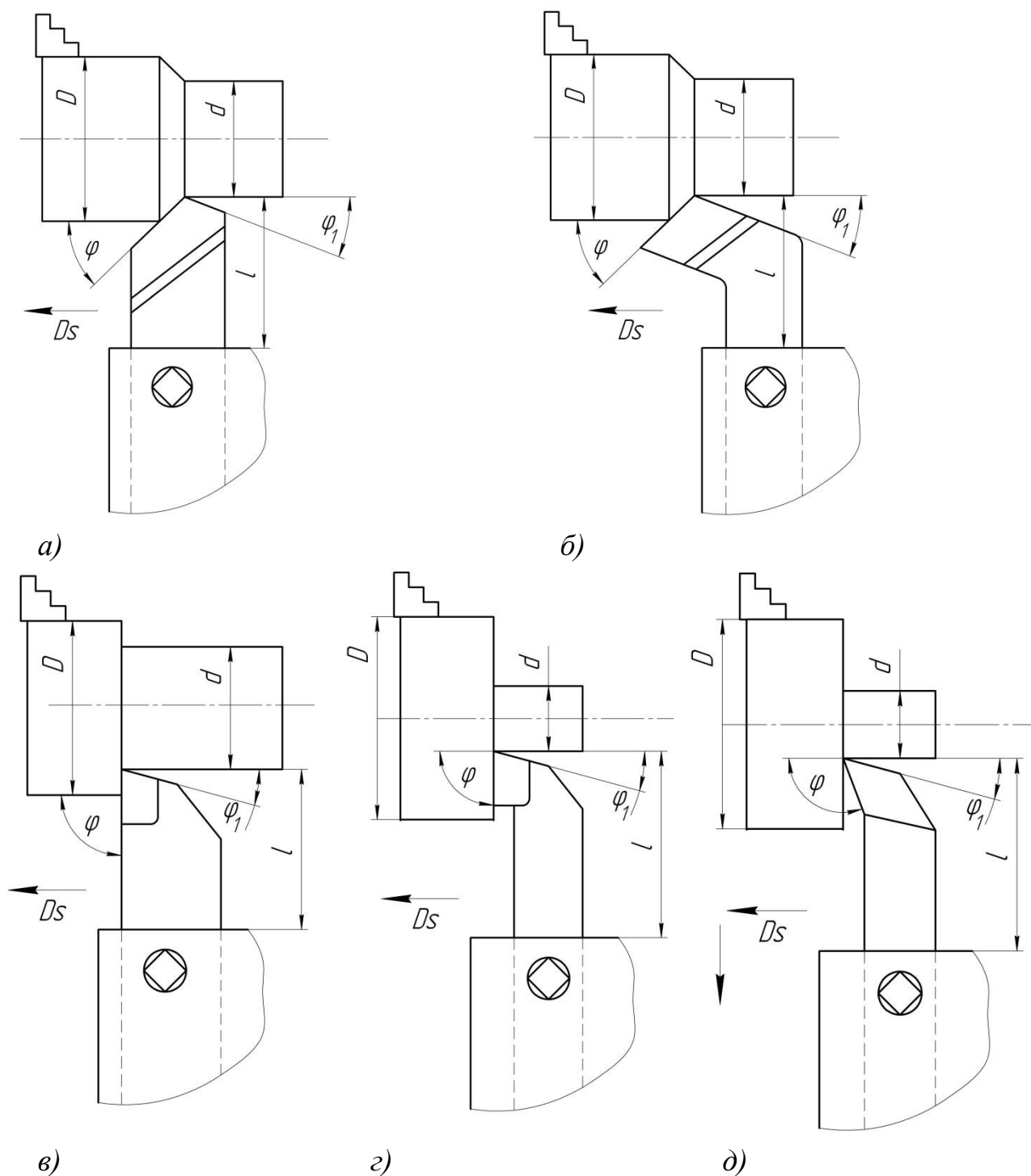


Рис. 1.2. Резцы для обточки: а – прямой проходной; б – проходной отогнутый; в – прямой упорный; г – упорный отогнутый; д – отогнутый подрезной; D и d – диаметры обрабатываемой и обработанной поверхностей; φ и φ_1 – главный и вспомогательный углы в плане; l – вылет резца из резцедержателя; D_s – направление движения подачи инструмента

Согласно стандартам, прямые проходные резцы выпускаются с главным углом в плане $\varphi = 45, 60$ и 75° . Если угол перехода между ступенями обрабатываемой поверхности не задает этот параметр, желательно отдавать предпочте-

ние резцам с меньшим углом φ , так как при прочих равных условиях они обеспечивают больший срок службы инструмента и уменьшают шероховатость обработанной поверхности.

Уменьшение угла φ может ограничиваться жесткостью технологической системы ДИПС (деталь – инструмент – приспособление – станок), так как при этом возрастает радиальная составляющая силы резания P_v , увеличивается отжим детали, снижается точность обработки и увеличивается возможность возникновения вибраций.



Рис. 1.3. Проходные прямые резцы

Проходные резцы с отогнутой головкой (рис. 1.2 б, 1.4), так же как и проходные прямые, применяют для обтачивания наружных цилиндрических и конических поверхностей «напроход» или ступенчатых поверхностей при относительно небольшом перепаде диаметров.

Резцы с отогнутой головкой незаменимы при обработке деталей, расположенных близко к кулачкам патрона или другим выступающим частям оснастки.

Резцы с отогнутой головкой обладают большей виброустойчивостью по сравнению с прямыми резцами. Поэтому проходные резцы с отогнутой головкой широко применяются, несмотря на несколько большую стоимость.



Рис. 1.4. Проходные резцы с отогнутой головкой

Для продольного обтачивания ступенчатых поверхностей, сопряженных под прямым или близким к нему углом, используются *упорные резцы* (рис. 1.2 в, г) [10, с. 4–14]. Важным условием их применения является ограничение разницы диаметров обрабатываемых цилиндрических поверхностей в пределах 15...20 мм.

Упорные резцы имеют $\varphi = 90^\circ$ и их стойкость ниже чем у проходных резцов. Поэтому, при обработке ступенчатых поверхностей с достаточно длинной цилиндрической частью и небольшим перепадом диаметров целесообразнее использовать проходные резцы (с $\varphi < 90^\circ$), а затем производить подрезку уступов упорными или подрезными резцами.

Упорные резцы используют и при цилиндрической обточке в условиях низкой жесткости технологической системы, особенно при обработке деталей с $L/d > 5$ при закреплении в патроне и с $L/d > 10$ при закреплении в центрах.

Упорные резцы также могут выполнять функцию подрезных. Для этого их монтируют в резцедержателе так, чтобы при обработке цилиндрической поверхности главный угол в плане превышал 90° (примерно $95...105^\circ$). После завершения продольной подачи и достижения нужной длины цилиндрической детали, осуществляют поперечную подачу в направлении от центра к периферии.

Отогнутые упорные резцы имеют три режущие кромки, следовательно, две вершины и более универсальны. Они позволяют осуществлять врезание с поперечной подачей и обрабатывать «открытые» торцовые поверхности (рис. 1.2 г). Равенство условий работы вершинами без перезакрепления в резцедер-

жатель достигается изготовлением этих резцов с $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$. Это не означает, что во всех случаях углы φ и φ_1 (вспомогательный угол в плане) должны оставаться равными 45° . Их значения могут быть оптимизированы в зависимости от конкретных условий работы путем соответствующей заточки. Там, где нет необходимости использовать упорные резцы с отогнутой головкой (рис. 1.5), предпочтение отдается прямым резцам.



Рис. 1.5. Проходные упорные резцы с отогнутой головкой

Назначение *подрезных резцов* (рис. 1.2 д, 1.6) заключается в формировании уступов (торцов), перпендикулярных оси или цилиндрической поверхности детали.

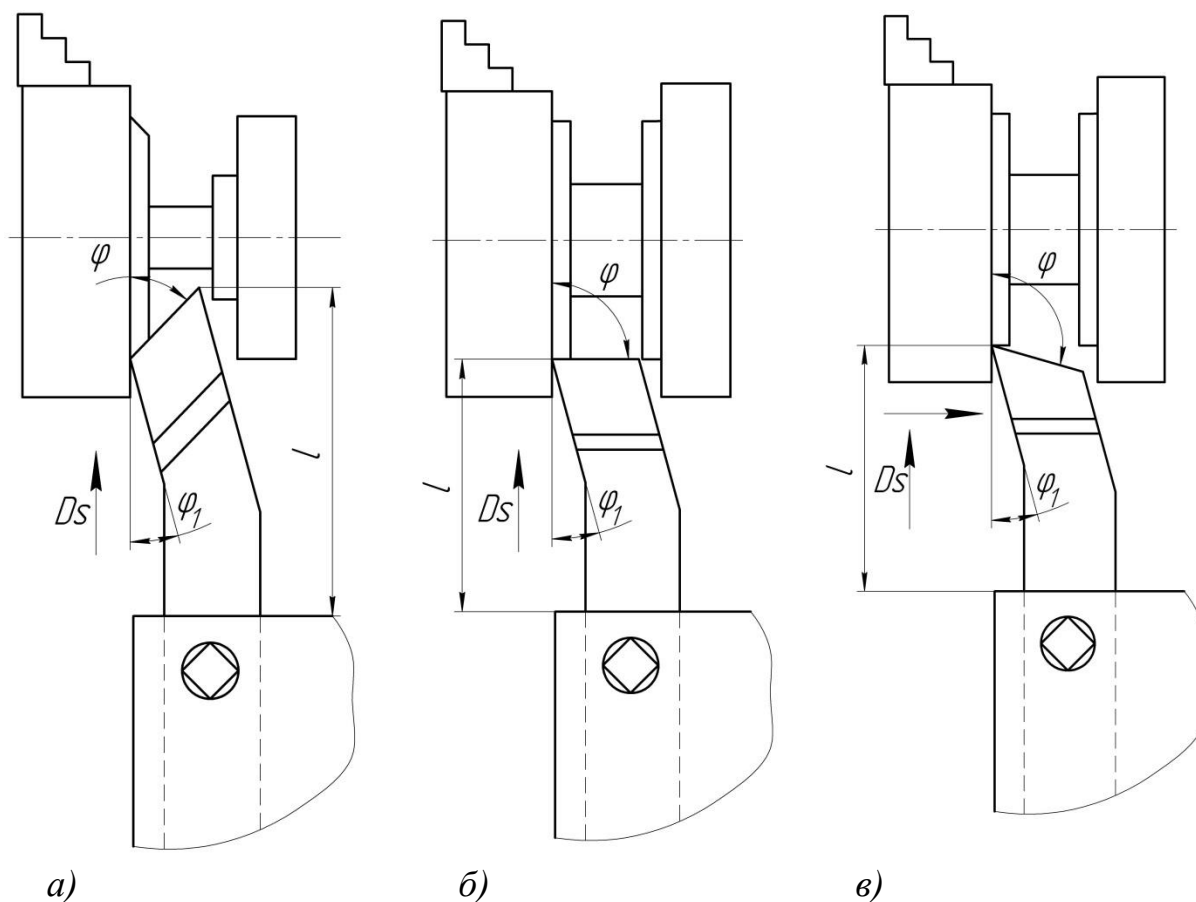
При работе на токарных станках с ручным управлением, для подрезки уступов часто прибегают к использованию упорных резцов, как это описано выше.



Рис. 1.6. Подрезные отогнутые резцы

Резцы для обработки торцовых поверхностей. Торцовые поверхности деталей могут обрабатываться *торцовыми, проходными* резцами с $\varphi < 90^\circ$, (рис. 1.7 а), *торцовыми упорными* с $\varphi = 90^\circ$, (рис. 1.7 б) и *торцовыми подрезными* с $\varphi > 90^\circ$, (рис. 1.7 в) [10, с. 4–14].

Торцовые резцы применяются для обработки торцевых поверхностей с поперечной подачей, направленной радиально к оси вращения детали. Отличие от резцов для обточки заключается в ориентации главной режущей кромки, адаптированной для торцевого точения. Конструктивной особенностью торцовых резцов является отогнутая головка с углом $15...20^\circ$ (рис. 1.7 а, б, в), что обеспечивает доступ к труднодоступным, "закрытым" торцевым поверхностям. При выборе типа торцевого резца (проходного, упорного или подрезного) необходимо учитывать те же факторы, что и при выборе соответствующих резцов для продольного точения.



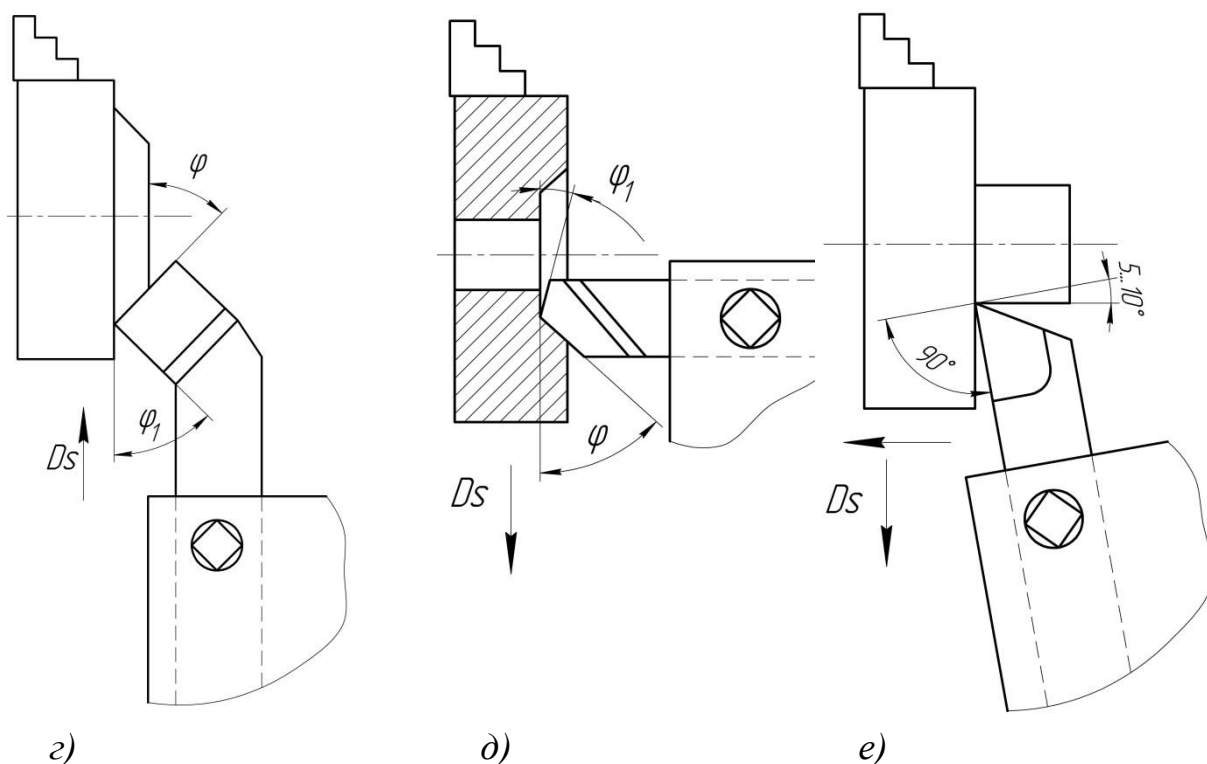


Рис. 1.7. Резцы для обработки торцевых поверхностей: *а* – торцевой проходной; *б* – торцевой упорный; *в* – торцевой подрезной; *г* – проходной отогнутый в качестве торцевого проходного; *д* – проходной прямой в качестве торцевого проходного; *е* – упорный взамен торцевого подрезного

При обтачивании «открытых» торцевых поверхностей можно применять резцы для наружной обработки, их необходимо правильно закрепить в резцедержателе и выбрать соответствующее направление подачи (рис. 1.7 *г, д.*).

При подрезке торцов вместо специальных подрезных резцов можно применять упорные резцы для обточки, их необходимо повернуть на $5...10^\circ$ к обрабатываемой поверхности и изменить направление подачи на противоположное. Сначала выполняется обточка цилиндрической части продольной подачей, а затем поперечной подачей от центра к периферии обрабатывается торец (рис. 1.7 *е*).

Резцы для обработки отверстий. Резцы, используемые для обработки отверстий [7, с. 39], подразделяются на три типа: расточные проходные (рис. 1.8 *а*); расточные упорные (рис. 1.8 *б*); расточные подрезные (рис. 1.8 *в*).

Из-за большего вылета из резцедержателя l и меньшего диаметра оттянутой части d по сравнению с резцами для наружной обработки, они обладают пониженной жесткостью. При выборе расточных резцов рекомендуется отда-

У стандартных расточных проходных резцов главный угол в плане φ больше, чем у других проходных резцов, и составляет 60° . В некоторых ситуациях его можно увеличить до 90° , используя упорные резцы даже для сквозных отверстий. Увеличение угла свыше 90° не дает эффекта. Поэтому использование подрезных резцов с $\varphi \approx 95 \dots 105^\circ$, для снижения радиальной составляющей силы резания P_v нецелесообразно. Такие резцы ухудшают стружкообразование, увеличивают силы резания, что ведет к отжигам инструмента и вибрациям.

Стоит отметить, что упорные расточные резцы с углом в плане ровно 90 градусов ($\varphi = 90^\circ$) не предусмотрены стандартами. Это связано с тем, что подрезные резцы с углом более 95 градусов ($\varphi > 95^\circ$) легко переделываются в упорные, как это демонстрируется на рисунке 1.8 з.



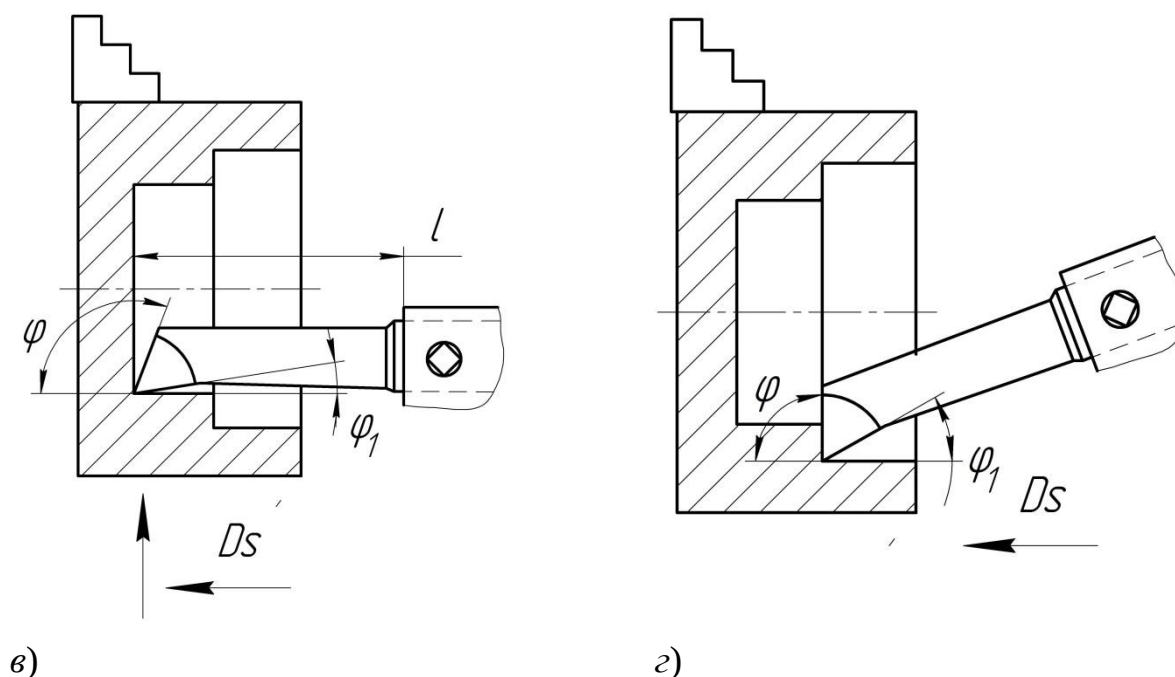


Рис. 1.8. Резцы для обработки отверстий: а – расточной проходной; б – расточной упорный; в – расточной подрезной; з – расточной подрезной в качестве упорного

Резцы для отрезки. Отрезные резцы имеют оттянутую головку, оснащенную режущей пластинкой из инструментального материала. Головка отрезного резца может быть оттянута влево (как показано на рисунках 1.9 и 1.10), вправо или быть симметричной [10, с. 4–14].

Стандартные отрезные резцы с головкой оттянутой влево наиболее востребованы на производстве.

Соотношение размеров головки выражена формулой

$$l_p = 5 \times a + 5,$$

где l_p – длина головки резца;

a – ширина головки, равная длине главной режущей кромки, которая принята равной $a \approx 0,1 \times D$, где D – диаметр отрезаемой заготовки, мм.

Существует также распространенный тип резцов, где головка из быстрорежущей стали выполнена в виде цельной пластины и приварена к боковой стороне державки. Такая конструкция характеризуется смещением головки влево.

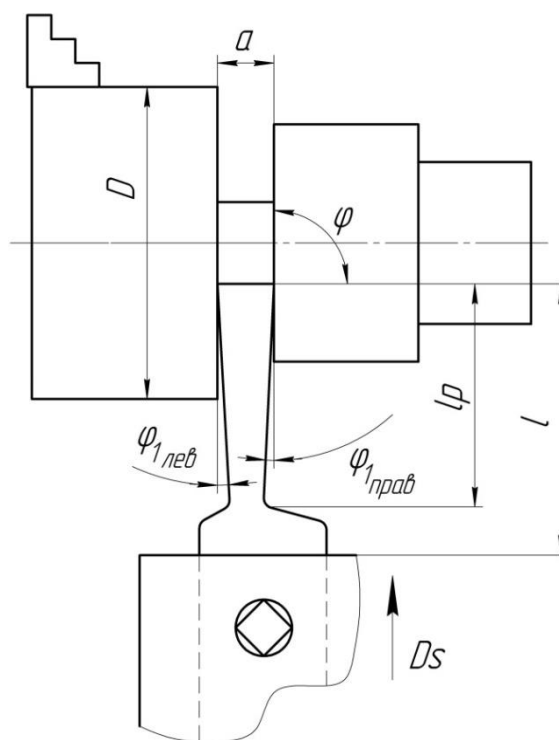


Рис. 1.9. Схема отрезки резцом с головкой, оттянутой влево



Рис. 1.10. Отрезные резцы

Резьбонарезные резцы. Эти резцы предназначены для создания наружной резьбы на заготовках (рис. 1.11).



Рис. 1.11. Резцы для нарезания наружной резьбы

Резцы для внутренней резьбы (рис. 1.12) предназначены для нарезания резьбы в отверстиях большого диаметра и имеют специфическую конструкцию. Хотя внешне они похожи на расточные резцы для глухих отверстий, их функциональное назначение и принцип работы существенно различаются.



Рис. 1.12. Резцы для нарезания внутренней резьбы

Сборные резцы для токарных станков. К числу основных типов токарных резцов относятся и сборные конструкции, которые обладают универсальными свойствами. Их универсальность заключается в возможности комплектации режущими пластинами различного назначения (рис. 1.13). Например, оснастив одну державку режущими пластинами разных типов, можно получить резцы, позволяющие обрабатывать металлические заготовки под различными углами на токарном станке.



Рис. 1.13. Сборные резцы

Обычно эти резцы используются на станках с ЧПУ или специализированном оборудовании для выполнения контурного точения, расточки как глухих, так и сквозных отверстий, а также других специфических операций.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучите теорию, изложенную в работе.
2. Сделайте эскиз резца и назовите его составные элементы.
3. Какие типы резцов используют для обработки наружных поверхностей?
4. Какие типы резцов используют для обработки торцовых поверхностей?
5. В каких случаях применяют резцы с отогнутой рабочей частью?
6. Какие типы резцов используют для обработки отверстий?
7. В каких случаях применяют отрезные резцы?
8. Какие Вы знаете резцы, применяемые для нарезания резьбы?
9. Ответьте на вопросы, составьте отчет о работе.

Литература: 7, 10.

2 РАСЧЕТ ДОПУСКАЕМОЙ РЕЖУЩИМИ СВОЙСТВАМИ РЕЗЦОВ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ

Цель: ознакомление с методикой определения допустимой скорости резания.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: геометрия режущей части токарного резца.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: проводить расчет допускаемой режущими свойствами резцов скорости резания.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыки определения режимов резания.

Формируемые компетенции: ОПК-5, ПК-2, ПК-6.

Актуальность темы: При обработке резанием необходимо добиться оптимального сочетания производительности обработки и стойкости инструмента. Для обеспечения эффективности обработки необходимо освоить методику подбора оптимальных режимов резания.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Есть три основных параметра при точении, каждый из которых влияет на стойкость инструмента. Это скорость резания, подача и глубина резания. Меняя данные параметры можно добиться наилучшего результата обработки.

Скорость резания – наибольшая скорость перемещения режущей кромки относительно заготовки (измеряется в м/мин).

Подача инструмента при точении равна расстоянию, на которое перемещается режущая кромка вдоль оси детали за один ее оборот (измеряется в мм/об).

Глубина резания – это половина разности обрабатываемого и обработанного диаметра заготовки (измеряется в мм).

Слишком высокая скорость резания v приводит к интенсивному износу по задней поверхности, низкому качеству обработанной поверхности, быстрому

лункообразованию, пластической деформации. Слишком низкая скорость резания является причиной наростообразования, низкой эффективности обработки.

Слишком высокая подача приводит к потере контроля над стружкообразованием, неудовлетворительному качеству обработанной поверхности, лункообразованию, пластической деформации, высокой потребляемой мощности, "привариванию" стружки, повреждению кромок стружкой. Слишком низкая подача характеризуется сливной стружкой, низкой эффективностью обработки.

Слишком большая глубина резания является причиной высокой потребляемой мощности, поломки режущей пластины, повышенных сил резания. Слишком маленькая глубина резания ведет к потере контроля над стружкообразованием, вибрации, чрезмерному нагреву, низкой эффективности обработки.

Производительность ограничивается при черновой обработке – потребляемой мощностью, при чистовой – качеством обрабатываемой поверхности.

Стойкость и соответствующие ей элементы режима резания должны быть такими, чтобы производительность операции была максимальна при минимальной себестоимости и обеспечивала заданное качество обработки. Оптимальная производительность обеспечивается работой на больших глубинах резания и подачах при умеренных скоростях резания.

Пример. Определить по эмпирической формуле теории резания скорость резания, допускаемую режущими свойствами резца при продольном точении заготовки из стали 20 ХН с пределом прочности 600 МПа. Заготовка – прокат горячекатаный. Резец токарный проходной, оснащенный пластинкой из твердого сплава марки Т15К6; сечение державки 16×25 мм, глубина резания $t = 2,5$ мм, подача $s = 0,3$ мм/об; период стойкости резца $T = 60$ мин. Геометрические параметры резца: форма передней поверхности радиусная с отрицательной фаской; главный угол в плане $\varphi = 60^\circ$, вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 10^\circ$, передний угол $\gamma = 12^\circ$, задний угол $\alpha = 12^\circ$, радиус при вершине резца $r = 1$ мм.

Решение. Определяем допускаемую резцом скорость резания v , м/мин, [8]

$$v = \frac{C_v}{T^{m1} \cdot t^x \cdot S^y} K_v, \quad (2.1)$$

где $C_v = 420$ – коэффициент, зависящий от механических свойств и структуры обрабатываемого материала, материала режущей части резца, а также от условий обработки, таблица 2.1;

$m1, x, y$ – показатели степеней, таблица 2.1, $x = 0,15$; $y = 0,20$; $m1 = 0,20$;

K_v – общий поправочный коэффициент.

Коэффициент K_v определяется как произведение коэффициентов, учитывающих влияние материала заготовки K_{mv} , состояния поверхности $K_{пv}$ и материала инструмента $K_{ив}$ [8].

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{пv} \cdot K_{ив}. \quad (2.2)$$

Таблица 2.1

Значения коэффициента C_v и показателей степени в формуле скорости резания при обработке резцами

Вид обработки	Материал режущей части резца	Характеристики подачи	Коэффициент и показатели степени			
			C_v	x	y	m_1
Обработка конструкционной углеродистой стали, $\sigma_s = 750$ МПа.						
Наружное продольное точение проходными резцами	T15K6*	s до 0,3	420	0,15	0,20	0,20
		s св. 0,3 до 0,7	350		0,35	
		s св. 0,7	340		0,45	
Отрезание	T15K10* P18**	—	47	—	0,80	0,20
			23,7		0,66	0,25
Фасонное точение	P18**		22,7	—	0,50	0,30
Нарезание резьбы	T15K6*		244		0,23	0,30

* – без охлаждения, ** – с охлаждением

Коэффициенты представлены в таблицах 2.2, 2.3, 2.4, 2.5.

$$K_{m\nu} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_{\sigma}} \right)^{n_{\nu}},$$

$$K_{m\nu} = 0,8 \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1.$$

Таблица 2.2

Коэффициент $K_{m\nu}$, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания

Обрабатываемый материал	Расчётная формула
Углеродистая сталь	$K_{m\nu} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_{\sigma}} \right)^{n_{\nu}}$
Серый чугун	$K_{m\nu} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_{\nu}}$
Ковкий чугун	$K_{m\nu} = \left(\frac{150}{HB} \right)^{n_{\nu}}$

Примечания: σ_{σ} и HB – фактические параметры, характеризующие обрабатываемый материал, для которого рассчитывается скорость резания. Коэффициент K_{Γ} , характеризующий группу стали по обрабатываемости и показатель степени n_{ν} (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Значения коэффициента K_{Γ} и показателя степени n_{ν}

Обрабатываемый материал	Коэффициент K_{Γ} для резцов		Показатель степени n_{ν} при обработке резанием	
	Из быстрорежущей стали	Из твердого сплава	Из быстрорежущей стали	Из твердого сплава
Сталь: углеродистая (C < 0,6%), σ_{σ} , МПа: < 450 450...550 >550	1,00 1,00 1,00	1,00 0,75 1,00	– 1,00 1,75 1,75	1,00
Повышенной и высокой обрабатываемости резанием	1,20	1,10	1,75	
	0,85	0,95	1,75	
Сталь: углеродистая (C > 0,6%)	0,80	0,90	1,50	

Хромоникелевая, хромомолибденованадиевая хромомарганцовистая, хромокремнистая, хромокремнемарганцовистая, хромоникельмолибденовая, хромомолибденоалюминиевая	0,70	0,80	1,25	1,00
хромованадиевая	0,85	0,80	1,25	
марганцовистая	0,85	0,90	1,25	
хромоникельвольфрамовая, хромомолибденовая	0,80	0,85	1,25	
хромоалюминиевая	0,75	0,80	1,25	
хромоникельванадиевая	0,75	0,85	1,25	
быстрорежущие	0,60	0,70	1,25	1,00
Чугун серый			1,70	1,25
Чугун ковкий			1,70	1,25

Таблица 2.4

Коэффициент $K_{пв}$, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания

Без корки	С коркой				
	Прокат	Поковка	Стальные и чугунные отливки		Медные алюминиевые сплавы
			нормальные	сильно загрязненные	
1,0	0,9	0,8	0,8...0,85	0,5...0,6	0,9

Таблица 2.5

Коэффициент $K_{ин}$, учитывающий влияние материала инструмента на скорость резания

Обрабатываемый материал	Значения коэффициента $K_{ин}$, в зависимости от марки инструментального материала						
Сталь конструкционная	T5K12B 0,35	T5K10 0,65	T14K8 0,8	T15K6 1,00	T15K6OM 1,15	T30K4 1,4	BK8 0,4
Коррозионно-стойкие и жаропрочные стали	BK8 1,0	T5K10 1,4	T15K6 1,9	P18 0,3	—	—	—
Сталь закаленная	<i>HRC 35...50</i>				<i>HRC 51...62</i>		
	T15K6 1,00	T30K4 1,25	BK6 0,85	BK8 0,83	BK4 1,0	BK6 0,92	BK8 0,74

Серый и ков- кий чугун	ВК8 0,83	ВК6 1,0	ВК4 1,1	ВК3 1,15	ВК3 1,25	—	—
Медные и алюминиевые сплавы	P6M5 1,0	ВК4 2,5	ВК6 2,7	9ХС 0,6	ХВГ 0,6	У12А 0,5	—

$$K_{пV} = 0,9; K_{иV} = 1.$$

Учесть влияние геометрических параметров резца на скорость резания позволяют данные таблицы 2.6 [8].

Таблица 2.6

Коэффициенты, учитывающие влияние геометрических
параметров резца на скорость резания

Главный угол в плane $\varphi, ^\circ$	$K_{\varphi V}$	Вспомога- тельный угол в плane $\varphi_1, ^\circ$	$K_{\varphi 1 V}$	Радиус при вершине резца r , мм	K_{rV}^*	Сечение державки q , мм	K_{qV}
20	1,4	10	1,00	1	0,94	12×20 16×16	0,93
30	1,2	15	0,97	2	1,00	16×25 20×20	0,97
45	1,0	20	0,94	3	1,03	20×30 25×25	1,00
60	0,9	30	0,91	—	—	25×40 30×30	1,04
90	0,7	—	—	—	—	40×60	1,12

* Учитывают только для резцов из быстрорежущей стали

$$K_{\varphi V} = 0,9; K_{\varphi 1 V} = 1,0; K_{qV} = 0,97.$$

$$K_V = 1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,97 = 0,79,$$

$$v = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} \times 0,79 = 162,23 \text{ м/мин.}$$

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучите теорию, изложенную в работе.
2. Дайте определение понятию «скорость резания».
3. Выполните определение допускаемой скорости резания согласно своему варианту, выданному преподавателем.
4. Ответьте на вопросы, составьте отчет о работе.

Литература: 8.

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОХОДНОГО РЕЗЦА С МЕХАНИЧЕСКИМ КРЕПЛЕНИЕМ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН

Цель: Освоить методику расчета проходного резца с механическим креплением твердосплавных пластин.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: преимущества и область применения резцов с механическим креплением твердосплавных пластин.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определить параметры токарного проходного резца с механическим креплением многогранной пластины из твердого сплава.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: практические навыки в проектировании токарных проходных резцов.

Формируемые компетенции: ОПК-5, ПК-2, ПК-6.

Актуальность темы: Твердосплавные пластины для токарных резцов оптимизируют процессы металлообработки, повышая их производительность. Конструкция сменных пластин упрощает обслуживание резца, позволяя оперативно заменять изношенные или поврежденные элементы. Использование инструмента, оснащенного сменными твердосплавными пластинами, является

оптимальным решением для автоматизированных технологических процессов, особенно в условиях мелкосерийного и среднесерийного производства.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Твердосплавные резцы, оснащенные твердосплавными пластинами, отличаются высокой производительностью и являются наиболее распространенным типом резцов в производстве. Пластины могут крепиться к основе (державке) пайкой или механически. Цельные твёрдосплавные резцы, как правило, изготавливаются небольшими, применяются в точных производствах [7, с. 42].

Пайка стандартных твердосплавных пластин различной формы позволяет создавать компактные резцы. После заточки такие резцы обладают оптимальными геометрическими параметрами. Это обеспечивает экономию инструментального материала благодаря возможности многократной переточки.

Основной недостаток пайки заключается в возникновении внутренних термических напряжений [7, с. 42]. Это происходит из-за значительной разницы (примерно в два раза) в коэффициентах линейного расширения твердого сплава и стальной державки. Существующие методы снятия напряжений, такие как замедленное охлаждение или использование компенсационных прокладок, не решают проблему полностью. Единственным эффективным решением является применение сменных многогранных пластин (СМП), которые крепятся механически. Затупившиеся пластины можно просто повернуть, обновляя режущие кромки.

Инструменты с СМП имеют улучшенные эксплуатационные характеристики по сравнению с напайными аналогами. **Ключевые преимущества** включают повышенную прочность [7, с. 42], надежность и износостойкость, а также снижение затрат, связанных с заменой и утилизацией режущих элементов. Сокращение времени простоя оборудования при замене инструмента, критичное для станков с ЧПУ и автоматизированных производственных линий – это также существенное преимущество. Технология СМП обеспечивает оптимальные условия для нанесения износостойких покрытий.

Недостатки инструментов, оснащенных СМП:

Инструменты с СМП обходятся дороже из-за необходимости прецизионного изготовления как самих пластин, так и инструментального корпуса, что требует значительных трудозатрат.

Конструкция инструментов с СМП часто предполагает увеличенные габариты корпуса, необходимые для размещения механизмов крепления пластин.

Заданная форма СМП и особенности их крепления не всегда позволяют реализовать требуемую геометрию режущей части инструмента.

Пластины различаются по количеству режущих кромок и форме, что отражено в международных и национальных стандартах. Примеры некоторых из них представлены на рисунке 3.1а.

Классификация СМП по геометрическим параметрам (рис. 3.1 б): негативные ($\gamma = 0^\circ$, $\alpha = 0^\circ$); позитивные ($\gamma = 0^\circ$, $\alpha > 0^\circ$); негативно-позитивные ($\gamma > 0^\circ$, $\alpha = 0^\circ$) [7, с. 43].

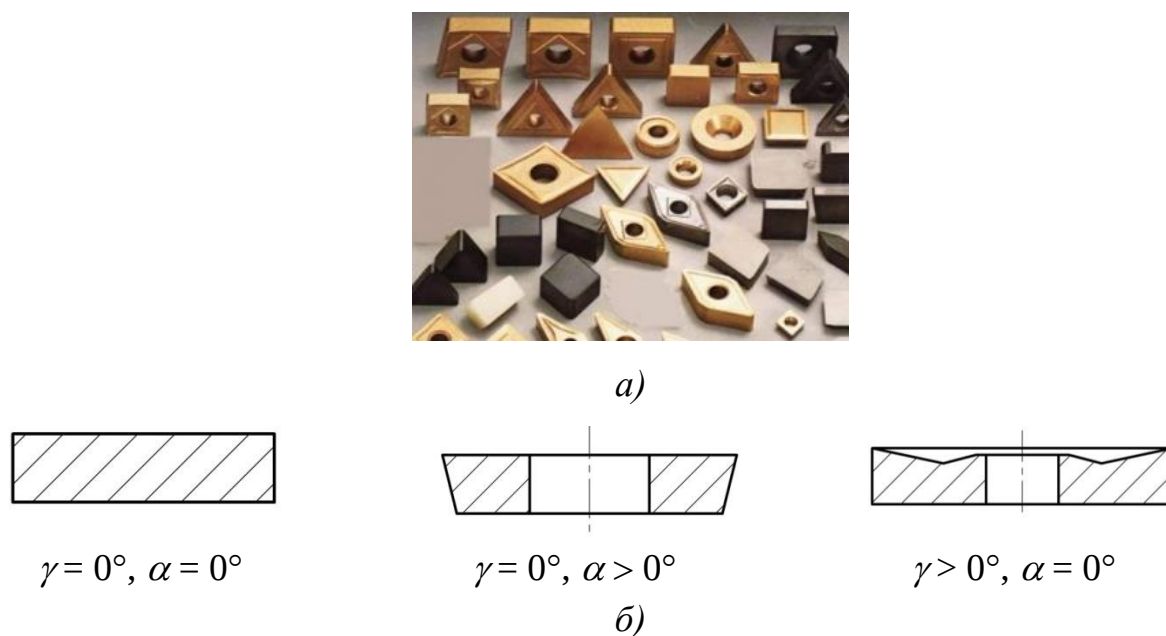


Рис. 3.1. Твердосплавные сменные многогранные пластины (СМП): а – формы пластин; б – геометрические параметры пластин (негативных, позитивных, негативно-позитивных)

Задний угол при установке негативных и негативно-позитивных пластин создается за счет их поворота при креплении в державке резца. При этом у

негативных пластин передние углы становятся отрицательными, т.е. $(-\gamma) = \alpha$, у негативно-позитивных пластин угол γ уменьшается на величину угла α . У позитивных пластин угол γ равен углу поворота пластины по часовой стрелке, а угол α уменьшается на эту же величину.

Пример. Определить параметры и разработать конструкцию токарного проходного правого резца с механическим креплением многогранной пластины из твердого сплава для обтачивания вала по наружной поверхности из стали 45, предел прочности $\sigma_s = 750$ МПа. Главный угол в плане $\varphi = 45^\circ$, диаметр заготовки $D = 30$ мм, припуск на сторону $Z = 3$ мм, вылет резца $L = 40$ мм. Резец подбирается согласно ГОСТ 26611-85, технические требования к нему определяются ГОСТ 26613-85. Обработка выполняется на токарно-винторезном станке модели 16К20.

1. Условия обработки.

Выбор материала для режущей части следует производить в соответствии с таблицей 1 [1] приложения к данному занятию. Выбираем – Т15К6 (ГОСТ 3882-74).

Материал корпуса – Сталь 40Х (ГОСТ 4543-2016). Выбираем четырехгранную пластину по ГОСТ 19049-80, (рис. 3.2). Основные размеры, согласно таблице 2 приложения к данному занятию: $l = 9,525$ мм; $d = 9,525$ мм; $S = 3,18$ мм; $r = 0,8$ мм.

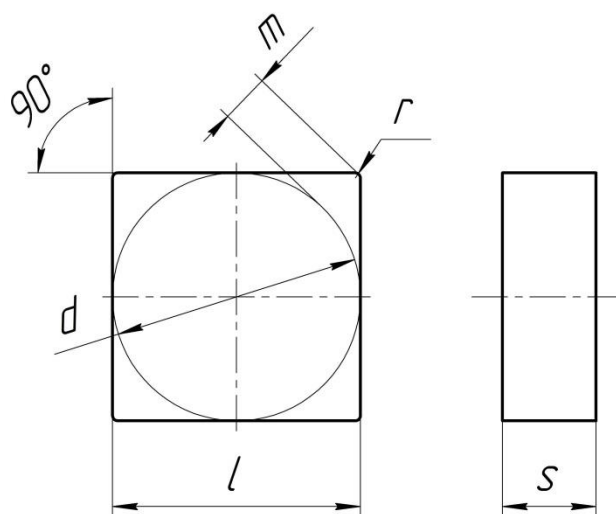


Рис. 3.2. Пластина четырехгранной формы ГОСТ 19049-80

Основные параметры резца (рис. 3.3): сечение резца $h \times b = 16 \times 16$ мм; $l_1 = 100$ мм; $h_1 = 16$ мм; $h_2 = 24$ мм; $l = 9$ мм; $l_2 = 25$ мм; $f = 20$ мм.

2. Для выбора геометрических параметров режущей части резца используйте таблицу 3.1 [1]. Главный передний угол $\gamma = 10^\circ$; главный задний угол $\alpha = 10^\circ$; главный угол в плане $\varphi = 45^\circ$; вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 45^\circ$; радиус вершины лезвия $r = 0,8$ мм.

3. Глубина резания $t = 3$ мм (черновое точение), таблица 3 [1] приложения к данному занятию.

Таблица 3.1

Геометрические параметры режущей части резца с МНП

Тип пластинки	$\varphi, ^\circ$	$\varphi_1, ^\circ$	$\gamma, ^\circ$	$\alpha, ^\circ$
Трехгранные	90	10	12	7,5
Четырехгранные	45	45	10	10
Четырехгранные	60	30	12	7
Четырехгранные	75	15	12	7
Пятигранные	60	12	10	8
Шестигранные	45	14	10	10

4. Для определения подачи используются данные таблицы 3.2 [1] и паспортные данные станка, $S = 1$ мм/об.

По паспортным данным станка 16K20 продольная подача на один оборот шпинделя мм/об: 0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1; 1,6; 2,2; 2,4; 2,5.

Таблица 3.2

Подачи, мм/об, допустимые прочностью пластины из твёрдого сплава, при черновом точении конструкционной стали

Толщина пластины, мм	Глубина резания t , мм, не более			
	4	7	13	22
4	1,3	1,1	0,9	0,8

6	2,6	2,2	1,8	1,5
8	4,2	3,6	3,6	2,5
10	6,1	5,1	4,2	3,6

Примечание: При обработке с ударами подачу уменьшить на 20 %.

5. Определяем скорость резания v , м/мин [3, с. 58],

$$v = \frac{C_v}{T^{m1} \cdot t^x \cdot S^y} K_v, \quad (3.1)$$

где $C_v = 340$ – коэффициент, зависящий от механических свойств и структуры обрабатываемого материала, материала режущей части резца, а также от условий обработки, таблица 2.1 занятия 2;

$T = 60$ мин – стойкость инструмента, мин (среднее значение стойкости проходных резцов при одноинструментной обработке – 30... 60 мин;

$m1, x, y$ – показатели степеней, таблица 2.1; $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m1 = 0,20$.

K_v – общий поправочный коэффициент.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{пv} \cdot K_{ив}, \quad (3.2)$$

Методика определения коэффициента K_v представлена в занятии 2. Данные для определения коэффициента представлены в таблицах 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 занятия 2.

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v}$$

$$K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 1.$$

$$K_{пv} = 1; K_{ив} = 1.$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,$$

$$v = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 1^{0,45}} \times 1 = 127,13 \text{ м/мин.}$$

6. Частота вращения заготовки [1]

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot D}, \quad (3.3)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 127,13}{3,14 \cdot 30} = 1348,9 \text{ об/мин.}$$

6.1. Определяем действительную частоту вращения.

По паспортным данным станка 16К20 частота вращения шпинделя, мин⁻¹: 12,5; 16; 20; 25...31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600.

Выбираем $n_d = 1250$ об/мин.

6.2. Фактическая скорость резания

$$v_{\text{факт}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000}, \quad (3.4)$$

$$v_{\text{факт}} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 1250}{1000} = 117,81 \text{ м/мин.}$$

7. Сила резания [1]

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p, \quad (3.5)$$

Постоянная C_p , учитывающая свойства обрабатываемого материала, и показатели степени x , y , n для конкретных условий обработки представлены в таблице 4 приложения к данному занятию.

Поправочный коэффициент K_p учитывает фактические условия резания. При продольном точении стали ($\sigma_s = 750$ МПа) резцами, оснащёнными пластинками из твёрдых сплавов: $C_p = 300$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n = -0,15$.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} , \quad (3.6)$$

где по таблице 3.3

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n ,$$

$$K_{mp} = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,75} = 1.$$

Согласно таблице 5 приложения к данному занятию:

$$K_{\varphi p} = 1; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{rp} = 0,90.$$

Таблица 3.3

Поправочный коэффициент K_{mp} для стали и чугуна, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала для определения составляющей силы резания P_z

Обрабатываемый материал	Расчётная формула	Показатель степени n
Углеродистая сталь	$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n$	0,75
Серый чугун	$K_{mp} = \left(\frac{190}{HB} \right)^n$	0,4

Ковкий чугун	$K_{mp} = \left(\frac{150}{HB}\right)^n$	0,4
--------------	--	-----

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,90 = 0,90,$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3^1 \cdot 1,0^{0,75} \cdot 117,81^{-0,15} \cdot 0,90 = 3961,03 \text{ Н.}$$

8. Мощность резания [1]

$$N_{pac} = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \quad (3.7)$$

$$N_{pac} = \frac{3961,03 \cdot 117,81}{1020 \cdot 60} = 7,62 \text{ кВт.}$$

Сопоставляя расчётную мощность резания с мощностью станка необходимо принимать во внимание мощность на шпинделе $N_{ш}$, допускаемую прочностью слабых звеньев кинематической цепи станка

$$N_{ш} = N_{э} \times \eta,$$

где $N_{э}$ – мощность электродвигателя станка, кВт (паспортные данные);

η – КПД станка учитывает потери мощности на трение в элементах передач и подшипниках при передаче движения от электродвигателя до шпинделя (в среднем $\eta = 0,80 \dots 0,85$).

Проверка достаточной мощности привода станка является обязательной

$$N_{расч} \leq N_{ш}.$$

Для предотвращения излишнего расхода электроэнергии, станки с расчетной мощностью привода ниже 45% от номинальной рекомендуется заменять на менее мощные.

Мощность станка модели 16K20 по паспорту 10 кВт.

$$N_{\text{и}} = 10 \times 0,8 = 8 \text{ кВт},$$

$$7,62 \text{ кВт} < 8 \text{ кВт}.$$

Таким образом, установленные режимы резания соответствуют характеристикам станка.

9. Подбираем форму и размеры сечения для державки.

Находим ширину b поперечного сечения державки резца, мм, [3, с. 52]

$$b = \sqrt[3]{\frac{6P_z \cdot L}{\sigma_{\text{и.д}}}} \quad (3.8)$$

где $L = 40$ мм – вылет резца;

$\sigma_{\text{и.д}} = 400$ МПа – допустимое напряжение при изгибе материала корпуса.

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 3961,03 \cdot 40}{400}} \approx 13,3 \text{ мм}.$$

10. Проводим расчеты на прочность и жесткость державки резца

Максимальная нагрузка, допускаемая прочностью резца $P_{z \text{ доп}}$, Н, [3, с. 53]

$$P_{z \text{ доп}} = \frac{b \cdot h^2 \cdot \sigma_{\text{и.д}}}{6 \cdot L}, \quad (3.9)$$

$$P_{z \text{ доп}} = \frac{16 \cdot 16^2 \cdot 400}{6 \cdot 40} = 6827 \text{ Н.}$$

Максимальная нагрузка, допускаемая жесткостью резца $P_{z \text{ жест}}$, Н, [3, с. 54]

$$P_{z \text{ жест}} = \frac{3f \cdot E \cdot J}{l^3}, \quad (3.10)$$

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12},$$

где $f = 0,1$ мм – допускаемая стрела прогиба резца при предварительном точении;

$E = 2 \cdot 10^5$ МПа – модуль упругости материала резца;

J – осевой момент инерции прямоугольного сечения резца, мм⁴.

Прочность и жесткость резца достаточны при условии, если

$$P_z \leq P_{z \text{ доп}}; \quad P_z \leq P_{z \text{ жест}}.$$

$$J = \frac{16 \cdot 16^3}{12} = 5461,3 \text{ мм}^4,$$

$$P_{z \text{ жест}} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 5461,3}{40^3} = 5119,97 \text{ Н,}$$

$6827 > 3961,03 < 5119,97$ Н – условие выполняется.

Рисунок 3.3 иллюстрирует конструкцию проходного резца, оснащенного твердосплавными пластинами с механическим креплением.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

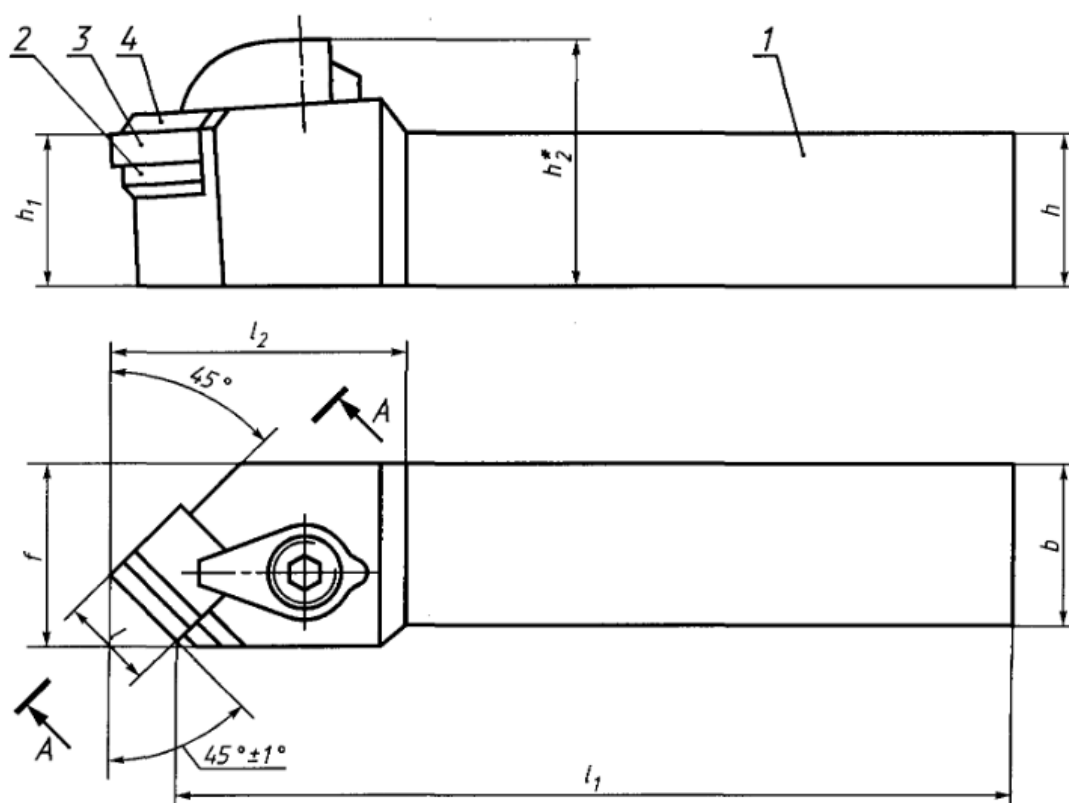
1. Изучите теорию, изложенную в работе.
2. По заданию преподавателя выполните расчет проходного резца с механическим креплением твердосплавных пластин. Варианты задания представлены в таблице 3.4. Исходные данные: обрабатываемый материал, главный угол в плане φ , диаметр заготовки D , припуск на сторону Z , вылет резца L .
3. Составьте отчет о проделанной работе.

Таблица 3.4

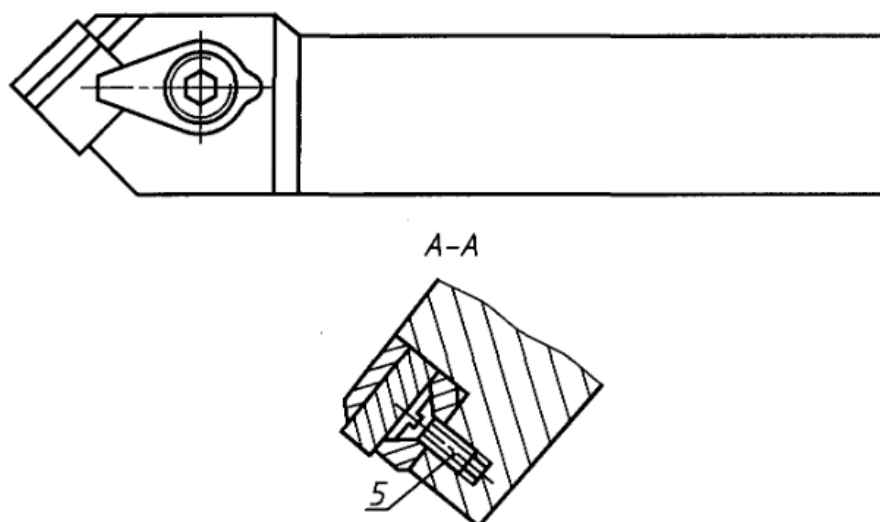
Варианты задания

Вариант	Обрабатываемый материал	$\varphi, ^\circ$	D , мм	Z , мм	L , мм
1	Сталь 45	90	30	2	40
2	Сталь жаропрочная 4Х9С2	45	20	2	30
3	Сталь жаропрочная хромомолибденованадиевая 12Х1МФ	60	25	3	25
4	Сталь жаропрочная хромокремнистая Х13Н7С2	75	35	3,5	40
5	СЧ10	60	40	3,5	45
6	СЧ35	45	30	3	40
7	СЧ20	90	25	2	40
8	КЧ30	45	45	3,5	50
9	КЧ35	60	50	3	55
10	КЧ45	75	55	3	60

Правый резец



Левый резец



A-A

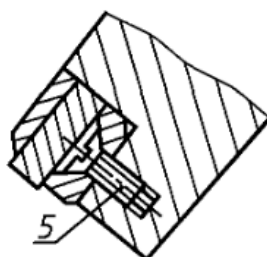


Рис. 3.3. Резец токарный проходной с механическим крепление четырехгранных пластин (ГОСТ 26611-85):

1 – державка; 2 – опорная пластина по ГОСТ 19076-80; 3 – режущая пластина по ГОСТ 19049-80;

4 – стружколом по ГОСТ 19085-80; 5 – винт по ГОСТ 17475 - 80

Литература: 1, 3, 7.

Приложение к данному занятию

Таблица 1

Таблица выбора марок твердых сплавов в зависимости от вида,
условий обработки, характера и обрабатываемого материала

Характер и условия обработки	Рекомендуемые марки твердого сплава для обработки						
	Углеродистой и легированной стали	Специальной труднообрабатываемой стали	Закаленной стали	Чугуна HB≤240	Чугун высокой твердости HB = 400...700	Цветных металлов и их сплавов	Неметаллических материалов
Черновое точение поковок, штамповок и литья по корке и окалине при неравномерном сечении среза и прерывистом резании (с ударами)	T5K10	BK8	—	BK6	—	BK6	—
	BK8	BK11	—	BK6	—	BK6	—
	BK11	—	—	BK8	—	BK8	—
Черновое точение по корке при неравномерном сечении среза и непрерывном резании	T15K6	T5K10	—	BK6	BK6	BK6	BK2 BK3
	T14K8	BK8	—	BK6	BK6	BK6	BK6
	T5K10	BK11	—	BK8	BK8	BK8	BK8
Получистовое и чистовое точение при прерывистом резании	T15K6	T5K10	T14K8	BK6	—	BK6	BK2 BK2
	T14K8	BK8	T5K10	BK6	—	BK6	BK6
	T5K10	BK11	BK8	BK8	—	BK6	BK6
Получистовое и чистовое точение при непрерывном резании	T30K4	T15K6	T15K6	BK2 BK3	BK2	BK2 BK3	BK2 BK3
	T15K6T	T14K8	T14K8	BK6	BK6	BK3	BK2 BK3
	T15K10	T5K10	T5K10	BK6	BK6	BK6	BK6
Тонкое точение (типа	T60K6	—	T30K4	BK2 BK3	BK2	BK2 BK3	BK3

алмазной обработки)	T30K4	—	T15K6T	BK2 BK3	BK2	BK2 BK3	BK2 BK3
	T15K6T	—	T15Л6	BK6	BK6	BK6	BK6

Таблица 2

Обозначение и размеры пластин (ГОСТ 19049-80)

Обозначение пластин классов допусков				$l = d$, мм	S , мм	r , мм	m , мм	
U		G						
цифровое	буквенно-цифровое	цифровое	буквенно-цифровое					
03111-090304	SNUN-090304	03131-090304	SNGN-090304	9,525	3,18	0,4	1,808	
03111-090308	SNUN-090308	03131-090308	SNGN-090308			0,8	1,644	
-	-	03131-120300	SNGN-120300	12,700		0,2	2,546	
03111-120304	SNUN-120304	03131-120304	SNGN-120304			0,4	2,465	
03111-120308	SNUN-120308	03131-120308	SNGN-120308			0,8	2,301	
03111-120312	SNUN-120312	03131-120312	SNGN-120312			1,2	2,137	
03111-120316	SNUN-120316	03131-120316	SNGN-120316			1,6	1,972	
03111-120408	SNUN-120408	03131-120408	SNGN-120408			4,76	0,8	2,301
03111-120412	SNUN-120412	03131-120412	SNGN-120412				1,2	2,137
03111-120424	SNUN-120424	-	-				2,4	1,644
03111-150408	SNUN-150408	03131-150408	SNGN-150408				15,875	0,8
03111-150412	SNUN-150412	03131-150412	SNGN-150412			1,2		2,795
03111-150416	SNUN-150416	03131-150416	SNGN-150416	1,6	2,630			
03111-150424	SNUN-150424	-	-	2,4	1,644			
-	-	03131-190400	SNGN-190400	9,050	0,2	3,861		
03111-190412	SNUN-190412	03131-190412	SNGN-190412		1,2	3,452		
03111-190416	SNUN-190416	03131-190416	SNGN-190416		1,6	3,288		
03111-190424	SNUN-190424	-	-		2,4	2,951		

Таблица 3

Припуски на обработку наружных цилиндрических поверхностей

Номинальный диаметр	Операция	Припуск, мм, на диаметр при расчётной длине, мм								
		До 25	25-63	63-100	100-160	160-250	250-400	400-630	630-1000	1000-1600
До 6	Точение черновое	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5	—	—	—
	Точение чистовое	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	—	—	—
6 - 10	Точение черновое	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5	—	—
	Точение чистовое	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	—
10 - 18	Точение черновое	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5	4,0	—	—
	Точение чистовое	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	—
18 - 30	Точение черновое	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	4,0	5,0	5,0
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5
30 - 50	Точение черновое	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5	4,5	5,0	5,5	6,0
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5
50 - 80	Точение черновое	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5	4,5	5,0	5,5	6,0
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5
80 - 120	Точение черновое	5,5	5,5	5,5	6,0	6,0	7,0	7,5	8,5	8,5
	Точение чистовое	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	3,0
120 - 200	Точение черновое	6,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,5	8,0	9,0	9,0
	Точение чистовое	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5

Таблица 4

Постоянная C_p , учитывающая свойства обрабатываемого материала и показатели степени x, y, n при продольном точении пластинами из твердого сплава для определения составляющей силы резания P_z

Обрабатываемый материал	C_p	x	y	n
Конструкционная сталь и стальные отливки, $\sigma_B = 750$ МПа	300	1	0,75	— 0,15
Сталь жаропрочная 12Х18Н9Т, НВ 141	204	1	0,75	0
Серый чугун, НВ 190	92	1	0,75	0
Ковкий чугун, НВ 150	81	1	0,75	0

Таблица 5

Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических

параметров режущей части инструмента на P_z при обработке стали
и чугуна твердосплавным материалом

Параметры		Поправочные коэффициенты	
Наименование	Величина	Обозначение	Величина
Главный угол в плане φ , °	30	$K_{\varphi p}$	1,08
	45		1,0
	60		0,94
	90		0,89
Передний угол γ , °	–15	$K_{\gamma p}$	1,25
	0		1,1
	10		1,0
Угол наклона главного лез- вия λ , °	–5	$K_{\lambda p}$	1,0
	0		
	5		
	15		
Радиус при вершине r , мм	0,5	K_{rp}	0,87
	1,0		0,93
	2,0		1,0
	3,0		1,04
	4,0		1,10

4 РАСЧЕТ ТОКАРНОГО ПРОХОДНОГО РЕЗЦА, ОСНАЩЕННОГО НАПАЙНОЙ ПЛАСТИНОЙ ИЗ ТВЕРДОГО СПЛАВА

Цель: выполнить расчет проходного резца, оснащенного напайной пластиной из твердого сплава.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: материалы, из которых изготовлены режущие части резцов, достоинства и недостатки резцов с напайной пластиной.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: проектирование токарного проходного резца, оснащенного напайной пластиной из твердого сплава.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыки проектирования токарного проходного резца с напайной пластиной.

Формируемые компетенции: ОПК-5, ПК-2, ПК-6.

Актуальность темы: Резцы для обработки металла с напайными пластинами, соответствующим различным стандартам, являются востребованными на токарных станках, в том числе и на станках с ЧПУ. Их применяют для обработки заготовок и деталей. Одним из достоинств таких компактных режущих инструментов является возможность заточки напайной пластины под оптимальные геометрические параметры.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для материала рабочей части резца особенно важна высокая твердость, превосходящая твердость обрабатываемого материала. Необходимо, чтобы эта твердость сохранялась даже при высоких температурах, возникающих в процессе резания. Кроме того, материал резца должен обладать достаточной вязкостью, чтобы избежать хрупкости и выкрашивания режущей кромки в ходе работы. Также материал должен быть устойчив к истиранию, вызванному трением стружки о переднюю поверхность резца и трением задней поверхности об обрабатываемую деталь [7].

Этим условиям соответствуют различные инструментальные материалы, такие как твердые сплавы, минералокерамика, быстрорежущие, легированные и углеродистые стали. В последнее время для некоторых работ также используются алмазы.

Режущая часть резцов – пластины – выпускаются трех основных марок: Т15К6; Т5К10; ВК-8.

Широко используются резцы с напаянными или приваренными пластинами из быстрорежущей стали или твердого сплава (рис. 4.1). Их стержни обычно имеют стандартные размеры и изготавливаются из обычных или качественных углеродистых сталей (например, Ст. 6, Ст. 7, 45 или 50). Для резцов, предназначенных для работы в тяжелых условиях, где увеличение сечения стержня для повышения прочности невозможно, используют углеродистые инструментальные стали У7, У8 или легированную сталь 40Х.



Рис. 4.1. Резец токарный проходной с напайной пластиной

Хотя современные методы напайки твердосплавных пластинок отличаются высоким качеством, иногда в процессе их изготовления возникают трещины, приводящие к последующему разрушению. В связи с этим, все чаще отдают предпочтение механическому креплению пластинок вместо напайки или приварки.

Пример. Провести расчеты и спроектировать токарный проходной резец, оснащенный напайной пластиной из твердого сплава, для выполнения операции обтачивания вала напроход (рис. 4.2). Материал заготовки сталь 45, предел прочности $\sigma_s = 750$ МПа. Поверхность – не обработанная. $D = 80$ мм, $d = 73$ мм, $l = 60$ мм.

1. Находим глубину резания t , мм, [3, с. 51–55]

$$t = \frac{D-d}{2} \quad (4.1)$$

$$t = \frac{80-73}{2} = 3,5 \text{ мм.}$$

2. По таблице 4.1 назначаем подачу $S = 0,5$ мм/об.

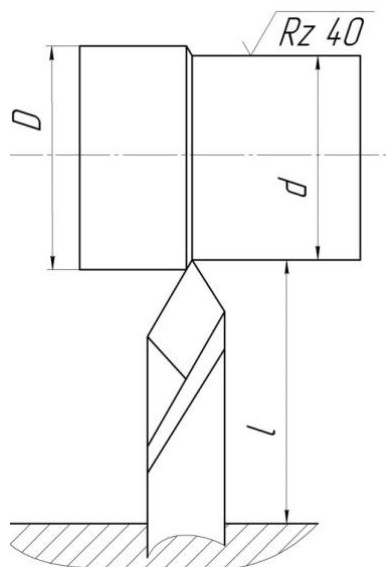


Рис. 4.2. Эскиз обработки

Таблица 4.1

Подачи при черновом наружном точении резцами с пластинами из твёрдого сплава и быстрорежущей стали

Диаметр детали, мм	Размер державки резца, мм	Обрабатываемый материал – сталь конструкционная углеродистая, легированная и жаропрочная				
		Подача s , мм/об при глубине резания t , мм				
		До 3	Св. 3 до 5	Св. 5 до 8	Св. 8 до 12	Св. 12
До 20	от 16×25 до 25×25	0,3-0,4				
Св. 20 до 40	от 16×25 до 25×25	0,4-0,5	0,3-0,4			
Св. 40 до 60	от 16×25 до 25×40	0,5-0,9	0,4-0,8	0,3-0,7		
Св. 60 до 100	от 16×25 до 25×40	0,6-1,2	0,5-1,1	0,5-0,9	0,4-0,8	
Св. 100 до 400	от 16×25 до 25×40	0,8-1,3	0,7-1,2	0,6-1	0,5-0,9	
Св. 400 до 500	от 20×30 до 40×60	1,1-1,4	1,0-1,3	0,7-1,2	0,6-1,2	0,4-1,1

Примечания: 1. Нижние значения подач соответствуют меньшим размерам державки резца и более прочным обрабатываемым материалам, верхние значения подач – большим значениям державки резца и менее прочным обрабатываемым материалам;

2. При работе с жаропрочными сталями и сплавами, подача не должна превышать 1 мм/об;

3. Если обрабатываемая поверхность прерывистая или при работе с ударами, табличные значения подач следует корректировать, умножая их на коэффициент от 0,75 до 0,85.

4. При обработке закалённых сталей, табличные значения подач следует уменьшать. Для сталей с твёрдостью HRC 44...56 умножайте на 0,8, а для сталей с HRC 57...62 – на 0,5.

2. Рассчитываем силу резания [3, с. 51–55]

$$P_z = 9,81 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p, \quad (4.2)$$

Постоянная C_p , учитывающая свойства обрабатываемого материала, и показатели степени x , y , n приведены в таблице 4 приложения к занятию 3. Поправочный коэффициент K_p учитывает фактические условия резания. При продольном точении стали ($\sigma_s = 750$ МПа) резцами, оснащёнными пластинками из твёрдых сплавов $C_p = 300$; $x = 1$; $y = 0,75$; $K_p = 0,9$ (таблица 4 приложения к занятию 3).

$$P_z = 9,81 \cdot 300 \cdot 3,5^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 0,9 = 5512,2 \text{ Н.}$$

4. Для изготовления корпуса резца выбираем углеродистую сталь 50 ($\sigma_s = 650$ МПа, допустимое напряжение на изгиб $\sigma_{и.д} = 200$ МПа). Материал напайной пластины Т15К6 с характеристиками: $\sigma_{и.} = 1150$ МПа, плотность $\rho = 11,6$ г/см³, твердость по HRA составляет не менее 90.0.

5. Определяем параметры поперечного сечения резца. При условии, что $h = 1,6b$, рис. 4.3, находим ширину b поперечного сечения державки резца, мм, [3, с. 51–55]

$$b = \sqrt[3]{\frac{6P_z \cdot l}{2,56 \cdot \sigma_{и.д}}} \quad (4.3)$$

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 5512,2 \cdot 60 \cdot 10^{-3}}{2,56 \cdot 200 \cdot 10^6}} = 0,0157 \text{ м.}$$

Принимаем ближайшее большее значение ширины $b = 16$ мм, тогда $h = 1,6 \cdot 16 = 25,6$ мм.

Принимаем $h = 25$ мм.

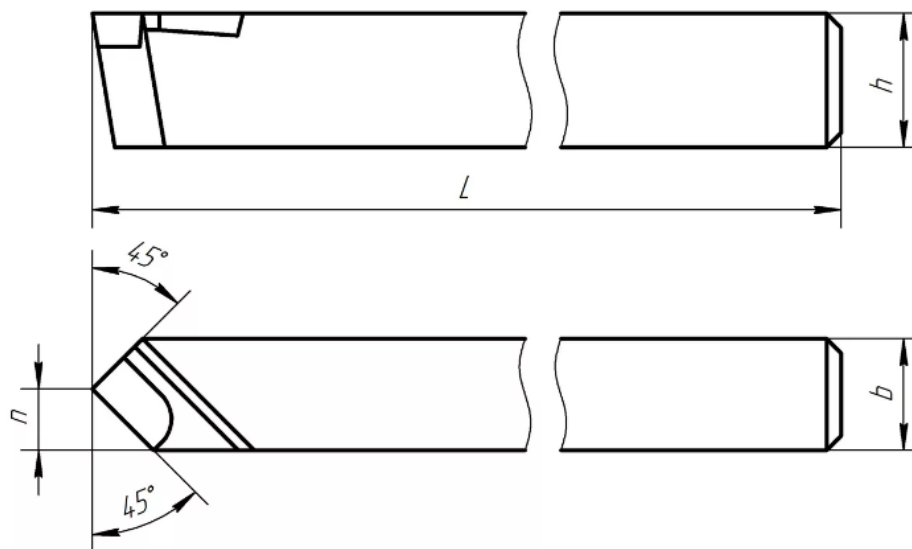


Рис. 4.3. Резец проходной с напайной пластиной

6. Для обеспечения долговечности и точности работы, корпус резца подвергается проверке на прочность и жёсткость.

Максимальная нагрузка, допускаемая прочностью резца $P_{z \text{ доп}}$, Н, [3, с. 51–55]

$$P_{z \text{ доп}} = \frac{b \cdot h^2 \cdot \sigma_{\text{и.д}}}{6l}, \quad (4.4)$$

$$P_{z \text{ доп}} = \frac{16 \cdot 10^{-3} \cdot (25 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 200 \cdot 10^6}{6 \cdot 60 \cdot 10^{-3}} = 5500 \text{ Н.}$$

Максимальная нагрузка, допускаемая жесткостью резца $P_{z \text{ жест}}$, Н, [3, с. 51–55]

$$P_{z \text{ жест}} = \frac{3f \cdot E \cdot J}{l^3}, \quad (4.5)$$

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12},$$

где $f = 0,1$ мм – допускаемая стрела прогиба резца при предварительном точении;

$E = 2 \cdot 10^5$ МПа – модуль Юнга материала резца;

J – осевой момент инерции прямоугольного сечения резца, мм⁴.

Прочность и жесткость резца достаточны при условии, что

$$P_z \leq P_{z \text{ доп}}; P_z \leq P_{z \text{ жест}}.$$

$$J = \frac{16 \cdot 25^3}{12} = 2,08 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4,$$

$$P_{z \text{ жест}} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 2,08 \cdot 10^{-8}}{(60 \cdot 10^{-3})^3} = 5770 \text{ Н},$$

$$5500 \text{ Н} < 5512,2 \text{ Н} < 5770 \text{ Н},$$

условие $P_z \leq P_{z \text{ доп}}$ не выполняется, сила резания превышает максимальную нагрузку, допускаемую прочностью резца.

Вывод. Резец недостаточно прочен и жесток. Требуется снизить подачу или увеличить размеры его сечения.

Принимаем $h = b = 25$ мм. Тогда $P_{z \text{ доп}} = 8680,5 \text{ Н}$. $P_{z \text{ жест}} = 9027,8 \text{ Н}$.

$$8680,5 \text{ Н} > 5512,2 \text{ Н} < 9027,8 \text{ Н}.$$

Резец спроектирован с запасом прочности и жесткости.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучите теорию, изложенную в работе.

2. Рассчитайте и спроектируйте токарный проходной резец, оснащенный напайной пластиной из твердого сплава, для выполнения операции обтачивания вала напроход (рис. 2), варианты задания в таблице 4.2.

3. Составьте отчет о проделанной работе.

Таблица 4.2

Варианты задания

Вариант	Обрабатываемый материал	D , мм	d , мм	l , мм
1	Сталь 45	30	26	40
2	Сталь жаропрочная 4X9C2	70	65	60
3	Сталь жаропрочная хромо-молибденованадиевая 12X1МФ	25	22	30
4	Сталь жаропрочная хромо-кремнистая X13H7C2	85	80	70
5	СЧ10	80	74	75
6	СЧ35	82	78	80
7	СЧ20	50	44	40
8	КЧ30	40	35	50
9	КЧ35	50	44	55
10	КЧ45	55	50	60

Литература: 3, 7.

5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ МНОГОГРАННЫХ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫХ ПЛАСТИН В КОРПУСАХ ИНСТРУМЕНТОВ

Цель: освоение принципов конструирования инструментов, использующих многогранные неперетачиваемые пластины (МНП).

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: преимущества и недостатки многогранных неперетачиваемых пластин.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: обосновать выбор формы пластины и рассчитать параметры паза под пластину в корпусе резца.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методикой выбора и расчета МНП в корпусах инструментов.

Формируемые компетенции: ОПК-5, ПК-2, ПК-6.

Актуальность темы: Необходимость определения оптимальных режимов токарной обработки обуславливает важность расчета геометрических параметров режущего инструмента. Широкое использование МНП предопределяет конструкции инструментов в основном с прогрессивными схемами резания. Геометрические параметры инструментов с МНП обеспечиваются как за счет параметров самой пластины, так и за счет наклонной установки пластины в корпусе инструмента.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Сменная пластина из твердого сплава (рис. 5.1) – это режущий элемент с заданной геометрией. Она может иметь отверстия и, для повышения износостойкости при высоких температурах и нагрузках, покрываться специальными составами. Чем больше режущих кромок у пластины, тем дольше срок ее службы, поскольку ее можно многократно переворачивать, используя каждую кромку поочередно [6, с. 79–83].



Рис. 5.1. Сменные многогранные неперетачиваемые пластины

Использование резцов, оснащенных сменными твердосплавными пластинами, позволяет оптимизировать процесс обработки за счет увеличения скорости резания и повышения стойкости инструмента. Данная технология (рис. 5.2) обеспечивает стабильность геометрических параметров обрабатываемой детали, минимизирует время простоя оборудования, связанное с заменой и переточкой режущего элемента, и расширяет спектр обрабатываемых материалов, включая высокопрочные сплавы.



Рис. 5.2. Резец со сменными многогранными пластинами

Преимущества сменных токарных пластин для металлообработки.

1. Высокая прочность и термостойкость: Пластины изготавливаются из современных материалов, таких как карбид вольфрама, кобальт и титан. Это обеспечивает им достаточную износостойкость и способность выдерживать температуры до $+1150^{\circ}\text{C}$ [6, с. 79–83].

2. Экономичность и долговечность оснастки. В отличие от цельных резцов, где при износе или поломке напайки приходится выбрасывать весь инструмент, в системах с механическим креплением пластин достаточно просто перевернуть пластину на другую режущую кромку. При полном износе всех кромок замена пластины происходит быстро и легко. Сам корпус резца при этом сохраняет свою работоспособность на протяжении длительного времени и устойчив к поломкам при бережном обращении. Аналогичный принцип применим и к сменным пластинам для корпусных сверл и фрез.

3. Функциональность. Вместо необходимости иметь большой запас цельных резцов, один и тот же корпус инструмента может использоваться с различными типами пластин. Это позволяет применять черновые, чистовые или специализированные пластины для обработки различных материалов, значительно расширяя функциональность одного держателя.

4. Единая форма и размеры пластин идеально подходят для работы на станках с числовым программным управлением (ЧПУ), обеспечивая точность и предсказуемость процессов.

5. Минимизация простоев оборудования. Замена изношенной пластины занимает всего несколько минут. Это существенно сокращает время простоя станка по сравнению с процессом переточки и подгонки напайки на цельных резцах, что положительно сказывается на общей производительности.

6. Широкий спектр применения. Сменные пластины доступны для различных видов режущего инструмента, включая токарные резцы, фрезы и корпусные сверла.

Недостатки сменных токарных пластин для металлообработки.

1. Иногда стоимость пластин может быть высокой, особенно если они оснащены вставками из нитрида бора или поликристаллического алмаза, предназначенными для работы с очень прочными материалами [6, с. 79–83].

2. Ассортимент и маркировка пластин иногда вызывают затруднения при их изучении.

Расчет параметров установки многогранных пластин (рис. 5.2) в корпусе инструмента не зависит от его типа (рис. 5.3). Для инструментов с пластинами без задних углов методика расчета представлена ниже [6, с. 79–83]:

1. Определение формы пластины, т.е. числа n ее граней;

2. Определение положения плоскости NN (рис. 5.4), расположенной под углом β относительно главной режущей кромки, в которой необходимо повернуть пластину на угол μ для получения заданных главного α и вспомогательного α_1 задних углов. Этих данных достаточно для изготовления паза под пластину у резцов.

Число граней пластины n [6, с. 79–83]

$$n = \frac{360^\circ}{\varphi + \varphi_1}, \quad (5.1)$$

где φ и φ_1 – заданные углы в плане в градусах.

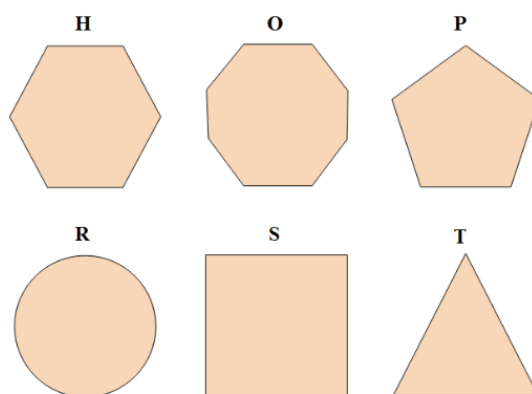


Рис. 5.3. Равносторонние равноугольные пластины: Н – шестиугольник; О – восьмиугольник; Р – пятиугольник; R – круг; S – квадрат; Т – треугольник

При дробном числе n его округляют до целого числа, изменяя угол φ_1 , который должен составлять $5 \dots 30^\circ$.

Новое значение угла φ_1 в градусах находят по формуле

$$\varphi_1 = \frac{360 - n \varphi}{n}. \quad (5.2)$$

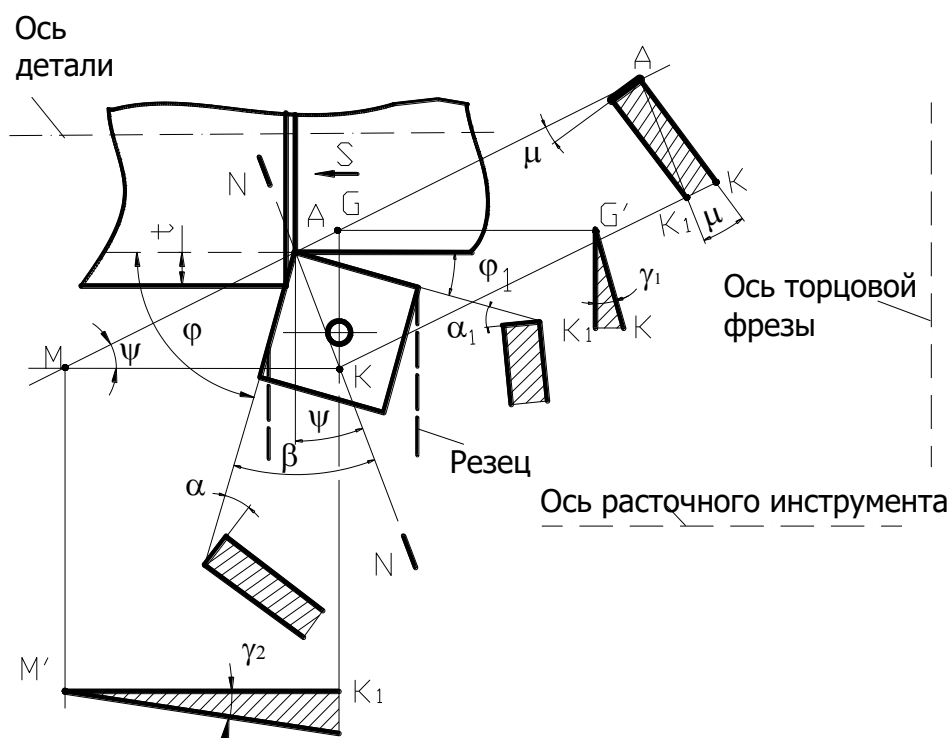


Рис. 5.4. Параметры расположения опорной поверхности паза под многогранную пластину в корпусе инструмента

Положение плоскости NN относительно главной режущей кромки определяется углом β

$$tg\beta = \frac{\sin \varepsilon \cdot tg\alpha}{tg\alpha_1 + tg\alpha \cdot \cos \varepsilon}, \quad (5.3)$$

где ε – угол при вершине пластины в градусах

$$\varepsilon = \frac{180^\circ \times (n - 2)}{n}.$$

Тангенс угла наклона пластины μ

$$tg\mu = tg\alpha / \sin \beta. \quad (5.4)$$

Знание углов β и μ необходимо для фрезерования паза под пластину в корпусе резца, однако вместо угла β удобнее пользоваться углом ψ между осью державки резца и плоскостью NN [6, с. 79–83]

$$\psi = \varphi + \beta - 90^\circ. \quad (5.5)$$

В результате поворота пластинки на угол μ режущая кромка получает наклон под углом λ , который можно подсчитать по формуле

$$tg\lambda = tg\mu \cdot \cos \beta. \quad (5.6)$$

В результате поворота несколько изменится угол ε , его действительное значение будет равно ε_0 , которое можно определить по формулам:

$$\begin{aligned} tg(\varepsilon_0 - \beta_0) &= tg(\varepsilon - \beta) \cos \mu; \\ tg \beta_0 &= tg \beta \cdot \cos \mu. \end{aligned} \quad (5.7)$$

Фактическое значение угла φ_1' будет

$$\varphi_1' = 180^\circ - (\varphi + \varepsilon_0). \quad (5.8)$$

Для фрезерования опорной плоскости под пластинку, державку резца закрепляют в поворотных тисках и ориентируют в горизонтальной плоскости на угол ψ , а в вертикальной – на угол μ .

Пример. Обосновать выбор формы пластины и рассчитать параметры паза под пластину в корпусе резца [6, с. 79–83]. Геометрические параметры резца: углы в плане $\varphi = 58^\circ$, $\varphi_1 = 14^\circ$; задние углы главный $\alpha = 10^\circ$, вспомогательный $\alpha_1 = 6^\circ$.

Решение.

1. Количество граней n у неперетачиваемой пластинки (5.1)

$$n = \frac{360^\circ}{58^\circ + 14^\circ} = 5.$$

2. Угол при вершине пятигранника

$$\varepsilon = \frac{180^\circ \times (n - 2)}{n},$$

$$\varepsilon = \frac{180^\circ \times (5 - 2)}{5} = 108^\circ.$$

3. Положение плоскости NN относительно главной режущей кромки определяется углом β (5.3)

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\sin 108^\circ \cdot \operatorname{tg} 10^\circ}{\operatorname{tg} 6^\circ + \operatorname{tg} 10^\circ \cdot \cos 108^\circ} = 3,3129; \quad \beta = 73^\circ 10'.$$

4. Угол поворота пластинки в плоскости NN (5.4)

$$tg\mu = \frac{tg10}{\sin 73^{\circ}10'} = \frac{0,1763}{0,0572} = 0,1845; \mu = 10^{\circ}25'.$$

5. В результате поворота пластинки угол наклона режущей кромки (5.6)

$$tg\lambda = tg10^{\circ}25' \cdot \cos 73^{\circ}10' = 0,1845 \cdot 0,2696 = 0,0535; \lambda = 3^{\circ}4'.$$

6. Угол наклона оси AA относительно направления подачи (5.5)

$$\psi = 73^{\circ}10' + 58^{\circ} - 90^{\circ} = 41^{\circ}10',$$

7. Угол ε_0 при вершине резца (5.7)

$$tg(\varepsilon_0 - \beta_0) = tg(\varepsilon - \beta) \cdot \cos \mu = tg(108^{\circ} - 73^{\circ}10') \cdot \cos 10^{\circ}25' = 0,684;$$

$$\varepsilon_0 - \beta_0 = 34^{\circ}20',$$

где угол β_0 находим из уравнения (5.7)

$$tg\beta_0 = tg73^{\circ}10' \cdot \cos 10^{\circ}25' = 3,31 \cdot 0,9835 = 3,26,$$

$$\beta_0 = 72^{\circ}55'.$$

$$\varepsilon_0 = 34^{\circ}20' + 72^{\circ}55' = 107^{\circ}15'.$$

7. Действительное значение вспомогательного угла в плане (5.8)

$$\varphi_1' = 180^{\circ} - (58^{\circ} + 107^{\circ}15') = 14^{\circ}45'.$$

$$\varphi'_1 = 14^0 45'.$$

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучите теорию, изложенную в работе.

2. Обоснуйте выбор формы неперетачиваемой пластинки твердого сплава и рассчитайте параметры паза под пластину в корпусе резца. В таблице 5.1 представлены геометрические характеристики резца.

Графическая часть задания содержит схему, иллюстрирующую расчет углов установки пластинки.

3. Какие условия обработки необходимо учитывать, чтобы получить многогранную пластинку нужной формы?

4. Ответьте на вопросы, составьте отчет о работе.

Таблица 5.1

Варианты задания

№ п/п	Проходные резцы				№ п/п	Минимальный диаметр обрабатываемого отверстия	Расточные резцы			
	φ	φ_1	α	α_1			φ	φ_1	α	α_1
1	90	10	15	6	11	60	80	20	10	4
2	80	20	10	5	12	80	88	12	10	6
3	50	40	12	4	13	65	65	35	12	4
4	45	45	10	6	14	68	45	45	15	4
5	58	14	8	8	15	70	60	30	10	5
6	62	10	10	5	16	62	56	16	12	5
7	56	18	10	8	17	60	58	14	10	6
8	48	12	10	6	18	68	58	14	14	5
9	46	14	14	4	19	64	45	15	12	6
10	44	16	10	5	20	70	50	10	10	5

Литература: 6.

6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КРУГЛОГО ФАСОННОГО РЕЗЦА

Цель: освоить методику определения ключевых геометрических характеристик фасонных резцов.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: назначение и область применения фасонных резцов.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определять основные геометрические параметры фасонного резца.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методами расчета геометрических параметров фасонных резцов.

Формируемые компетенции: ОПК-5, ПК-2, ПК-6.

Актуальность темы: Фасонные резцы – это однолезвийные инструменты, предназначенные для формирования сложных профилей на деталях вращения [7, с. 50]. Ключевым преимуществом фасонных резцов является обеспечение высокой точности и повторяемости формы детали, поскольку геометрия профиля определяется формой режущей кромки инструмента. Благодаря одновременной обработке всего профиля, фасонные резцы позволяют достичь высокой производительности при обработке заготовок. Они находят широкое применение в крупносерийном и массовом производстве на токарных, револьверных станках, а также на автоматическом и полуавтоматическом оборудовании.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Фасонные резцы бывают стержневыми (рис. 6.1), призматическими (рис. 6.2) и круглыми (рис. 6.3). Наиболее часто применяются призматические и круглые типы [11, с. 4–7]. Круглые резцы подходят для обработки как наружных, так и внутренних поверхностей, тогда как призматические используются исключительно для наружных. Круглые фасонные резцы проще в изготовлении и допускают большее число переточек, чем призматические. Однако призматические резцы обеспечивают более высокую точность и надежность фиксации.

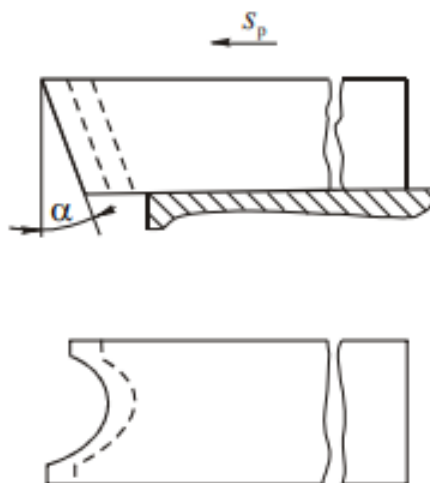


Рис. 6.1. Стержневой фасонный резец

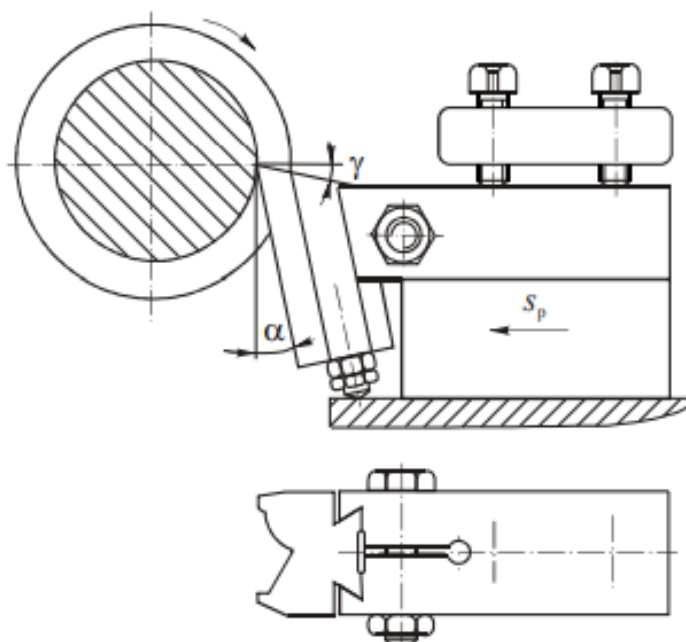


Рис. 6.2. Призматический фасонный резец

Фасонные резцы, в зависимости от направления их подачи при обработке, делятся на два типа: радиальные и тангенциальные. При работе *радиальных резцов* обеспечивается поперечная подача по радиусу заготовки. Тангенциальные резцы, наоборот, подаются касательно к обрабатываемой поверхности. При проектировании фасонного резца решается задача его профилирования. Спрофилировать фасонный резец – это значит определить его профиль в плоскости

нормальной к его задней поверхности по известному осевому профилю детали [11, с. 4–7].

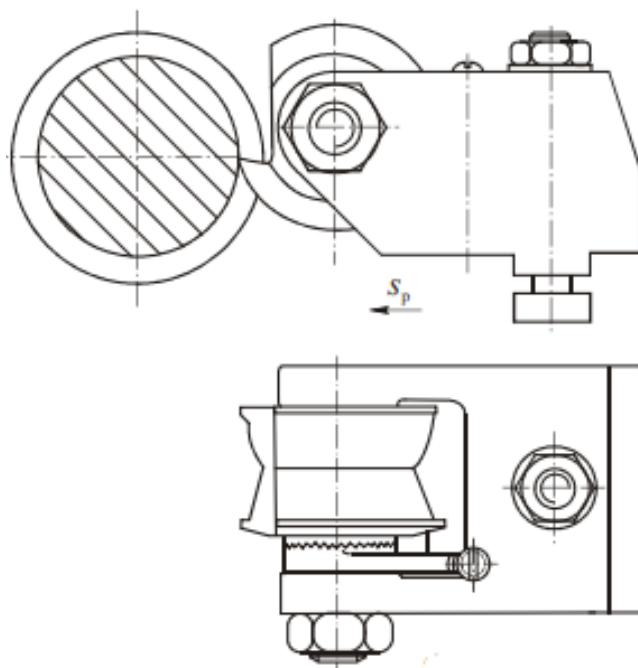


Рис. 6.3. Круглый фасонный резец

Определение наружного диаметра резца и диаметра отверстия под оправку. Схема для расчёта минимально допустимого наружного радиуса r_a круглого фасонного резца по зависимости (6.1) показана на рисунке 6.4 [11, с. 4–7].

$$r_a \approx t + e + f + 0,5d_0, \quad (6.1)$$

где $t = r_{max} - r_{min}$ – глубина профиля детали определяется как разница между ее наибольшим и наименьшим диаметрами, мм;

e – расстояние по передней поверхности, необходимое для образования и завивания стружки: $e = 3 \dots 10$ мм;

f – толщина стенки, мм, $f = 0,2 \cdot r_a$;

d_0 – диаметр посадочного отверстия,

$$d_0 = 0,3 \cdot d_a = 0,6 \cdot r_a,$$

где d_a – наружный диаметр резца.

После подстановки f и d_0 в формулу (6.1) получим [11, с. 4–7]

$$r_a = 2 \cdot (t + e) \text{ или } d_{a \text{ предв.}} = 4 \cdot (t + e). \quad (6.2)$$

Стандартные значения d_a и d_0 можно назначить по таблице 6.1 или по глубине профиля t , или по расчетному значению d_0 (формулы (6.4) и (6.5)).

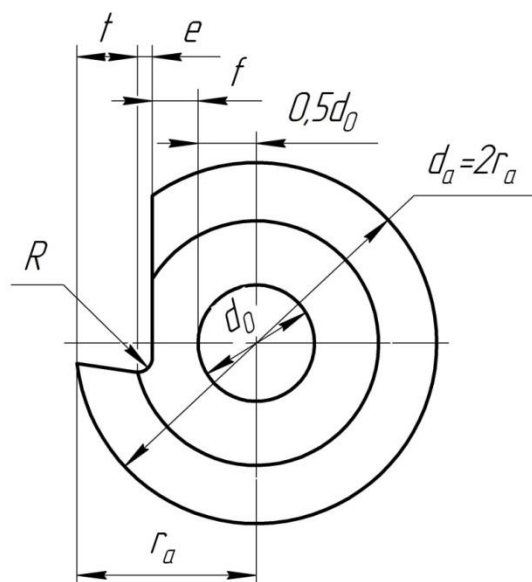


Рис. 6.4. Схема, иллюстрирующая расчет наружного диаметра круглого фасонного резца

Таблица 6.1

Определение наружного диаметра и диаметра посадочного
отверстия круглого фасонного резца

t , мм	d_a , мм	d_0 , мм	$(t + e)$, мм	e , мм	R , мм
5	40	13	8	3	1
6	50	16	10	4	1
8	60	16	12	4	2
11	75	22	16	5	2
14	90	27	20	6	2

18	100	32	24	6	2
25	125	40	31	6	3

Прочность оправки определяем исходя из диаметра посадочного отверстия.

Резцы могут крепиться как с одной, так и с двух сторон. Для резцов, ширина которых по оси детали не превышает 30 мм, используется одностороннее крепление. В этом случае со стороны отрезки детали в резце делают выточку под головку оправки диаметром $d_6 = 1,4 \cdot d_0 + 1$ длиной $l_6 = 5 \dots 8$ мм. Резцы шириной более 30 мм требуют двухстороннего крепления, обеспечиваемого двумя опорами на оправке.

Ключевым этапом в проверке прочности оправки является расчет силы резания P_z , Н, по формуле [11, с. 4–7]

$$P_z = p_{уд} \cdot l'_и, \quad (6.3)$$

где $p_{уд}$ – сила резания, приходящаяся на единицу длины режущей кромки резца при обработке стали 45 (40Х) (табл. 6.2), Н/мм;

$l'_и$ – проекция длины режущей кромки на ось резца, мм.

При обработке материалов, отличных от стали 45 (40Х), для корректного расчета $p_{уд}$ следует умножить на коэффициент k . Он определяется как отношение допустимого напряжения на растяжение обрабатываемого материала к соответствующему показателю стали 45 (40Х).

Таблица 6.2

Удельная сила резания заготовок из конструкционной стали

Подача S , мм/об	Удельная сила резания $p_{уд}$, Н/мм
0,03	150
0,04	190
0,05	220
0,06 (рекомендуется при расчете)	260

0,08	320
0,09	350
0,10	380

При одностороннем креплении резца прочность оправки определяется как для консольной балки. В случае двухстороннего крепления используется модель двухопорной балки. Для изготовления таких оправок чаще всего используют стали 45 или 40Х, для которых допустимое напряжение на изгиб составляет 160...200 МПа.

Диаметр посадочного отверстия фасонного резца d_0 [11, с. 4–7] для одностороннего закрепления

$$d_o = 0,6 \cdot L_d^{0,33} \cdot P_z^{0,38}, \quad (6.4)$$

для двухстороннего закрепления резца

$$d_o = 0,78 \cdot L_d^{0,33} \cdot P_z^{0,25} \quad (6.5)$$

где L_d – длина детали, мм.

После вычислений по формулам (4) и (5) подбираем стандартное значение d_0 по таблице 6.1.

Таблица 6.3 содержит ориентировочные значения углов в базовой точке заднего α_1 и переднего γ_1 у фасонных резцов, изготовленных из быстрорежущей стали P5M5 согласно ГОСТ 19265-73. Эти значения зависят от обрабатываемого материала и назначаются для базовой точки резца.

Таблица 6.3

Значение геометрических параметров фасонного резца

Обрабатываемый материал	Механические свойства		Значение углов (в базовой точке)	
	σ_s , МПа	НВ	γ_1 , градус	α_1 , градус
Медь, алюминий	—	—	20...25	призматических резцов
Бронза, свинцовистая латунь	—	—	0...5	

Сталь	до 500	до 150	25	12...15°, круглых рез- цов –10...12°
	500...800	150...235	20...25	
	800...1000	235...290	12...20	
	1000...1200	290...350	8...12	
Чугун ковкий		до 150	15	
Чугун серый		150...200	12	
Чугун антифрик- ционный		200...250	8	

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучите теорию, изложенную в работе.
2. По заданному варианту (табл. 6.4, рис. 6.5) определите геометрические параметры фасонного резца.
3. Что такое фасонный резец? В каких случаях применяют фасонные резцы?
4. Виды фасонных резцов.
5. Ответьте на вопросы, составьте отчет о работе.

Таблица 6.4

Варианты зданий

Вариант	d_1 , мм	d_2 , мм	d_3 , мм	d_4 , мм	l_1 , мм	l_2 , мм	l_3 , мм	Материал заготовки	σ_s , МПа
1	50	45	45	30	10	20	40	сталь 30ХГС	1100
2	60	50	45	40	15	15	40	сталь 20	450
3	40	30	25	20	10	10	30	сталь 3	350
4	30	25	25	20	10	10	35	сталь 20Х	690
5	20	15	14	10	5	5	15	сталь 45	660
6	70	60	55	40	15	10	40	сталь 35	740
7	70	50	60	55	20	20	60	сталь А30	540
8	55	50	50	40	20	15	50	сталь 40	780
9	15	10	10	5	5	5	20	сталь 30ХМА	1000
10	65	60	60	50	10	15	50	сталь А40Г	590

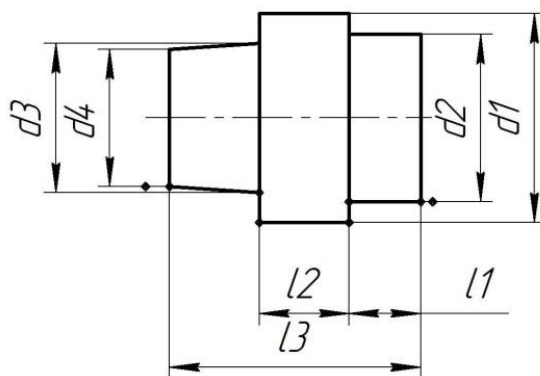


Рис. 6.5. Эскиз детали для профилирования резца

Литература: 7, 11.

7 ПРОФИЛИРОВАНИЕ КРУГЛОГО ФАСОННОГО РЕЗЦА С БОКОВЫМ НАКЛОНОМ ПЕРЕДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Цель: освоить методику профилирования круглых фасонных резцов с боковым наклоном передней поверхности.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методы графического профилирования фасонных резцов.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определять профиль фасонного резца в осевом сечении, исходя из профиля обрабатываемой детали.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: практические навыки применения методики профилирования фасонных резцов.

Формируемые компетенции: ОПК-5, ПК-2, ПК-6.

Актуальность темы: Профилирование круглого фасонного резца (КФР) заключается в определении его формы в сечении, перпендикулярном задней поверхности (осевом сечении), на основе заданного профиля обрабатываемой детали. Знание этого профиля необходимо для изготовления самого резца и для

проверки его точности с помощью шаблона или универсального измерительного средства.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Существуют два основных метода профилирования КФР: графический и аналитический.

Графическое профилирование КФР. Для демонстрации графического профилирования КФР рассмотрим пример фасонной детали тела вращения. Эта деталь включает конический участок, который необходимо изготовить с минимальной погрешностью формы (рис. 7.1).

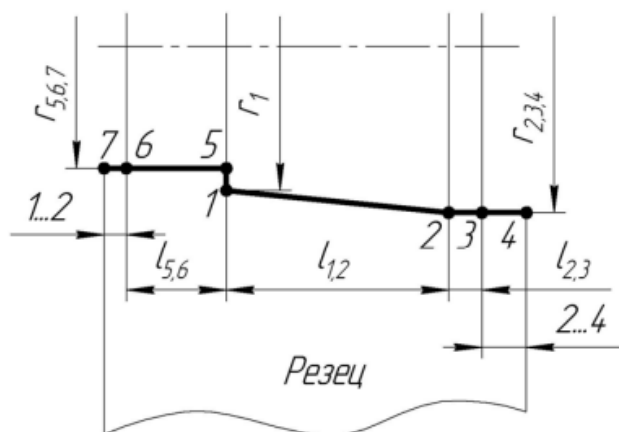


Рис. 7.1. Схема обработки детали фасонным резцом

В данной ситуации требуется применение КФР с боковым наклоном передней поверхности ($\lambda \neq 0$). После этого осуществляются следующие шаги [11, с. 7–13]:

1. При определении ширины КФР учитывается величина перекрытия обработки, необходимая для обеспечения качественного изготовления фасонной детали на прутковом токарном полуавтомате. Со стороны торца прутка, служащего заготовкой, предусматривается перекрытие в диапазоне 1...2 мм для компенсации возможных погрешностей перпендикулярности торца относи-

тельно оси детали. Со стороны отрезки детали отрезным резцом необходимо перекрытие в диапазоне 2...5 мм для обеспечения отрезки детали от прутка.

2. Обозначаем характерные точки на профиле детали (точки 1, 2, 3, 5, 6), выбирая в качестве базовой точку 1, расположенную на меньшем диаметре конуса, и учитываем крайние точки профиля КФР (точки 4 и 7).

3. В соответствии с требуемой точностью профилирования выбираем масштаб и изображаем деталь в двух проекциях (рис. 7.2). На чертеже также отображаем точки 4 и 7, которые обозначают области перекрытия обработки. Для точек профиля детали, находящихся на прямых отрезках (точки 3 и 6), нет необходимости в их самостоятельном профилировании. Это связано с тем, что их форма уже будет задана профилированием граничных точек соответствующих прямых отрезков (точки 2 и 4 для точки 3; точки 5 и 7 для точки 6).

4. Рассчитываем превышение оси КФР над осью детали

$$h = R_1 \cdot \sin \alpha_1, \quad (7.1)$$

где R_1 – радиус наружной поверхности КФР в базовой точке 1, $R_1 = r_a$ (наружный радиус резца).

α_1 – задний угол в базовой точке 1 детали (см. табл. 6.3 занятия 6).

Используя известные значения h и R_1 с помощью циркуля и линейки находим центр КФР точку O_n и дорисовываем контур КФР.

5. Пользуясь методами начертательной геометрии, находим точки 1", 2", 4", 5", 7" пересечения передней поверхности КФР с характерными окружностями (окружности, проходящие через характерные точки 1, 2, 4, 5, 7). При $\lambda \neq 0$ т. 1" и 2" лежат на образующей конуса, а остальные т. 4", 5" и 7" находят с помощью дополнительных построений. Например, для нахождения точки 4" необходимо продлить образующую конуса до пересечения с плоскостью характерной окружности точки 4 – получим точку 4'.

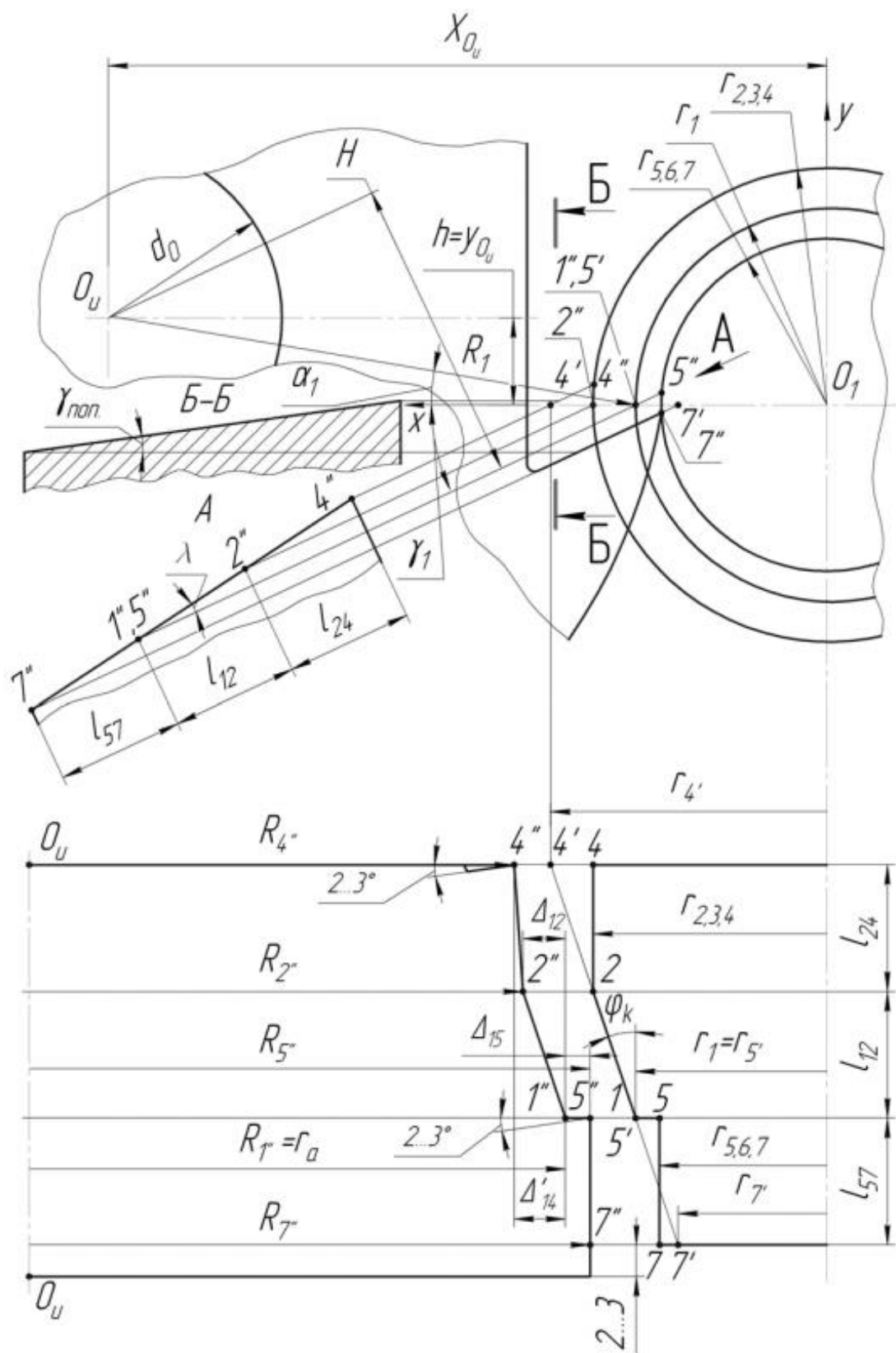


Рис. 7.2. Графическое профилирование круглого фасонного резца (КФР):

$Da = 2r_a$ – фактический наружный диаметр КФР (при $\lambda \neq 0$ допускается отклонение величины Da от стандартного значения)

Используя методы начертательной геометрии, определяем точки 1", 2", 4", 5", 7" – точки пересечения передней поверхности КФР с окружностями, проходящими через характерные точки 1, 2, 4, 5, 7. При условии $\lambda \neq 0$, точки 1" и 2" находятся непосредственно на образующей конуса. Определение положения точек 4", 5" и 7" требует дополнительных построений. Например, для нахождения точки 4" необходимо построить линию, являющуюся продолжением образующей конуса, до ее пересечения с плоскостью, в которой лежит окружность, соответствующая точке 4. Полученная точка пересечения 4' используется для определения положения 4".

Находим проекцию точки 4' на другой проекции детали и проводим через нее линию под углом γ_1 до пересечения с характерной окружности т. 4 – это и будет искомая т. 4". Аналогично выполняют построения для других точек 5" и 7". Соединив прямыми отрезками точки 1", 2", 4", 5" и 7", получаем соответствующую проекцию профиля КФР.

6. Проверяем достаточность величины заднего угла α_1 для всех спрофилированных точек: все точки должны располагаться ниже линии центров $O_и$ и O_1 . Если это условие не выполняется, придется либо отказываться от профилирования всей детали одним КФР, либо увеличивать значение α_1 в базовой точке.

7. Угол λ определяется на виде А (рис. 7.2).

8. Расстояния от центра $O_и$ КФР до точек 1", 2", 4", 5" и 7" являются радиусами КФР, соответствующими характерным точкам 1, 2, 4, 5 и 7. Откладывая эти радиусы от оси КФР в его осевом сечении на соответствующих осевых расстояниях друг от друга, получим спрофилированные точки КФР. Соединяем спрофилированные точки прямыми отрезками, получаем искомый профиль резца в нормальном сечении. На участках профиля КФР, перпендикулярных его оси, (за исключением участков, не участвующих в резании) следует выполнять поднутрения 2...3°. Со стороны острых кромок рекомендуется предусмотреть цилиндрический участок длиной 2...3 мм для усиления кромки.

9. Графически с учетом масштаба определяем перепады между спрофилированными точками и проставляем их на рабочем чертеже КФР.

Аналитическое профилирование КФР.

1. Вводим систему координат YO_1X с центром на оси детали (рис. 7.2). Координаты центра КФР точки $O_{\text{и}}$ будут [11, с. 7–13]:

$$y_{O_{\text{и}}} = h = R_1 \cdot \sin \alpha_1, \quad (7.2)$$

$$X_{O_{\text{и}}} = R_1 \cdot \cos \alpha_1 + r_1. \quad (7.3)$$

2. Определяем координаты точек 1", 2", 4", 5" и 7".

$$\text{Для точки 1": } y_1'' = 0; x_1'' = r_1. \quad (7.4)$$

$$\text{Для точки 2": } y_2'' = 0; x_2'' = r_2.$$

Для точки 4": y_4'' и x_4'' находим как решение системы из двух уравнений: одно – уравнение прямой, проходящей через точку 4' под углом γ_1 к оси X ; второе – уравнение окружности детали, проходящей через точку 4.

$$\begin{cases} y = -tg\gamma_1 \cdot x_1 + r_4' \cdot tg\gamma_1 \\ y^2 + x^2 = r_4'^2 \end{cases}$$

где

$$r_4' = r_2 + l_{24} \cdot tg\varphi_k,$$

$$tg\varphi_k = \frac{r_2 - r_1}{l_{12}}.$$

Система уравнений решается следующим образом:

$$x_4'' = r_4' \cdot \sin^2 \gamma_1 + \sqrt{(r_4' \cdot \sin^2 \gamma_1)^2 - r_4'^2 \cdot \sin^2 \gamma_1 + r_4'^2 \cdot \cos^2 \gamma_1}, \quad (7.5)$$

$$y_4'' = \mp \sqrt{r_4^2 - x_4''^2}. \quad (7.6)$$

Знак «+» при $r_4' \geq r_4$ и «-» при $r_4' < r_4$.

Для точек 5" и 7" координаты y_5'' , x_5'' и y_7'' , x_7'' находим аналогично точке 4" с соответствующей заменой в формуле r_4' на r_5' и r_7' , а r_4 на r_5 и r_7 .

Радиусы КФР определяем как расстояние между центром КФР т. O_n и точками 1", 2", 4", 5", 7". Радиус КФР до точки 1" R_1'' является радиусом наружной поверхности КФР, т.е. $R_1'' = R_1 = r_a$.

Радиус КФР до точки 2" находим по формуле

$$R_2' = \sqrt{(y_{O_n} - y_2'')^2 + (x_{O_n} - x_2'')^2}. \quad (7.7)$$

3. Радиусы КФР до остальных точек 4", 5", 7" КФР определяем аналогично т. 2". С соответствующей заменой в формуле y_2'' и x_2'' на координаты точек 4", 5" и 7" получаем R_4'' , R_5'' , R_7'' .

4. По найденным радиусам КФР R_1'' , R_2'' , R_4'' , R_5'' , R_7'' рассчитываем соответствующие перепады профиля резца:

$$\Delta_{12} = R_2'' - R_1'', \quad (7.8)$$

$$\Delta_{14} = R_4'' - R_1'',$$

$$\Delta_{15} = R_5'' - R_1'',$$

$$\Delta_{17} = R_7'' - R_1''.$$

Перепады могут быть представлены в виде углового размера

$$\Delta\varphi_{12} = \arctg \left[\frac{\Delta_{12}}{l_{12}} \right]. \quad (7.9)$$

где l_{12} – проекция расстояния между точками 1" и 2" на ось КФР.

Аналогично могут быть определены углы остальных перепадов $\Delta\varphi_{14}$, $\Delta\varphi_{15}$, $\Delta\varphi_{17}$.

5. Рассчитываем задние и передние углы в плоскости вращения детали (в плоскости рис. 7.2).

Для точки 1": углы α_1'' и γ_1'' заданы: $\alpha_1'' = \alpha_1$, $\gamma_1'' = \gamma_1$.

Для точки 2":

$$\alpha_2'' = \arctg \left[\frac{y_{0и} - y_2''}{x_{0и} - x_2''} \right] - \arctg \left[\frac{y_2''}{x_2''} \right]. \quad (7.10)$$

$$\gamma_2'' = \gamma_1 + \arctg \left[\frac{y_2''}{x_2''} \right]. \quad (7.11)$$

Для остальных точек 4", 5" и 7" значения углов рассчитываются аналогично т. 2" с соответствующей заменой в формуле координат y_2'' и x_2'' на координаты точек 4", 5" и 7".

6. Рассчитываем значения задних и передних углов в нормальном сечении (перпендикулярном проекции режущей кромки на основную плоскость), от величины которых зависит стойкость резца

$$\alpha_{ni}'' = \arctg [tg\alpha_i'' \cdot \sin\varphi_i''], \quad (7.12)$$

$$\gamma_{ni}'' = \arctg [tg\gamma_i'' \cdot \sin\varphi_i''], \quad (7.13)$$

где α_i'' и γ_i'' – соответственно задний и передний углы в i'' -й точке профиля КФР в плоскости вращения детали;

α_{ni}'' и γ_{ni}'' – соответственно задний и передний углы в i'' -й точке профиля КФР в нормальном сечении;

φ_i'' – угол в плане (угол между касательной к профилю резца и направлением подачи) в i'' -й точке профиля КФР.

Значение φ_i'' определяем по формуле

$$\varphi_i'' = \arctg \left[\frac{l_i''}{|R_i'' - R|} \right], \quad (7.14)$$

где l_i'' – проекция расстояния между двумя соседними точками профиля КФР, одна из которых i'' -я, на ось КФР;

R_i'' – радиус КФР до точки i'' ;

R – радиус КФР до соседней к i'' -й точке.

При $|R_i'' - R| = 0$ $\varphi_i'' = 90^\circ$.

Чтобы обеспечить процесс резания, требуется, чтобы $\alpha_{ni}'' > 3^\circ$ и $\gamma_{ni}'' > 0^\circ$. Если эти условия не выполняются, необходимо либо принимать большие значения α_i и γ_i либо отказаться от обработки детали одним фасонным резцом.

7. Угол бокового наклона передней поверхности λ (см. вид А на рис. 7.2) и передний угол в поперечной плоскости $\gamma_{\text{поп}}$ (см. сечение Б-Б на рис. 7.2):

$$\gamma = \arctg[tg\varphi_k \cdot \sin\gamma_1], \quad (7.15)$$

$$\gamma_{\text{поп}} = \arctg[tg\varphi_k \cdot tg\gamma_1]. \quad (7.16)$$

Особенности профилирования круглого фасонного резца без бокового наклона передней поверхности ($\lambda=0$).

Профилирование КФР с $\lambda=0$ проводится в основном аналогично профилированию КФР с $\lambda \neq 0$. Особенности профилирования (как графического, так и аналитического) следующие [11, с. 7–13]:

1. В качестве базы для детали выбирают характерную точку на её меньшем диаметре.

2. Проекции всех точек пересечения характерных окружностей детали с передней поверхностью КФР (точки 1'', 2'', 4'', 5'', 7'') на плоскость, перпендикулярную оси КФР, лежат на одной прямой, проходящей через точку 1 под углом γ_1 к оси X.

Для точек 2", 4", 5", 7" не нужны дополнительные построения. Их проекции на плоскость, перпендикулярную оси КФР, определяются как точки пересечения характерных окружностей и прямой, проходящей через точку 1 под углом γ_1 к оси X.

При аналитическом профилировании координаты точек 2", 4", 5", 7" находят по формулам, например для точки 2":

$$x_2'' = r_1 \cdot \sin^2 \gamma_1 + \sqrt{(r_1 \cdot \sin^2 \gamma_1)^2 - r_1^2 \cdot \sin^2 \gamma_1 + r_2^2 \cdot \cos^2 \gamma_1}, \quad (7.17)$$

$$y_2'' = -\sqrt{r_2^2 - x_2''^2}. \quad (7.18)$$

Для остальных точек 4", 5", 7" координаты x_i'' и y_i'' находят аналогично точке 2" с заменой в приведенной формуле радиуса r_2 на радиус соответствующей характерной точки профиля детали r_i .

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучите теорию, изложенную в работе.
2. Выполните графическое и аналитическое профилирование круглого фасонного резца для детали, показанной на рисунке 5 практической работы 6 по формулам (7.1)...(7.18). Варианты задания представлены в таблице 6.4 занятия 6.
3. Составьте отчет о работе.

Литература: 11.

8 ПРОЕКТИРОВАНИЕ КРУГЛЫХ ПРОТЯЖЕК

Цель: Изучить принципы и методы проектирования круглых протяжек.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: геометрические характеристики и конструктивные особенности круглых протяжек.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: рассчитывать геометрические параметры режущей и калибрующей частей протяжки, а также определять ее конструктивные элементы.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методами выбора оптимальных передних и задних углов протяжки, а также навыками ее проектирования и проведения прочностных расчетов.

Формируемые компетенции: ОПК-5, ПК-2, ПК-6.

Актуальность темы: Протяжки – это эффективные многозубые инструменты, широко используемые в серийном и массовом производстве. Их особенность заключается в том, что каждый последующий зуб немного выступает над предыдущим (по высоте или ширине), что позволяет равномерно снимать припуск материала. Инструменты для обработки внутренних поверхностей, таких как цилиндрические, шлицевые или многогранные отверстия, называются внутренними протяжками. Для обработки наружных поверхностей с открытым контуром применяются наружные протяжки. Поскольку протяжки для обработки круглых отверстий составляют до 60% всех внутренних протяжек, данная работа посвящена основам их проектирования.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Круглая протяжка (рис. 8.1) – это многолезвийный инструмент с рядом последовательно выступающих одно над другим лезвий в направлении, перпендикулярном к направлению скорости главного движения, предназначенный для обработки при поступательном главном движении лезвия и отсутствии движения подачи (ГОСТ 25751-83).



Рис. 8.1. Круглая протяжка

Геометрические характеристики режущего лезвия круглой протяжки инвариантны относительно выбора системы координат (инструментальной, статической, кинематической). Протяжки применяются для чистовой обработки цилиндрических отверстий в диапазоне диаметров от 6 до 100 мм и более на протяжных станках с горизонтальной или вертикальной компоновкой. Оптимальные скорости резания для круглых протяжек находятся в диапазоне 6...10 м/мин. Использование круглых протяжек позволяет достичь высокой производительности, точности и шероховатости обработанной поверхности, а также обеспечивает длительный срок службы инструмента.

Ключевыми факторами, обеспечивающими высокую производительность обработки, являются:

- значительная суммарная длина режущих кромок, работающих одновременно;
- возможность проведения всех этапов обработки – от черновой до окончательной – за один ход работы протяжки.

Достижение высокого качества поверхности детали после обработки протяжкой обусловлено несколькими ключевыми факторами:

- обработка за один установ заготовки с последовательным использованием черновых, чистовых и калибрующих зубьев, точно выровненных относительно оси протяжки;
- высокая точность изготовления и жесткость самой протяжки, особенно в части режущих и калибрующих зубьев;
- небольшая толщина снимаемого каждым зубом слоя материала;

- умеренная скорость резания;
- точность исходного отверстия, определяющая положение протягиваемого отверстия, поскольку заготовка самоустанавливается по нему.

Круглые протяжки – это специализированные режущие инструменты, разработанные для обработки множества деталей с идентичными протягиваемыми отверстиями. Их высокая стоимость делает их экономически целесообразными преимущественно для массового и крупносерийного производства, а также для мелкосерийного производства, когда требуется обработка различных деталей, но с одинаковыми по форме и размеру протягиваемыми отверстиями. Конструктивные элементы протяжки показаны на рисунке 8.2, геометрические параметры зубьев протяжки – на рисунке 8.3.

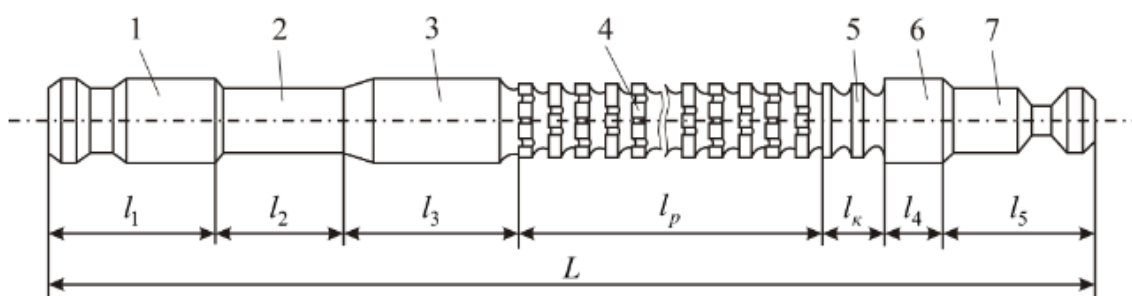


Рис. 8.2. Конструктивные элементы протяжки для обработки отверстий: 1 – хвостовик; 2 – шейка; 3 – передняя направляющая; 4 – режущая часть; 5 – калибрующая часть; 6 – задняя направляющая; 7 – задний хвостовик (задняя замковая часть)

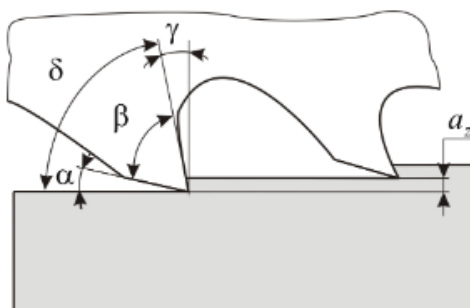


Рис. 8.3. Геометрические параметры зубьев протяжки: γ – передний угол; α – задний угол; β – угол заострения; δ – угол резания; a_z – толщина среза или подача на зуб

Для проектирования протяжки следует руководствоваться исходными данными, представленными в задании к занятию. Исходные данные следует представить в виде таблицы 8.1.

Таблица 8.1

Исходные данные к занятию

Наименование параметра		Обозначение	Единица измерения	Значение параметра
Диаметр отверстия	под протягивание	D_o	мм	
	после протягивания	D	мм	
Предельное отклонение диаметра D	верхнее	ES	мм	
	нижнее	EI	мм	
Длина протягивания		L_o	мм	
Обрабатываемый материал	марка			
	предел прочности	σ_B	МПа	

Определение геометрических параметров режущей части протяжки.

1. Устанавливаем передний и задний углы протяжки [9]. Задний угол режущих зубьев должен составлять $\alpha_{ro} = 2...3^\circ$. Передний угол γ_{ro} выбирается согласно таблице 8.2, исходя из типа обрабатываемого материала.

2. Определяем припуск под протягивание A , мм, [9]

$$A = (D_{max} - D_o)/2, \quad (8.1)$$

где D_{max} – наибольший предельный размер готового отверстия, мм.

Таблица 8.2

Передние углы протяжек

Обрабатываемый материал	σ_B , МПа	γ_{ro} , °
Алюминий, медь		12...15

Сталь	до 600	15...18
	св. 600 до 800	12...15
	св. 800	10...12
Чугун	до 250	8...10
	св. 250	5...8
Бронза, латунь		0...5

3. Рассчитываем шаг режущих зубьев t , мм, по эмпирической формуле (8.2) [9]

$$t = (1,25 \dots 1,5) \cdot \sqrt{L_o} . \quad (8.2)$$

Выбираем шаг t , соответствующий найденному диапазону, из таблицы 8.3.

Таблица 8.3

Размеры стружечных канавок, мм

t	h	c	r	R	$F_k, \text{мм}^2$	t	h	c	r	R	$F_k, \text{мм}^2$
4,5		1,5		2,5			4		2		12,57
	2		1		3,14	14	5	4	2,5	10	19,63
6		2		4			6		3		28,27
	2,5		1,25		4,91		5		2,5		19,63
8				5		16	6	4,5	3		28,27
	3	3	1,5		7,07		7		3,5	12	38,48
10	4		2	7	12,57		5		2,5		19,63
	3		1,5		7,07	18	6	6	3		28,27
12	4	4	2	8	12,57		7		3,5		38,48

4. Размеры стружечных канавок, показанные на рисунке 8.4, определяются значением t из таблицы 8.3.

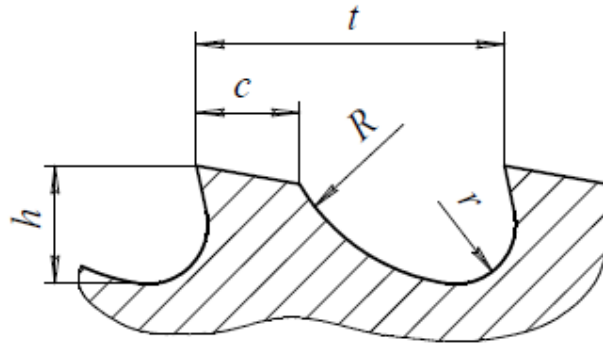


Рис. 8.4. Стружечная канавка

Если t составляет 6 мм или более, для каждого шага в таблице 2 предусмотрено несколько вариантов глубины канавки h . Для начала мы выбираем максимальное значение h , чтобы обеспечить наибольшую возможную толщину среза, учитывая объем стружки. Впоследствии, после проверки прочности режущей части протяжки, глубину h можно будет уменьшить [9].

5. Толщина среза на зуб протяжки a_z определяется на основе расчета вместимости стружечной канавки для стружки [9]

$$a_z = \frac{F_k}{K \cdot L_0}, \quad (8.3)$$

где F_k – площадь сечения канавки (табл. 8.3);

K – коэффициент заполнения канавки.

Коэффициент K для стали, алюминия и меди составляет от 3,5 до 4. Для чугуна, бронзы и латуни этот коэффициент находится в диапазоне от 2 до 2,5. Полученное значение a_z следует округлять до тысячных долей миллиметра (0,001 мм).

6. Устанавливаем число одновременно работающих режущих зубьев q [9]

$$q = \left[\frac{L_0}{t} + 1 \right]. \quad (8.4)$$

Сила на 1 миллиметр длины обрабатываемого контура p_z определяется по формуле

$$p_z = C_p \cdot \sigma_B \cdot a_z^{0,85} \cdot K_\gamma, \quad (8.5)$$

где коэффициент $K_\gamma = (90 - \gamma) / 75$.

При обработке алюминиевых и медных сплавов $C_p \approx 2,0$, чугуна $C_p \approx 2,6$, углеродистых сталей $C_p \approx 3,3$, легированных сталей $C_p \approx 4,3$.

7. Определяем силу, необходимую для протягивания P_T [9]

$$P_T = \pi \cdot p_z \cdot D \cdot q \quad (8.6)$$

и напряжения в канавке перед первым зубом режущей части протяжки σ_1

$$\sigma_1 = \frac{4 \cdot P_T}{\pi \cdot (D_0 - 2h)^2}. \quad (8.7)$$

Должно быть обеспечено соблюдение условия $\sigma_1 \leq [\sigma_n]$, где допускаемое напряжение на растяжение для протяжек из быстрорежущей стали $[\sigma_n] = 400...450$ МПа. При невыполнении данного условия, следует выбрать меньшее значение глубины стружечной канавки в соответствии с таблицей 8.3 и повторить процедуру расчета.

8. По таблице 8.5 выбираем наибольший диаметр хвостовика d_1 , проходящий с зазором в отверстие диаметром D_0 .

9. Находим величину напряжения в опасном сечении хвостовика, которое создается силой P_T , [9]

$$\sigma_x = \frac{P_T}{F_x}. \quad (8.8)$$

где F_x – значение площади опасного сечения, указанное в таблице 8.5.

Должно быть обеспечено соблюдение условия $\sigma_x \leq [\sigma_x]$, где допускаемое напряжение на растяжение для хвостовиков из углеродистой и легированной конструкционной стали $[\sigma_x] = 250$ МПа. При невыполнении данного условия, следует уменьшить толщину среза на черновых зубьях протяжки до значения

$$a_z \leq \left(\frac{F_x}{\pi \cdot C_p \cdot K_Y \cdot D \cdot q} \cdot \frac{[\sigma_x]}{\sigma_B} \right)^{\frac{1}{0,85}}. \quad (8.9)$$

10. Определяем количество черновых режущих зубьев протяжки [9]

$$z = \frac{A - a'_z \cdot z'}{a_z} + 1, \quad (8.10)$$

подбирая число чистовых режущих зубьев $z' = 1 \div 3$ и толщину среза на чистовом зубе $a'_z \leq 0,5a_z$ таким образом, чтобы z без какого-либо округления оказалось целым числом.

11. Определяем номинальные диаметры [9] черновых режущих зубьев

$D_{\text{чер.}}$

$$D_{\text{чер}} = D_0 + 2 \cdot a_z \cdot (i - 1) \quad (8.11)$$

и чистовых режущих зубьев $D_{\text{ч}}$

$$D_{\text{ч}j} = D_z + 2 \cdot a'_z \cdot j, \quad (8.12)$$

где $i = 1, 2, \dots, z$; $j = 1, 2, \dots, z'$, а D_z – диаметр последнего чернового зуба.

12. Длина режущей части протяжки

$$l_p = t(z + z'). \quad (8.13)$$

Расчет параметров калибрующей части протяжки.

1. Для калибрующих зубьев передний угол задается таким же, как и для режущих, а задний угол определяется в диапазоне $\alpha_{гк} = 0,5...1^\circ$.

2. В зависимости от требуемой точности отверстия, определяем необходимое количество калибрующих зубьев z_k , используя данные из таблицы 8.4.

Таблица 8.4

Число калибрующих зубьев протяжки

Квалитет точности	6	7	8	9	10	св. 10
z_k	8	7	6	5	4	2..3

3. Рассчитываем шаг калибрующих зубьев $t_k \approx (2/3) t$. Затем, используя данные из таблицы 3, мы подбираем соответствующий шаг и размеры канавки между этими зубьями [9].

Номинальный диаметр всех калибрующих зубьев одинаков и равен $D_k = D_{max}$. На зубьях предусматриваем ленточку шириной $f = 0,2...0,3$ мм.

4. Длина калибрующей части протяжки

$$l_k = t_k \cdot z_k. \quad (8.14)$$

Конструктивные элементы протяжки.

1. Выбор геометрии и размеров хвостовика протяжки осуществляем в строгом соответствии с рисунком 8.5 и таблицей 8.5.

2. Длину передней направляющей инструмента $l_{пн}$ устанавливаем в пределах $l_{пн} = (0,8...1,0)L_0$. Длину задней направляющей $l_{зн}$ выбираем в диапазоне $l_{зн} = (0,6...0,8)L_0$. Затем рассчитываем расстояние до первого зуба по формуле $L_1 = 280 + l_{пн}$.

3. Определяем общую длину протяжки [9]

$$L = L_1 + l_p + l_k + l_{зн}. \quad (8.15)$$

Для достижения требуемой жесткости протяжки, необходимо соблюдение условия $L \leq 40D$. При невыполнении данного условия, следует прибегнуть к проектированию протяжки с групповой схемой срезания припуска или к использованию комплекта из нескольких протяжек [9].

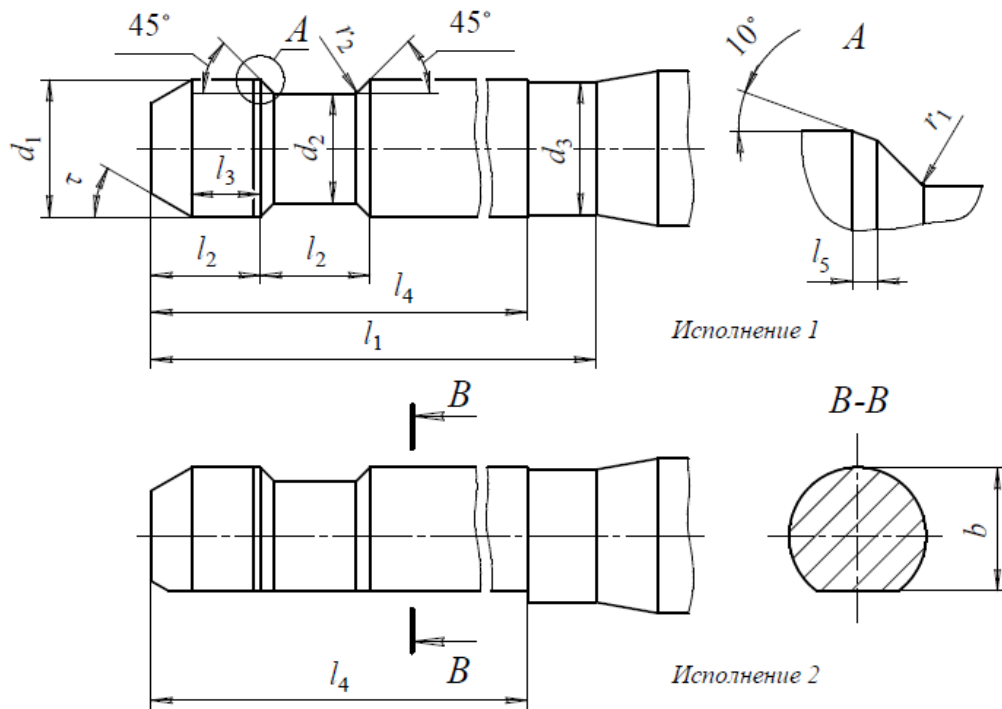


Рис. 8.5. Хвостовики круглых протяжек по ГОСТ 4044-70

Таблица 8.5

Размеры хвостовиков для круглых протяжек, мм

d_1	d_2	d_3	l_1	l_2	l_3	l_4	b	r_1	r_2	l_5	$\tau,^\circ$	F_x, MM^2	
12	8	12	120	20	12	100	10,5	0,2	0,6	0,5	10	50,3	
14	9,5	14					12,5	0,3				70,9	
16	11	16					14						95,0
18	13	18					16						
20	15	20	140	25	16	120	17	0,3	1,0	1,0	20		176,7
22	17	22					19					227,0	
25	19	25					21,5						283,5
28	22	28	160			140	24		1,6			1,0	
32	25	32					27,5			0,4	490,9		

36	28	36					31					615,7
40	32	40		32	20		34,5					804,2
45	34	45	180			160	39	0,5	2,5			907,9
50	38	50					43,5			1,5	30	1134,1
56	42	56					48,5					1385,4
63	48	63	210	40	25	190	55	0,6	4,0			1809,6
70	53	70					61					2206,2
80	60	80					69,5					2824,4
90	70	90	240	50	32	220	78,5	0,8	6,0	2,0		3848,4
100	75	100					87					4417,9

4. С целью улучшения режущих свойств протяжки, на ее режущих зубьях формируют стружкоразделительные канавки, геометрия которых отображена на рисунке 8.6 ($\varepsilon = 60...90^\circ$; $m = 0,6...1$ мм; $R_c = 0,3...0,5$ мм).

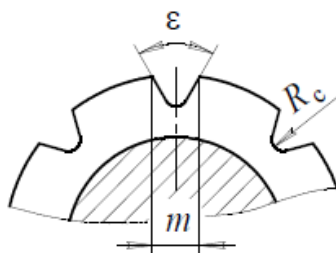


Рис. 8.6. Канавки для разделения стружки

Число канавок рассчитываем по эмпирической формуле [9]

$$n_c = 1,85 \cdot \sqrt{D}, \quad (8.16)$$

округляем n_c до ближайшего четного числа.

Канавки на следующих друг за другом зубьях расположены в шахматном порядке, с угловым смещением на угол $180^\circ/n_c$.

5. Центровые отверстия, предусмотренные ГОСТ 14034-74 (рис. 8.7), используются при изготовлении, контроле и заточке круглых протяжек.

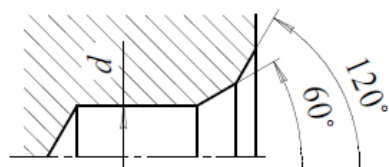


Рис. 8.7. Центровые отверстия

Диаметр отверстия d устанавливается в соответствии с диаметром протяжки D , как указано в таблице 8.6.

Таблица 8.6

Диаметры центровых отверстий, мм

D	до 6	6...10	10...14	14...20	20...30	30...40	40...60	60...80	80..100
d	1,6	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0	6,3	8,0	10,0

Конструкция протяжек предусматривает сварное соединение режущей и хвостовой частей [9]. Режущая часть изготавливается из быстрорежущей стали (ГОСТ 19265-73), а хвостовая – из углеродистой качественной (ГОСТ 1050-74) или легированной конструкционной стали (ГОСТ 4543-2016). Для соединения используется метод контактной стыковой электросварки. Пример такой конструкции представлен на рабочем чертеже протяжки (рис. 8.8).

После термообработки твердость режущей части составляет HRC₃ 62...66, а хвостовой части – HRC₃ 44...50.

Шероховатость поверхностей протяжки (рис. 8.8): профиля стружечной канавки, задней поверхности зуба, передней и задней направляющих – Ra 0,63; поверхностей хвостовика, контактирующих с замком патрона протяжного станка, – Ra 1,25; остальных поверхностей – Ra 2,5.

Точность конструктивных элементов протяжки [9].

Допуск на диаметр режущих зубьев назначают в пределах $TD_i = 0,01...0,02$ мм, но не более $0,4a_z$, с расположением поля допуска по h .

Допуск на диаметр калибрующих зубьев $TD_k = TD/3$ с расположением поля допуска по h .

Допускаемое отклонение глубины стружечной канавки не более $+0,3$ мм при $h_k \leq 4$ мм и не более $+0,5$ мм при $h_k > 4$ мм.

Чтобы исключить застревание заготовки на направляющих протяжки, диаметр передней направляющей устанавливается с допуском $e8$, а диаметр задней направляющей, которая контактирует с уже обработанной поверхностью, – с допуском $f7$.

Допуски на размеры хвостовика (обозначения размеров по табл. 4) назначают следующими: на диаметр d_1 – по $e8$; на диаметр d_2 – по $c11$; на диаметр d_3 – с верхним предельным отклонением – $0,5$ мм и нижним предельным отклонением – $1,0$ мм; на размер b – по $e8$.

Предельно допустимое отклонение общей длины протяжки не должно быть более ± 3 мм при $L \leq 1000$ мм и ± 5 мм при $L > 1000$ мм.

Предельные отклонения других размеров инструмента назначают по $\pm IT14/2$.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучите теорию, изложенную в работе.
2. Разработайте конструкцию протяжки для обработки цилиндрического отверстия во втулке используя выражения (8.1)...(8.16). Исходные данные по обрабатываемым материалам, размерам втулок и номинальным диаметрам отверстий под протягивание, а также требуемой точности отверстий после обработки приведены в таблицах 8.7, 8.8 и 8.9 соответственно.
3. Составьте отчет о работе.

Таблица 8.7

Материал обрабатываемой заготовки

№ п.п	Наименование	Марка	σ_B , МПа	ГОСТ
1	Сплав алюминиевый	АД31	250	4784-97
2	Сталь	10Г2	430	19281-2014
3		А30Г	540	1414-75
4		ШХ-15	630	801-78
5		20ХН	780	4543-71
6	Чугун серый	СЧ15	150	1412-85
7		СЧ25	250	
8		СЧ35	350	
9	Медь	М1	200	859-2014
10	Бронза безоловянная	БрА9Ж4	390	493-79

Таблица 8.8

Размеры втулки

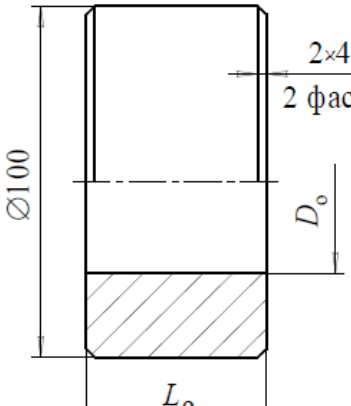
	№ п.п	D , мм	L_o , мм	D_o , мм
	1	20	35	18,9
	2	24	40	22,8
	3	28	50	26,6
	4	32	60	30,5
	5	36	70	34,4
	6	40	80	38,2
	7	45	95	43,0
	8	50	110	48,0
	9	55	120	52,7
	10	60	130	57,6

Таблица 8.9

Поле допуска готового отверстия

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>E7</i>	<i>H7</i>	<i>S7</i>	<i>E8</i>	<i>H8</i>	<i>R8</i>	<i>F9</i>	<i>H9</i>	<i>P9</i>	<i>H10</i>

Литература: 9.

9 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПИРАЛЬНОГО СВЕРЛА. ЧАСТЬ 1

Цель: Изучение и освоение методики проектирования спиральных сверл.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: назначение и конструкции сверл, параметры спирального сверла.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: расчет параметров спирального сверла.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыки применения методики проектирования спиральных сверл.

Формируемые компетенции: ОПК-5, ПК-2, ПК-6.

Актуальность темы: Сверление это один из самых распространенных способов получения отверстия. Режущим инструментом здесь является сверло, которое дает возможность получать отверстия в сплошном материале и увеличивать диаметр ранее просверленного отверстия (рассверливание). При сверлении главное движение – вращение, а движение подачи – поступательное. Поэтому глубокое понимание конструкции и геометрии спиральных сверл, а также методов их проектирования, является актуальной и значимой задачей.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Сверла – это режущие инструменты, применяемые для создания глухих и сквозных отверстий. Технологические возможности сверл из быстрорежущих сталей позволяют достичь точности в пределах 11...13 квалитетов и шероховатости поверхности Rz 32...80 мкм. Более совершенные сверла с твердосплавными пластинами, работающие на повышенных скоростях резания, обеспечивают более высокую точность (8...11 квалитетов) и улучшенную шероховатость поверхности (Rz 20...40 мкм) [4, с. 5].

Процесс сверления осуществляется на различных металлообрабатывающих станках, включая сверлильные (рис. 9.1), токарные и другие. Для выполнения сверления требуется одновременное сочетание двух движений: вращатель-

ного движения сверла или заготовки (главное движение резания) и поступательного движения сверла вдоль его оси (движение подачи).

Скорость главного движения является ключевым фактором, определяющим скорость резания V . Максимальная величина этой скорости вычисляется по формуле [4, с. 5–7]

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000},$$

где d – диаметр сверла или обрабатываемого отверстия, мм;

n – частота вращения сверла или детали, об/мин.

Скорость поступательного движения сверла характеризуют величиной подачи на один оборот сверла или заготовки S и выражают в мм/об.

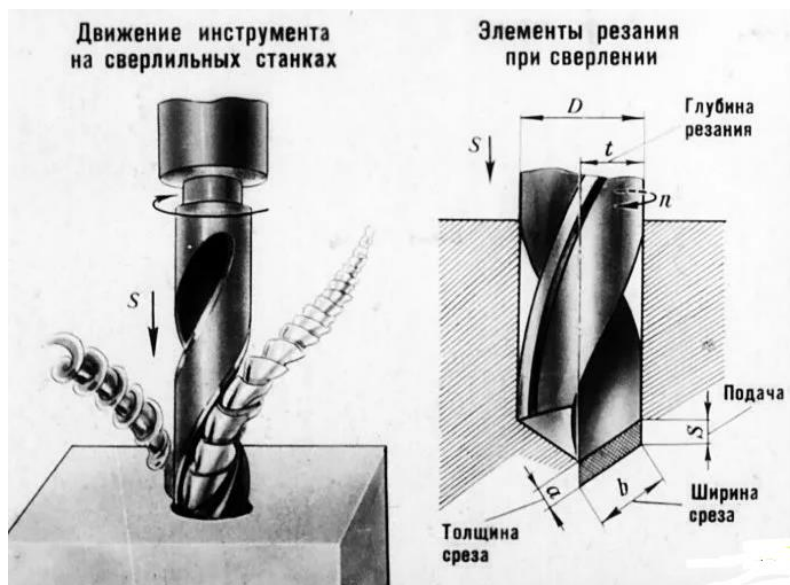


Рис. 9.1. Элементы резания при сверлении

Наибольшее распространение при обработке отверстий глубиной до $(5...10)d$ получили спиральные или винтовые свёрла (рис. 9.2). Эти сверла состоят из двух основных частей: рабочей части и хвостовика. Рабочая часть, в свою очередь, делится на режущую часть, непосредственно осуществляющую

снятие материала, и направляющую часть, обеспечивающую стабильность процесса.

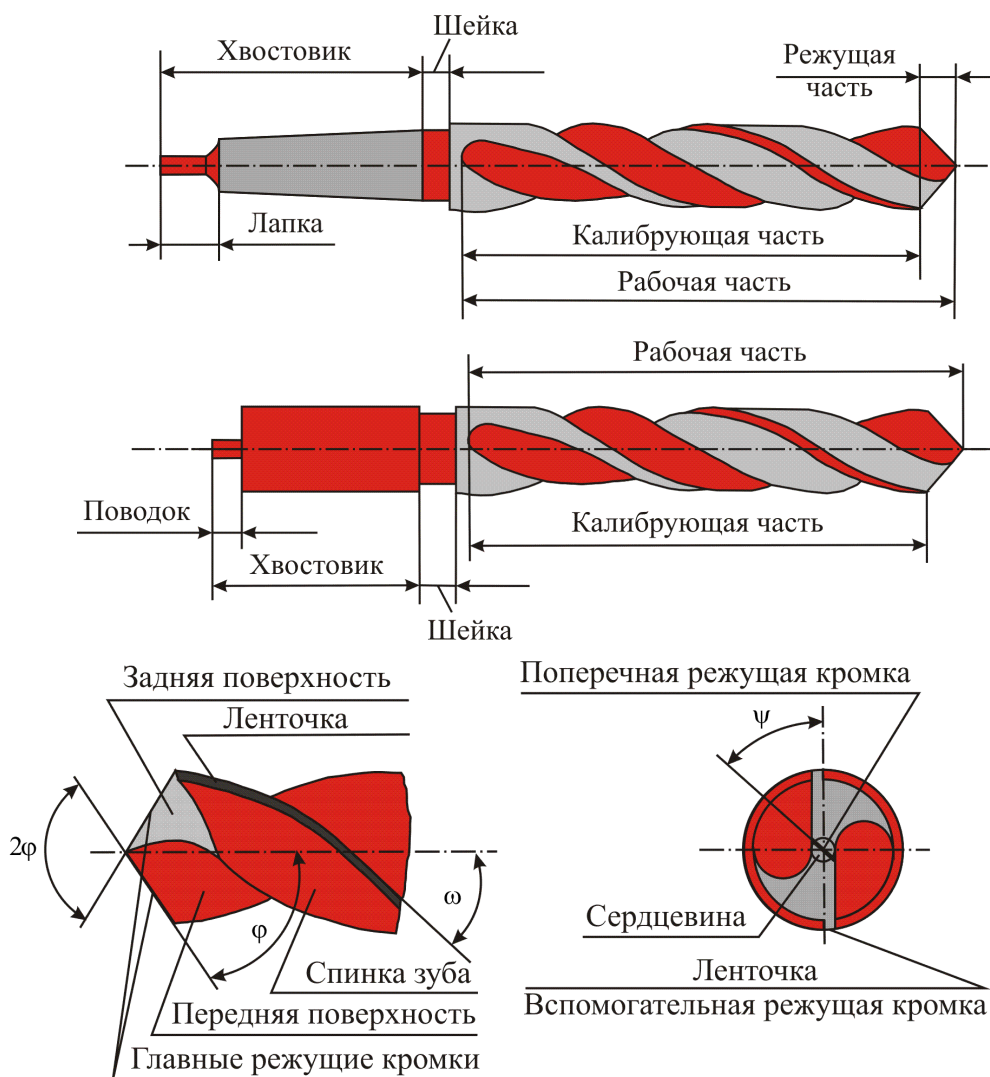


Рис. 9.2. Конструкции цельных спиральных сверл: 2ϕ – угол при вершине сверла, ω – угол наклона винтовой канавки, ψ – угол наклона поперечной режущей кромки

Для изготовления спиральных свёрл применяют различные материалы. Цельные свёрла делают из быстрорежущих сталей, таких как P6M3, P6M5, P12 и других. В составных свёрлах режущая часть выполняется из твердых сплавов (BK8, BK10-M, BK15-M и т.п.), а для свёрл малого диаметра могут использоваться пластифицированные твердые сплавы [4, с. 5–7].

Нерабочие части сверл из быстрорежущей стали изготавливают из сталей 45 и 40Х. Для сверл, предназначенных для глубокого сверления, применяются стали 20Х, 40Х, 9ХС и 35ХГСА.

Как показано на рисунке 9.2, спиральные сверла выпускаются с цилиндрическим хвостовиком (для диаметров 0,1...20 мм) или с коническим (для диаметров 6...80 мм). Важно отметить, что основные типы и размеры этих сверл соответствуют установленным стандартам [4, с. 5–7].

Свёрла с цилиндрическим хвостовиком делятся на три серии по длине рабочей части: короткую (ГОСТ 4010–77), среднюю (ГОСТ 10902–77) и длинную (ГОСТ 12122–77). Свёрла с коническим хвостовиком выпускаются с нормальной длиной (ГОСТ 10903–77), удлинённые (ГОСТ 2092–77) и длинные (ГОСТ 12121–77).

Технические требования к спиральным сверлам общего назначения определяются ГОСТ 2034–80, а к сверлам с механическим креплением твердосплавных пластин – ГОСТ 27724–88.

Пример. Требуется выполнить расчет и проектирование спирального сверла с коническим хвостовиком, изготовленного из быстрорежущей стали. Сверло предназначено для обработки сквозного отверстия под резьбу $M14 \times 1-7H$ в материале Сталь 45 ($\sigma_B = 750$ МПа). Длина обрабатываемого участка – 30 мм, сверление производится в сплошном материале (рис. 9.1) [3, с. 75–83].

1. Диаметр сверла под резьбу $M14 \times 1-7H$ согласно таблице 1 приложения к данному занятию, $d_{ce} = 13$ мм [3]. Учитывая, что диаметр сверла превышает 6 мм, рекомендуется использовать составную конструкцию. Режущая часть должна быть выполнена из быстрорежущей стали, а крепежная – из качественной конструкционной стали. Соединение будет осуществляться методом сварки встык (рис. 9.3) [3, с. 75–83].

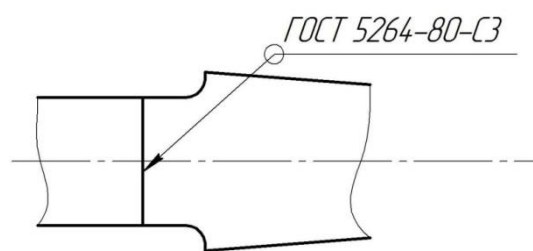


Рис. 9.3. Эскиз сварного соединения рабочей части с хвостовиком

2. Находим глубину резания, мм, [3, с. 75–83].

$$t = 0,5 \cdot D, \quad (9.1)$$

где D – диаметр сверления, мм, принимаем равным диаметру сверла d_{CB} ,

$$t = 0,5 \cdot 13 = 6,5 \text{ мм.}$$

3. Величина подачи при сверлении определяется согласно таблице 1, $S = 0,22$ мм/об.

Таблица 9.1

Рекомендуемые значения подачи и скорости резания при сверлении

Материал сверла	Диаметр сверла, мм	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин, для обрабатываемого материала		
			Сталь	Чугун	Латунь
Углеродистая сталь	5... 10	0,15...0,20	8...12	8...10	10...13
	10...20	0,15...0,25	10...13	10...13	13...15
	Свыше 20	0,05...0,15	10...13	10...13	13...16
Быстрорежущая сталь	5...10	0,15...0,20	20...30	20...25	25...30
	10...20	0,15...0,25	25...35	25...35	30...40

	Свыше 20	0,05...0,15	30...35	30...35	35...40
--	----------	-------------	---------	---------	---------

4. Скорость резания V , м/мин, [3, с. 75–83]

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^{m \cdot y}} \cdot K_v, \quad (9.2)$$

где C_v – коэффициент (табл. 2 приложения к данному занятию), $C_v = 9,8$;

q, m, y – показатели степени (табл. 2 приложения к данному занятию), $q = 0,4$; $m = 0,2$; $y = 0,5$;

T – период стойкости инструмента (табл. 3 приложения к данному занятию), $T = 45$ мин;

K_v – поправочный коэффициент.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{tv}, \quad (9.3)$$

где K_{mv} – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки (табл. 5 приложения к занятию);

K_{nv} – поправочный коэффициент состояния поверхности (табл. 2.4 занятия 2);

K_{uv} – поправочный коэффициент материала инструмента (табл. 6 приложения к данному занятию);

K_{tv} – коэффициент, учитывающий глубину сверления (табл. 7 приложения к данному занятию);

$$K_{mv} = K_r \cdot (750/\sigma_B)^{n_v}$$

K_r – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости (табл. 4 приложения к данному занятию);

σ_B – предел прочности обрабатываемого материала, МПа;

n_v – показатель степени (табл. 4 приложения к данному занятию).

$$K_{mv} = 1 \cdot (750/750)^{0,9} = 1,$$

$$V = \frac{9,8 \cdot 13^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,22^{0,5}} \cdot 1 = 27,22 \text{ м/мин.}$$

5. Определяем силу резания P_o , Н, [3, с. 75–83]

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^{q_p} \cdot S^{y_p} \cdot K_p, \quad (9.4)$$

где C_p – постоянная, $C_p = 68$ (табл. 8 приложения к данному занятию);

q_p, y_p – показатели степени, $q_p = 1, y_p = 0,7$ (табл. 8 приложения к данному занятию);

K_p – поправочный коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки (табл. 9 приложения к данному занятию).

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 13^1 \cdot 0,22^{0,7} \cdot 1 = 3063,01 \text{ Н.}$$

6. Определяем мощность резания N , кВт, по формуле [3, с. 75–83]

$$N = \frac{P_o \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (9.5)$$

$$N = \frac{3063,01 \cdot 27,22}{1020 \cdot 60} = 1,36 \text{ кВт.}$$

7. Определяем крутящий момент $M_{кр}$, Н·м, [3, с. 75–83]

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_m \cdot D^{q_m} \cdot S^{y_m} \cdot K_p, \quad (9.6)$$

где C_m – постоянная, $C_p = 0,034$ (табл. 8 приложения к данному занятию);

q_m, y_m – показатели степени, $q_m = 2, y_m = 0,8$ (табл. 8 приложения к данному занятию);

K_p – поправочный коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки (табл. 9 приложения к данному занятию).

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,034 \cdot 13^2 \cdot 0,22^{0,8} \cdot 1 = 17,11 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

8. Рабочая часть изготовлена из быстрорежущей стали Р6М5 (ГОСТ 19265) с твердостью 63...66 HRC после термообработки. Крепежная часть выполнена из стали 40Х с твердостью 32...46,5 HRC после термообработки.

9. Определение и обоснование геометрических параметров сверла.

Выбираем угол при вершине $2\varphi = 120^\circ$ (табл. 9.2, 9.3), угол наклона винтовой канавки на наружном диаметре сверла $\omega = 25^\circ$.

Задний угол сверла – величина переменная: $\alpha = 8...14^\circ$ на периферии сверла и $\alpha = 20...26^\circ$ – ближе к центру. Величина заднего угла и угла наклона поперечной кромки на периферии сверла принимается в зависимости от диаметра по таблице 9.4. Принимаем $\alpha = 8^\circ$.

Таблица 9.2

Углы наклона винтовой канавки ω и углы при вершине 2φ спиральных сверл диаметром от 0,25 до 9,9 мм

Диаметр сверла, мм	$\omega, ^\circ$	$2\varphi, ^\circ$
0,25...0,35	18	112
0,40...0,45	19	
0,50...0,70	20	
0,75...0,95	21	

1,00...1,90	22	113
2,00...2,90	23	
3,00...3,40	24	
3,50...4,40	25	
4,50...6,40	26	114
6,50...8,40	27	
8,50...9,90	28	

Таблица 9.3

Углы наклона винтовой канавки ω и углы при вершине 2φ спиральных сверл диаметром от 10 мм

Обрабатываемый материал	$\omega, ^\circ$	$2\varphi, ^\circ$
Сталь с σ_B , МПа		
до 500	35	116
500...700	30	116...118
700...1000	25	120
1000...1400	20	125
Нержавеющие и коррозионно-стойкие стали	25	120
Чугун	25...30	116...120
Медь красная	34...45	124
Медные отливки и латунь	25...30	130
Бронза с НВ		
до 100	8...12	125
100 и более	15...20	135
Алюминиевые сплавы, литейные	35...45	130...140
Алюминиевые сплавы, деформируемые	45	140
Пластмассы, эбонит, бакелит	8...12	60...100
Дерево	25...30	60...85

Таблица 9.4

Величина заднего угла и угла наклона поперечной кромки

на периферии сверл

Диаметр сверла, мм	$\alpha, ^\circ$	$\psi, ^\circ$
2,00...3,50	14	47
3,50...5,00	11	48
5,10...7,00	9	49
7,10...11,00	9	50
11,10...18,00	8	52
18,50...80,00	8	55

Угол наклона поперечной кромки в зависимости от диаметра сверла варьируется от 45 до 55°. Назначаем $\psi = 52^\circ$.

Углы: $2\varphi = 120 \pm 3^\circ$, $\alpha = 8 \pm 2^\circ$, $\omega = 25 \pm 2^\circ$, $\psi = 52 \pm 5^\circ$.

Форма заточки одинарная.

Сердцевина сверла утолщается к хвостовику. Это утолщение составляет от 1,4 до 1,5 мм на каждые 100 мм рабочей длины для сверл из легированной стали, и от 1,7 до 1,8 мм для сверл из быстрорежущих сталей.

Диаметр сердцевины сверла принимаем $d_c = 1,90$ мм (рис. 9.4, табл. 9.5). Учитывая, что сверло изготовлено из быстрорежущей стали Р6М5, предусмотрено увеличение диаметра сердцевины на 1,7 мм на каждые 100 мм длины по направлению к хвостовику [4, с. 20].

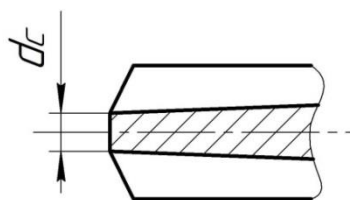


Рис. 9.4. Эскиз сердцевины сверла

Таблица 9.5

Параметры сердцевины сверла

Диаметр сверла d_{CB} , мм	Диаметр сердцевины d_c , мм
от 0,25 до 1,25	$(0,28...0,20) d_{CB}$
от 1,50 до 12,0	$(0,19...0,15) d_{CB}$

10. Определение переднего угла сверла γ на периферии.

Передний угол γ определяется в главной секущей плоскости $B-B$, которая перпендикулярна главной режущей кромке (рис. 9.5). Величина переднего угла варьируется по всей длине режущего лезвия: он максимален у наружной поверхности сверла (где $\gamma = \omega$) и минимален у перемычки [3, с. 75–83].

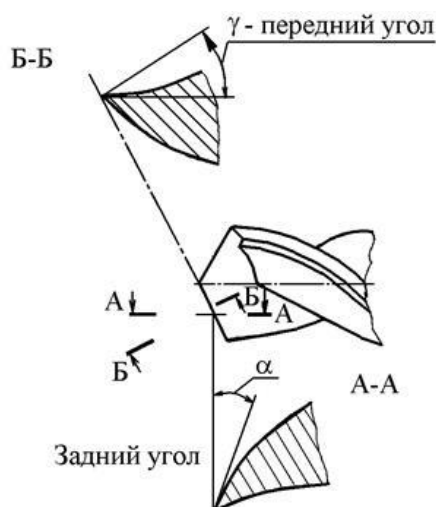


Рис. 9.5. Задний и передний углы сверла

Зависимость для определения передних углов γ_{Ni} [3, с. 75–83]

$$\gamma_{Bi} = \arctg \left(\frac{tg\omega \sqrt{(r_i/r)^2 - c^2}}{\sin\varphi - c \cdot tg\omega \cdot \cos\varphi} \right) - \arctg \frac{c \cdot \cos\varphi}{\sqrt{(r_i/r)^2 - c^2}}, \quad (9.7)$$

где c – коэффициент радиуса сердцевины ($c = d_c / d_{CB}$, $c = 0,145$, табл. 9.5).

r_i – радиус точки на режущей кромке сверла, мм, в которой определяется γ_i ;

r – радиус сверла, мм;

При $r_i = r = 6,5$ мм

$$\gamma_{Bi} = \arctg \left(\frac{tg25 \sqrt{\left(6,5/6,5\right)^2 - 0,145^2}}{\sin60 - 0,145 \cdot tg25 \cdot \cos60} \right) - \arctg \frac{0,145 \cdot \cos60}{\sqrt{\left(6,5/6,5\right)^2 - 0,145^2}} =$$

$$29,00^\circ - 4,19^\circ = 24,81^\circ$$

При $r_i = 0,5 \cdot r = 3,25$ мм

$$\gamma_{Bi} = \arctg \left(\frac{tg25 \sqrt{\left(3,25/6,5\right)^2 - 0,145^2}}{\sin60 - 0,145 \cdot tg25 \cdot \cos60} \right) - \arctg \frac{0,145 \cdot \cos60}{\sqrt{\left(3,5/6,5\right)^2 - 0,145^2}} =$$

$$29,90^\circ - 8,62^\circ = 21,28^\circ$$

При $r_i = 0,25 \cdot r = 1,625$ мм

$$\gamma_{Bi} = \arctg \left(\frac{tg25 \sqrt{\left(1,625/6,5\right)^2 - 0,145^2}}{\sin60 - 0,145 \cdot tg25 \cdot \cos60} \right) - \arctg \frac{0,145 \cdot \cos60}{\sqrt{\left(1,625/6,5\right)^2 - 0,145^2}} =$$

$$6,51^\circ - 19,60^\circ = -13,09^\circ.$$

11. Расчет конструктивных параметров

Сверла, относящиеся к повышенному классу точности А1, предназначены для формирования отверстий в диапазоне квалитетов точности 10...13. Для дальнейших расчетов принимаем 12-й квалитет точности отверстия [3, с. 75–83].

Средний диаметр отверстия с учетом допуска на отверстие Н12 после сверления [3, с. 75–83]

$$d_{\text{cp}} = D + ES - 0,0737 \cdot TD, \quad (9.8)$$

где ES – верхнее отклонение на диаметр отверстия, мм;

TD – допуск отверстия, мм;

$$TD = ES + EI$$

EI – нижнее отклонение на диаметр отверстия, мм;

$ES = 0,18$ мм; $EI = 0$ мм; $TD = 0,18$ мм.

$$d_{\text{cp}} = 13 + 0,18 - 0,0737 \cdot 0,18 = 13,167 \text{ мм.}$$

$D_{\text{max}} = 13,18$ мм; $D_{\text{min}} = 13,0$ мм;

Определяем допуск на диаметр отверстия

$$P_{\text{max}} = 0,5 \cdot TD, \quad (9.9)$$

$$P_{\text{max}} = 0,5 \cdot 0,18 = 0,09 \text{ мм.}$$

Отсюда максимальный диаметр сверла

$$d_{\text{max}} = D_{\text{max}} - P_{\text{max}}, \quad (9.10)$$

$$d_{max} = 13,18 - 0,09 = 13,09 \text{ мм.}$$

Допуск на диаметр сверла подбираем исходя из требуемого качества точности обработки отверстия, при этом обычно используется 8-й квалитет. Допуск на диаметр отверстия 13 мм будет $h8 = 0,027$ мм, рисунок 9.6.

Определяем допуски на диаметр сверла [3, с. 75–83]

$$d_{min} = d_{max} - h8, \quad (9.11)$$

$$d_{min} = 13,09 - 0,027 = 13,063 \text{ мм}$$

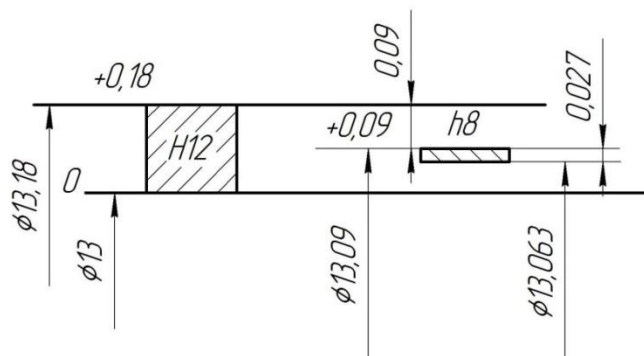


Рис. 9.6. Схема полей допусков сверла и отверстия

Назначаем ширину ленточки (фаски) f_0 сверла (рис. 9.7, табл. 9.6)

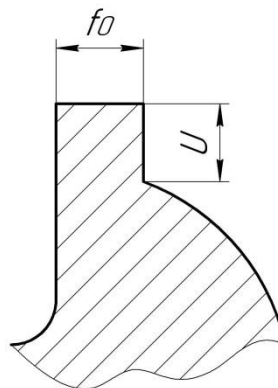


Рис. 9.7. Параметры ленточки сверла

Высота затылка по спинке U (табл. 9.6). Сверла малого диаметра (до 0,5 мм) производятся без ленточек.

Таблица 9.6

Параметры ленточки сверла

Диаметр сверла, d_{CB} , мм	Ширина ленточки f_0 , мм	Высота затылка по спинке U , мм	Диаметр сверла, d_{CB} , мм	Ширина ленточки f_0 , мм	Высота затылка по спинке U , мм
0,55...0,75	0,20	0,10	15,00...20,00	1,20	0,60
0,80...1,00	0,30	0,15	20,00...25,00	1,60	0,70
1,10...2,00	0,40	0,15	25,00...30,00	1,80	0,80
2,00...5,00	0,60	0,20	30,00...35,00	1,80	0,90
5,00...8,00	0,70	0,20	34,00...40,00	2,00	0,90
8,00...10,00	0,80	0,30	40,00...45,00	2,30	1,00
10,00...12,00	0,90	0,30	45,00...50,00	2,60	1,20
12,00...15,00	1,00	0,40	50,00...80,00	3,00	1,50

Определяем диаметр спинки зуба сверла [3, с. 75–83]

$$d_{\text{сп}} = 0,95 \cdot d_{CB}, \quad (9.12)$$

$$d_{\text{сп}} = 0,95 \cdot 13 = 12,35 \text{ мм.}$$

Определяем ширину пера сверла B_{CB} (рис. 9.8) [3, с. 75–83]

$$B_{CB} = 0,58 \cdot d_{CB}, \quad (9.13)$$

$$B_{CB} = 0,58 \cdot 13 = 7,54 \text{ мм.}$$

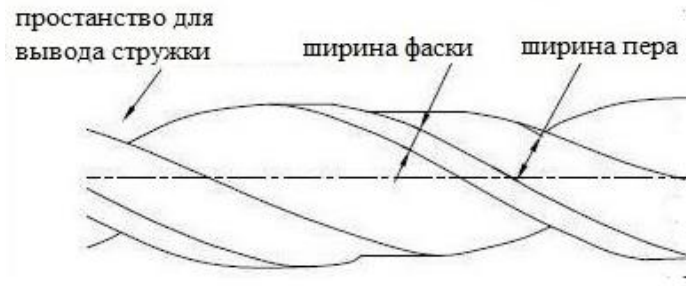


Рис. 9.8. Конструктивные параметры сверла

Диаметр шейки $D_{ш}$ (рис. 9.2) рассчитываем по формуле [3, с. 75–83]

$$D_{ш} = d_{CB} - (0,1 \dots 0,5), \quad (9.14)$$

$$D_{ш} = 13 - 0,2 = 12,8 \text{ мм.}$$

Общую длину L определяем по формуле [3, с. 75–83]

$$L = l_1 + l_3 + l_4, \quad (9.15)$$

где l_1 – длина рабочей части сверла;

l_3 – длина шейки, принимают 8...12 мм;

l_4 – длина хвостовика сверла (рис. 9.2). Вытекает из расчета хвостовика.

$$l_1 = l_{CB} + 3 \cdot d_{CB}, \quad (9.16)$$

где l_{CB} – длина обрабатываемого отверстия

$$l_1 = 30 + 3 \cdot 13 = 69 \text{ мм.}$$

Шаг винтовой канавки H рассчитываем по формуле [3, с. 75–83]

$$H = \pi \cdot d_{CB} \cdot \operatorname{ctg} \omega, \quad (9.17)$$

$$H = 3,14 \cdot 13 \cdot \operatorname{ctg} 30^\circ = 70,70 \text{ мм.}$$

Для расчета хвостовика необходимо определить его конус Морзе и габаритные размеры. Схема расчета приведена на рисунке 9.9.

Момент трения между поверхностями хвостовика и гнезда шпинделя

$$M_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot P_0 (D_1 - d_2)}{4 \cdot \sin \theta} \cdot (1 - 0,04 \cdot \Delta \theta), \quad (9.18)$$

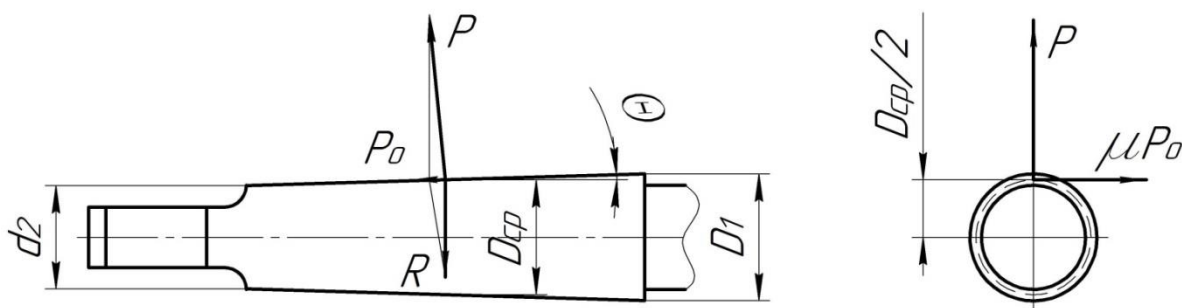


Рис. 9.9. Расчетная схема для определения момента трения

Средний расчетный диаметр конуса хвостовика

$$D_{\text{CP}} = \frac{6 \cdot M_{\text{кр}} \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_0 \cdot (1 - 0,04 \cdot \Delta \theta)}, \quad (9.19)$$

где θ – половина угла конуса, $\theta = 1^\circ 26' 16''$;

$\Delta\theta$ – отклонение угла конуса, $\Delta\theta = 5'$.

μ – коэффициент трения по стали, $\mu = 0,096$.

$$D_{\text{CP}} = \frac{6 \cdot 17,11 \cdot \sin 1^\circ 26' 16''}{0,096 \cdot 3063,01 \cdot (1 - 0,04 \cdot 5)} = 0,01091 \text{ м или } 10,91 \text{ мм.}$$

Затем, в соответствии с ГОСТ 25557-82 (СТ СЭВ 147-75), подбираем подходящий номер конуса Морзе, основываясь на среднем расчетном диаметре.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучите теорию, изложенную в работе.
2. Проведите расчет и проектирование спирального сверла из быстрорежущей стали с коническим хвостовиком для сквозных отверстий в сплошном материале (рис. 9.1). Варианты задания в таблице 9.7.
3. Составьте отчет о работе.

Таблица 9.7

Варианты задания

Вариант	Диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы, мм	Класс точности и поле допуска резьбы	Обрабатываемый материал	σ_B , МПа/НВ	Длина обрабатываемого отверстия, мм
1	2	0,4	5H	Сталь 3	400/–	3
2	3	0,5	6H	Сталь 30	500/–	4
3	4	0,7	7H	Сталь 40	600/–	5
4	5	0,8	5H	Сталь 15	380/–	6
5	6	1	6H	Сталь 40 Х	750/–	10
6	7	1	7H	Сталь 40 ХН	780/–	15
7	8	1,25	7H	Сталь 65 Г	750/–	18
8	9	1,25	7H	Сталь 2Х18Н9Т	550/–	20

9	10	1,5	7H	Сталь ХН35ВТ	950	25
10	11	1,5	7H	Чугун: СЧ10	—/143	28
11	12	1,75	7H	СЧ20	—/170	30
12	14	2	7H	СЧ30	—/180	30
13	16	2	7H	СЧ40	—/200	34
14	18	2,5	7H	Сталь 3	400/—	35
15	20	2,5	7H	Сталь 30	500/—	38
16	22	2,5	7H	Сталь 40	600/—	40
17	24	3	7H	Сталь 15	380/—	42
18	27	3	7H	Сталь 40 Х	750/-	44
19	30	3,5	7H	Сталь 40 ХН	780/—	45
20	33	3,5	7H	Сталь 65 Г	750/—	48
21	36	4	7H	Сталь 2Х18Н9Т	550/—	50
22	39	4	7H	Сталь ХН35ВТ	950	52
23	42	4,5	7H	Чугун: СЧ10	—/143	54
24	45	4,5	7H	СЧ20	—/170	55
25	48	5	7H	СЧ30	—/180	60
26	2	0,25	5H	СЧ40	—/200	4
27	3	0,35	5H	Сталь 40 ХН	780/—	5
28	4	0,5	6H	Сталь 65 Г	750/—	6
29	5	0,5	6H	Сталь 2Х18Н9Т	550/—	8
30	6	0,75	7H	Чугун: СЧ10	—/143	10

Литература: 3, 4.

Приложение к данному занятию

Таблица 1

Рекомендуемые диаметры отверстий под резьбу, мм

Диаметр резьбы, мм	Шаг, мм	Диаметр сверла, $d_{св}$	Шаг, мм	Диаметр сверла, $d_{св}$	Шаг, мм	Диаметр сверла, $d_{св}$	Шаг, мм	Диаметр сверла, $d_{св}$	Шаг, мм	Диаметр сверла, $d_{св}$	Шаг, мм	Диаметр сверла, $d_{св}$
2	0,4	1,6	0,25	1,75	—	—	—	—	—	—	—	—
3	0,5	2,5	0,35	2,65	—	—	—	—	—	—	—	—
4	0,7	3,3	0,5	3,5	—	—	—	—	—	—	—	—
5	0,8	4,2	0,5	4,5	—	—	—	—	—	—	—	—
6	1	5	0,75	5,2	0,5	5,5	—	—	—	—	—	—
7	1	6	0,75	6,2	0,5	6,5	—	—	—	—	—	—
8	1,25	6,7	1	7	0,75	7,2	0,5	7,5	—	—	—	—
9	1,25	7,7	1	8	0,75	7,2	0,5	8,5	—	—	—	—
10	1,5	8,5	1,25	8,7	1	9	0,75	9,2	0,5	9,5	—	—
11	1,5	9,5	1	10	0,75	10,2	0,5	10,5	—	—	—	—
12	1,75	10,2	1,5	10,5	1,25	10,7	1	11	0,75	11,2	0,5	11,5
14	2	12	1,5	12,5	1,25	12,6	1	13	0,75	13,2	0,5	13,5
16	2	14	1,5	14,5	1	15	0,75	15,2	0,5	15,5	—	—
18	2,5	15,4	2	16	1,5	16,5	1	17	0,75	17,2	0,5	17,5
20	2,5	17,4	2	18	1,5	18,5	1	19	0,75	19,2	0,5	19,5
22	2,5	19,4	2	20	1,5	20,5	1	21	0,75	21,2	0,5	21,5
24	3	20,8	2	22	1,5	22,5	1	23	0,75	23,2	—	—
27	3	23,9	2	25	1,5	25,5	1	26	0,75	26,2	—	—
30	3,5	26,4	3	26,9	2	28	1,5	28,5	1	29	0,75	29,2
33	3,5	29,4	3	29,9	2	31	1,5	31,5	1	32	0,75	32,2
36	4	31,9	3	32,9	2	34	1,5	34,5	1	35	—	—
39	4	34,9	3	35,9	2	37	1,5	37,5	1	38	—	—

42	4,5	37,4	4	37,9	3	38,9	2	34	1,5	40,5	1	41
45	4,5	40,4	4	40,9	3	41,9	2	43	1,5	43,5	1	44
48	5	42,8	4	43,9	3	44,9	2	46	1,5	46,5	1	47

Таблица 2

Значения коэффициента C_v и показателей степени в формуле
скорости резания при сверлении

Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента	Подача s , мм/об	Коэффициент и показатели степени				Охлаждение
			C_v	q	y	m	
Сталь конструкционная углеродистая, $\sigma_B = 750$ МПа	P6M5	$\leq 0,20$ $> 0,20$	7,00 9,80	0,40	0,70 0,50	0,20	Есть
Сталь жаропрочная 12X18H9T, HB 141		—	3,50	0,50	0,45	0,12	
Чугун серый, HB 190		$\leq 0,30$ $> 0,30$	14,70 17,10	0,25	0,55 0,40	0,125	Нет
	BK8	—	34,20	0,45	0,30	0,20	
Чугун ковкий, HB 150	P6M5	$\leq 0,30$ $> 0,30$	21,80 25,30	0,25	0,55 0,40	0,125	Есть
	BK8	—	40,40	0,45	0,3	0,20	Нет
Медные гетерогенные сплавы средней твердости (HB 100 – 140)	P6M5	$\leq 0,30$ $> 0,30$	28,10 32,60	0,25	0,55 0,40	0,125	Есть
Силумин и литейные алюминиевые сплавы, $\sigma_B = 100 \div 200$ МПа, $HB \leq 65$;		$\leq 0,30$ $> 0,30$	36,30 40,70	0,25	0,55 0,40	0,125	

дюралюминий, $HB \leq 100$							
-------------------------------	--	--	--	--	--	--	--

Примечание. Скорости резания для быстрорежущих сверл, указанные в данных, применимы при двойной заточке с подточенной перемычкой. Если используется одинарная заточка, скорость резания быстрорежущих сверл необходимо снизить, умножив на коэффициент 0,75.

Таблица 3

Средние значения периода стойкости сверл

Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента	Стойкость T , мин, при диаметре инструмента, мм							
		До 5	6-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-80
Конструкционная углеродистая и легированная сталь	Быстрорежущая сталь	15	25	45	50	70	90	110	—
	Твердый сплав	8	15	20	25	35	45	—	—
Коррозионно-стойкая сталь	Быстрорежущая сталь	6	8	15	25	—	—	—	—
Серый и ковкий чугун, медные и алюминиевые сплавы	Быстрорежущая сталь	20	35	60	75	105	140	170	—
	Твердый сплав	15	25	45	50	70	90	—	

Таблица 4

Значение коэффициента K_r и показателя степени n_v

Обрабатываемый материал	Коэффициент K_r для материала инструмента		Показатель степени n_v при обработке			
			осевым инструментом		фрезами	
	из быстрореж. стали	из тв. сплава	из быстрореж. стали	из тв. сплава	из быстрореж. стали	из тв. сплава
Сталь:						
углеродистая с $\sigma_B < 550$ МПа	1	1	–0,9	1	–0,9	1

углеродистая с $\sigma_B > 550$ МПа	1	1	0,9		0,9	1
хромистая	0,85	0,95	0,9		1,45	
жаропрочная и коррозионно- стойкая	0,7	0,8	0,9		1	
марганцови- стая	0,75	0,9	0,9		1	
быстрорежу- щая	0,6	0,7	0,9		1	
Чугун:	—	—	—	—	—	—
серый	—	—	1,3	1,3	0,95	1,25
ковкий	—	—	1,3	1,3	0,85	1,25

Таблица 5

Коэффициент K_{mv} , учитывающий влияние материала заготовки
(часто встречающиеся материалы)

Обрабатываемый материал	σ_B , МПа/НВ	K_{mv} при обработке					
		резцами		осевым инструментом		фрезами	
		из быст-рореж. стали	из тв. сплава	из быст-рореж. стали	из тв. сплава	из быст-рореж. стали	из тв. сплава
Сталь							
Сталь 3	400/-	0,533	1,875	0,568	1,875	0,568	1,875
Сталь 15	450/-	0,51	1,97	0,54	1,97	0,54	1,97
Сталь 30	500/-	0,67	1,50	0,69	1,50	0,69	1,50
Сталь 40	600/—	0,80	1,25	0,82	1,25	0,82	1,25
Сталь 40 Х	750/—	0,85	0,95	0,85	0,95	0,85	0,95
Сталь 40 ХН	780/—	0,79	0,91	0,82	0,91	0,82	0,91
Сталь 65 Г	750/—	0,75	0,90	0,75	0,9	0,75	0,9

Сталь 12X18H9T	550/—	—	1,00	—	1,00	—	1,00
Сталь 12X 21H5T	1000/—	—	0,65	—	0,65	—	0,65
Сталь ХН35ВТ	950	—	0,50	—	0,50	—	0,50
Чугун							
СЧ10	—/143	1,62	1,43	1,45	1,45	1,31	1,43
СЧ20	—/170	1,21	1,15	1,16	1,16	1,11	1,15
СЧ30	—	1,09	1,07	1,08	1,08	1,05	1,07
СЧ40	—/200	0,92	0,94	0,94	0,94	0,95	0,94

Таблица 6

Поправочный коэффициент материала инструмента K_{uv}

Обрабатываемый материал при сверлении	Значение коэффициента K_{uv} в зависимости от марки инструментального материала						
Сталь конструкционная	T5K12 0,35	T5K10 0,65	T14K8 0,80	T15K6 1,00	T15K6B 1,15	T30K4 1,40	BK8 0,40
Коррозионностойкие и жаропрочные стали	BK8 1,0	T5K10 1,4	T15K6 1,9	P18 0,3	—	—	—
Сталь закалённая	HRC 35-50				HRC 51-62		
	T15K6 1,00	T30K4 1,25	BK6 0,85	BK8 0,83	BK4 1,00	BK6 0,92	BK8 0,74
Серый и ковкий чугун	BK8 0,83	BK6 1,0	BK4 1,1	BK3 1,15	—	—	—
Сталь, чугун, медные и алюминиевые сплавы	P6M5 1,00	BK4 2,50	BK6 2,70	9XC 0,60	XBG 0,60	Y12A 0,50	—

Таблица 7

Поправочный коэффициент K_{tv} , учитывающий глубину сверления

Сверление	Рассверливание, зенкерование, развёртывание
-----------	---

Глубина обрабатываемого отверстия	0,5D	D	2D	3D	4D	6D	8D	1
K_{tv}	2,5	1,7	1,2	1	0,8	0,7	0,6	

Таблица 8

Значения коэффициентов и показателей степени в формулах
крутящего момента и осевой силы при сверлении

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Инструментальный материал	C_m	q_m	y_m	C_p	q_p	y_p
Сталь конструкционная, с $\sigma_B=750$ МПа	Сверление	P6M5	0,034	2	0,8	68	1	0,7
Чугун серый, HB 190	Сверление	BK8	0,012	2,2	0,8	42	1,2	0,75
	Сверление	P6M5	0,021	2	0,8	42,7	1	0,8
Медные сплавы, HB 120	Сверление	P6M5	0,012	2	0,8	31,5	1	0,8
Силумин и дюралюминий	Сверление	P6M5	0,005	2	0,8	9,8	1	0,7

Таблица 9

Значения коэффициента K_p , учитывающего влияние качества
обрабатываемого материала на силовые зависимости

Обрабатываемый материал	σ_B , МПа/НВ	осевым инструментом		фрезами	
		из быстрорежущей стали	из твёрдого сплава	из быстрорежущей стали	из твёрдого сплава
Сталь 3	400/—	0,62	0,62	0,83	0,83
Сталь 30	500/—	0,74	0,74	0,88	0,88
Сталь 40	600/—	0,85	0,85	0,93	0,93
Сталь 15	380/—	0,6	0,6	0,81	0,81
Сталь 40 X	750/—	1	1	1	1

Сталь 40 ХН	780/—	1,03	1,03	1,01	1,01
Сталь 65 Г	750/—	1	1	1	1
Сталь 2Х18Н9Т	550/—	0,79	0,79	0,91	0,91
Сталь ХН35ВТ	950	1,19	1,19	1,07	1,07
Чугун: СЧ10	—/143	0,84	0,84	0,86	0,75
СЧ20	—/170	0,93	0,93	0,94	0,89
СЧ30	—/180	0,97	0,97	0,97	0,95
СЧ40	—/200	1,03	1,03	1,03	1,05

10 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПИРАЛЬНОГО СВЕРЛА. ЧАСТЬ 2.

Цель: Научиться рассчитывать спиральные сверла на прочность и жесткость.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: параметры спирального сверла, прочностной расчет спирального сверла.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: рассчитывать геометрию канавки сверла, а также выполнять расчеты его прочности и жесткости.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыки проектирования спиральных сверл.

Формируемые компетенции: ОПК-5, ПК-2, ПК-6.

Актуальность темы: В условиях импортозамещения невозможно обеспечить хозяйственную деятельность страны без использования оборудования и инструментов отечественного производства. Надежность и прочность режущего инструмента существенно влияют на качество обработки, производительность, экономическую эффективность и конкурентоспособность производства. Поэтому главной проблемой эксплуатации режущих инструментов является повышение их прочности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Расчет канавки сверла. Для получения нужного профиля фрезы, используемой при обработке канавки сверла, мы применяем аналитический метод [3, с. 83–86].

Большой радиус профиля R_o (рис. 10.1)

$$R_o = C_R \cdot C_r \cdot C_\phi \cdot d_{CB}, \quad (10.1)$$

где C_R – коэффициент, зависящий от углов 2φ и ω

$$C_R = \frac{0,026 \cdot 2\varphi \cdot \sqrt[3]{2\varphi}}{\omega}, \quad (10.2)$$

C_r – коэффициент, учитывающий изменение диаметра сердцевинки сверла d_c

$$C_r = \left(\frac{0,14 \cdot d_{CB}}{d_c} \right)^{0,044}; \quad (10.3)$$

d_{CB} – диаметр сверла;

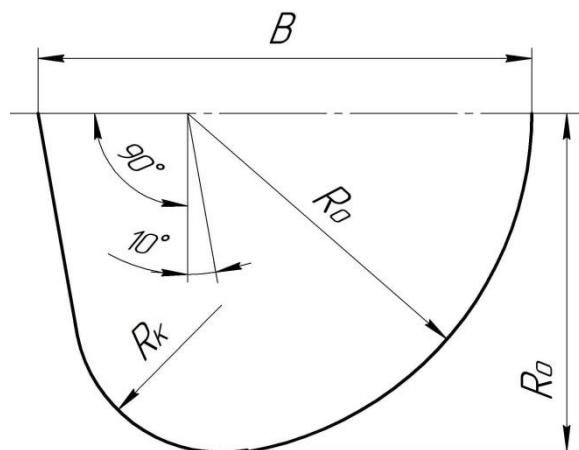


Рис. 10.1. Эскиз канавки сверла

C_ϕ – коэффициент, учитывающий влияние диаметра канавочной фрезы D_ϕ

$$C_\phi = \left(\frac{13 \cdot \sqrt{d_{CB}}}{D_\phi} \right)^{0.9}, \quad (10.4)$$

при $D_\phi = 13 \cdot \sqrt{d_{CB}}$ получим $C_\phi = 1$.

Радиус закругления вершины фрезы R_K (рис. 10.1)

$$R_K = C_K \cdot d_{CB}, \quad (10.5)$$

где C_K – коэффициент, учитывающий влияние угла наклона винтовой канавки ω , $C_K = 0,015 \cdot \omega^{0,75}$.

Ширина фрезы B

$$B = R_o + \frac{R_K}{\cos 10^\circ} \text{ или } B \approx R_o + R_K. \quad (10.6)$$

Далее чертим эскиз расчетного профиля фрезы (рис. 10.1).

Проверочный расчет сверла на прочность и жесткость. Сверло должно обладать запасом прочности, превышающим действующие нагрузки, и при этом необходимо соблюдать следующие соотношения [4, с. 31]:

$$3 \cdot M_{кр} \leq 0,0206 \cdot 10^{1,4m+0,2n'} \cdot \tau_K \cdot d_{сп}^3 \quad (10.7)$$

$$3 \cdot P_o \leq K \cdot F \cdot \sigma_T; \quad (10.8)$$

$$P_o \leq \frac{\eta \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I_{min}}{l^2}, \quad (10.9)$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент, Н·м;

τ_k – предел прочности материала сверла на кручение, МПа;

m – коэффициент, определяемый по таблице 10.1.

Таблица 10.1

Коэффициент m

d_{CB} , мм	1,5...12	13...80
m	0,18...0,15	0,15...0,13

P_o – осевая сила, Н;

F – площадь поперечного сечения рабочей части сверла, мм²,

$$F = 0,314 \cdot d_{CB}^2;$$

n' – коэффициент, определяемый по формуле

$$n' = \frac{B_{CB}}{d_{CB}},$$

где B_{CB} – ширина пера сверла, мм;

$d_{сп}$ – диаметр спинки зуба сверла, мм;

$K = 0,22...0,25$ и $\eta = 1,67$ – коэффициенты, учитывающие завитость сверла;

σ_T – предел текучести при сжатии материала рабочей части сверла, МПа;

E – модуль упругости материала сверла, МПа;

I_{min} – минимальный момент инерции поперечного сечения сверла, мм⁴,

$$I_{min} = 0,0054 \cdot d_{CB}^4;$$

l – вылет сверла, мм,

$$l = L - l_4;$$

где L – общая длина сверла, мм;

l_4 – длина хвостовика сверла, мм;

Если все соотношения выполняются, то прочность и жесткость данного сверла обеспечена при сверлении отверстия заданного диаметра.

Технические требования на спроектированный инструмент по ГОСТ 2034-80.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучите теорию, изложенную в работе.
2. Рассчитайте канавку сверла.
3. Выполните проверочный расчет сверла на прочность и жесткость. Варианты к работе в таблице 9.7 занятия 9.
4. Составьте отчет о работе.

Литература: 3, 4.

11 РАСЧЕТ ЦЕЛЬНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФРЕЗЫ. ЧАСТЬ 1

Цель: освоить методику расчета цилиндрических фрез.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
преимущества и недостатки цилиндрических фрез, области их применения.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
работать со справочными источниками для проведения расчетов параметров цилиндрических фрез.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы:

навыки расчета цилиндрических фрез.

Формируемые компетенции: ОПК-5, ПК-2, ПК-6.

Актуальность темы: Цилиндрические фрезы – важный и распространенный инструмент в машиностроении, используемый для изготовления деталей сложной формы. Они подходят для обработки широкого спектра материалов, от нержавеющей стали и чугуна до меди, алюминия и различных полимеров. Особенно популярны фрезы с винтовыми зубьями, обеспечивающие более эффективную и качественную обработку. Проектирование таких фрез требует тщательного учета нагрузок, что напрямую влияет на точность и качество работы. Поэтому изучение конструкции и методов проектирования цилиндрических фрез остается актуальной задачей.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Цилиндрические фрезы представляют собой режущий инструмент, предназначенный для обработки плоскостей, ориентированных параллельно оси вращения инструмента. Характерной особенностью является расположение режущих зубьев по винтовой линии с заданным углом наклона.

Зубья могут иметь прямолинейную или винтовую форму. Фрезы с винтовыми зубьями предпочтительны при обработке узких участков заготовки. Для компенсации осевых усилий применяются сдвоенные конструкции, в которых наклон режущих кромок выполнен под разными углами, что обеспечивает уравнивание осевых сил, возникающих в процессе резания.

Фрезы классифицируются на правые и левые в зависимости от направления зубьев, которое определяется направлением винтовой линии режущей кромки. Зубья могут располагаться равномерно или неравномерно. Хотя большинство фрез имеют равномерный шаг между режущими кромками, существуют конструкции с неравномерным расположением зубьев. Такие фрезы

особенно полезны на станках с низкой жесткостью, так как помогают снизить вибрацию при обработке.

Спиральные цилиндрические фрезы используются для обработки плоских поверхностей с шириной фрезерования $B \leq 150$ мм на горизонтально-фрезерных станках. Глубина резания t зависит от величины заданного припуска и шероховатости обработанной поверхности. Обычно $t = 2 \dots 10$ мм. Наиболее рациональной является обработка за один проход [2].

Цельные цилиндрические фрезы из быстрорежущей стали применяют для фрезерования материалов с пределом прочности $\sigma_b \leq 1000$ МПа и твердостью $HRC_{\text{с}} \leq 30$ [2].

Фрезерование высокопрочных сталей, жаропрочных литейных и титановых сплавов рекомендуется выполнять фрезами, оснащенными пластинами из твердых сплавов.

Стандартные цилиндрические фрезы изготавливают из быстрорежущих сталей по ГОСТ 29092-91 двух исполнений: 1 – с мелким зубом (для чистового фрезерования); 2 – с крупным зубом (для чернового фрезерования).

Чистовое фрезерование обеспечивает получение шероховатости обработанной поверхности $R_z \leq 40$ мкм при глубине резания $t = 1 \dots 4$ мм. Черновое фрезерование назначают при $R_z > 40$ мкм и глубине резания $t = 5 \dots 10$ мм [2].

Основные конструктивные параметры. Наружный диаметр цилиндрических фрез D (рис. 11.1, 11.3), мм, определяем по зависимости [2]

$$D = 0,2 \cdot B^{0,26} \cdot t^{0,09} \cdot S_z^{0,06} \cdot l_{\text{оп}}^{0,78} \cdot \delta^{-0,26}, \quad (11.1)$$

где B – ширина фрезерования, мм;

t – глубина фрезерования, мм;

S_z – подача на зуб, мм/зуб;

$l_{\text{оп}}$ – расстояние оправки между шпинделем станка и серьгой (250...350 мм), мм;

δ – прогиб фрезерной оправки ($\delta = 0,2$ мм при чистовом и $\delta = 0,4$ мм при черновом фрезеровании).

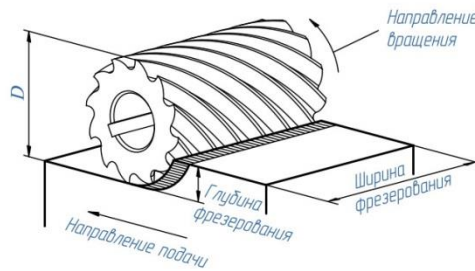


Рис. 11.1. Фрезерование цилиндрической фрезой

В формулу (11.1) подставляем приближенное значение подачи $S_z = 0,3$ мм/зуб для чернового и $S_z = 0,15$ мм/зуб для чистового фрезерования. Полученное значение округляем до ближайшей стандартной величины из ряда: 50, 63, 80, 100, 125, 160. Определяем диаметр посадочного отверстия d_1 , мм, примерное соотношение D/d_1 составляет 2,5 (табл. 11.1).

Определяем число зубьев фрезы Z для чернового фрезерования [2]

$$Z = \frac{0,2 \cdot D}{(t \cdot S_z)^{0,5}} . \quad (11.2)$$

Таблица 11.1

Посадочные диаметры фрез

D , мм	50	63	80	100	125	160
d_1 , мм	22	27	32	40	40	50

Для чистовой обработки

$$Z = \frac{\pi \cdot D}{4 \cdot i \cdot e}, \quad (11.3)$$

где i – число переточек фрезы, $i = 15 \dots 20$;

e – толщина слоя, снимаемого за одну переточку, $e = 0,15 \dots 0,25$ мм.

Расчетное значение округляют до целого четного числа.

ГОСТ 29092-91 устанавливает следующее соотношение диаметра и числа зубьев фрез (табл. 11.2).

Таблица 11.2

Соотношение диаметра и числа зубьев фрез

D , мм	50	63	80	100	125	160
Z , исп. 1	12	14	16	18	20	24
Z , исп. 2	6	8	10	12	14	18

Число зубьев фрезы Z можно также найти по формуле

$$Z = K \cdot \sqrt{D}, \quad (11.4)$$

где $K = 1,7 \dots 1,8$ для мелкозубых фрез;

$K = 1 \dots 1,2$ для фрез с крупными зубьями.

Угол наклона стружечных канавок фрезы из условия равномерности фрезерования [2]

$$\omega = \arctg \frac{c \cdot \pi \cdot D}{B \cdot Z}, \quad (11.5)$$

где $c = 1, 2, 3$ – целое число.

Сначала нужно принять $c = 1$. Если в результате расчета получится $\omega < 20^\circ$, то принимаем $c = 2$ и повторяем расчет. Рекомендуемое значение $\omega = 30 \dots 35^\circ$ для фрез с мелкими зубьями и $\omega = 40 \dots 45^\circ$ для фрез с крупными зубьями.

Направление угла наклона стружечных канавок следует выбирать так, чтобы осевая составляющая силы резания была направлена к шпинделю станка. Например, праворежущие фрезы (вращение шпинделя против часовой стрелки) должны иметь левое направление спирали зубьев.

Определяем конструктивные и технологические параметры фрезы [2]:
 центральный угол между зубьями ε

$$\varepsilon = \frac{360^\circ}{Z}; \quad (11.6)$$

окружной шаг зубьев P_0

$$P_0 = \frac{\pi \cdot D}{Z}; \quad (11.7)$$

осевой шаг зубьев P_s

$$P_s = \frac{P_0}{\tan \omega}; \quad (11.8)$$

нормальный шаг зубьев P_n

$$P_n = P_0 \cdot \cos \omega; \quad (11.9)$$

угол контакта фрезы с заготовкой ψ_k (рис. 11.2)

$$\psi_k = \arccos \left(1 - \frac{2 \cdot t}{D} \right); \quad (11.10)$$

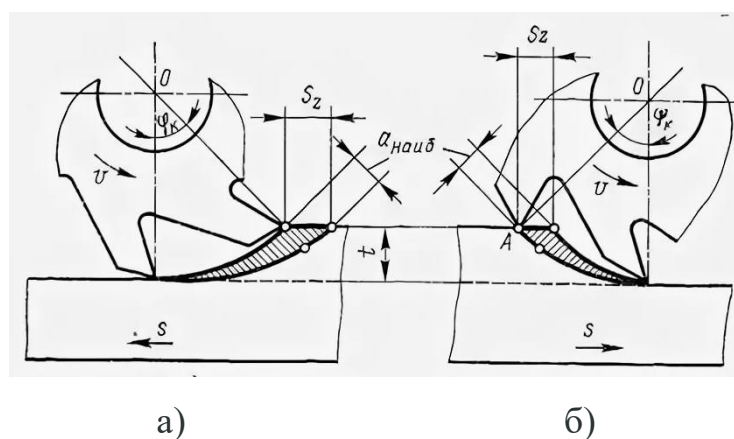


Рис. 11.2. Способы фрезерования: а) против подачи – встречное; б) по подаче – попутное

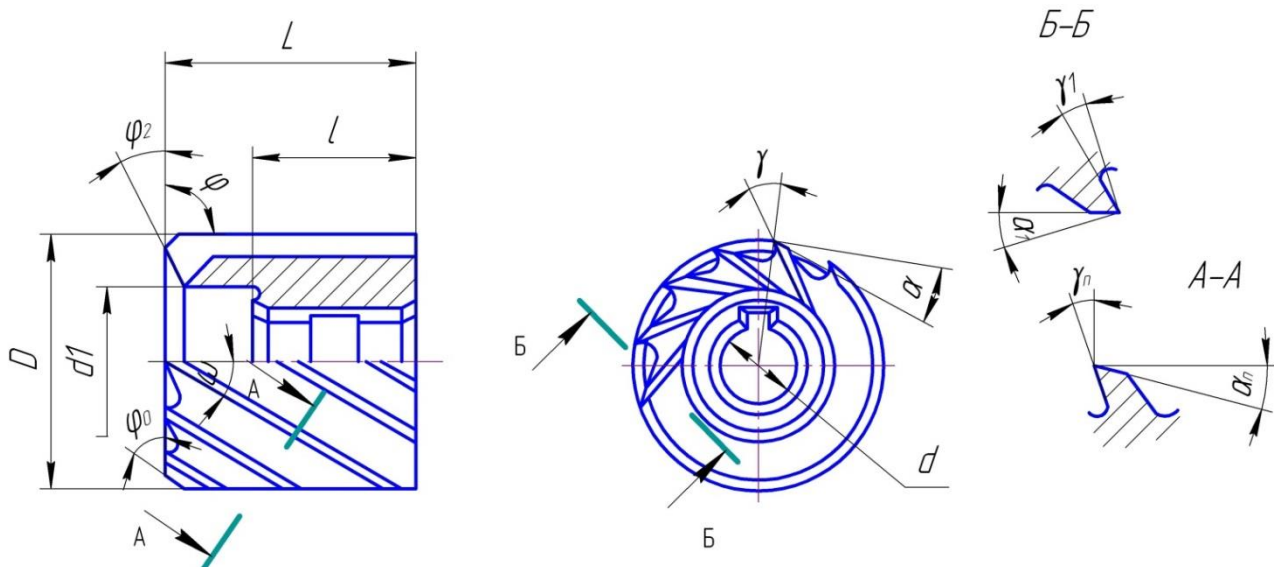


Рис. 11.3. – Геометрические параметры цилиндрической фрезы: φ – главный угол в плане; φ_0 – угол в плане переходной кромки; φ_2 – вспомогательный угол в плане; γ – поперечный передний угол; γ_n – главный передний угол; α – главный задний угол; α_n – нормальный задний угол; α_1, γ_1 – вспомогательные углы передний и задний; L и l – конструктивные параметры фрезы.

число одновременно работающих зубьев Z_0

$$Z_0 = \frac{\psi_k \cdot Z}{360} + \frac{B \cdot Z \cdot \operatorname{tg} \omega}{\pi \cdot D}, \quad (11.11)$$

рекомендуется $Z_0 \geq 3$;

стойкость фрезы T может находиться в пределах 60...180 мин, расчетное значение округляют до величины, кратной 10

$$T = 0,625 \cdot D^{1,3}; \quad (11.12)$$

длина фрезы (рис. 11.3)

$$L = B + 10;$$

передний угол в плоскости, перпендикулярной оси фрезы γ (рис. 11.3)

$$\gamma = \operatorname{arctg} \left(\frac{\operatorname{tg} \gamma_n}{\cos \omega} \right); \quad (11.14)$$

максимальная толщина среза $a_{наиб}$

$$a_{наиб} = S_z \cdot \sin \psi_k; \quad (11.15)$$

задний угол α

$$\alpha = \arcsin \left(0,13 / a_{наиб}^{0,3} \right); \quad (11.16)$$

задний угол в плоскости, перпендикулярной направлению зубьев (нормальной плоскости)

$$\alpha_n = \arctg \left(\operatorname{tg} \alpha / \cos \omega \right). \quad (11.17)$$

При фрезеровании различают подачу на один зуб S_z , подачу на один оборот фрезы S , мм/об, и подачу минутную S_M , мм/мин. Подачи находятся в соотношении [2]

$$S_M = S \cdot n = S_z \cdot Z \cdot n, \quad (11.18)$$

где n – частота вращения фрезы, об/мин.

Исходной величиной при черновом фрезеровании является S_z , при чистовом фрезеровании – S . Необходимо уточнить величину подачи при фрезеровании. Таблицы 11.3 и 11.4 содержат рекомендации по подаче для различных фрез и условий резания.

Таблица 11.3

Подачи S_z , мм/зуб, при черновом фрезеровании цилиндрическими фрезами из быстрорежущей стали

Мощность станка или фрезерной головки, кВт	Жесткость системы заготовка-приспособление	Обработка конструкционной стали	Обработка чугуна и медных сплавов
Фрезы с крупным зубом			
свыше 10	повышенная	0,40...0,60	0,60...0,80
	средняя	0,30...0,40	0,40...0,60
	пониженная	0,20...0,30	0,25...0,40
5...10	повышенная	0,25...0,40	0,30...0,50
	средняя	0,12...0,20	0,20...0,30
	пониженная	0,10...0,15	0,12...0,20
до 5	средняя	0,08...0,12	0,10...0,18
	пониженная	0,06...0,10	0,08...0,15
Фрезы с мелким зубом			
5...10	повышенная	0,10...0,15	0,12...0,20
	средняя	0,06...0,10	0,10...0,15
	пониженная	0,06...0,08	0,08...0,12
до 5	средняя	0,05...0,08	0,06...0,12
	пониженная	0,03...0,06	0,05...0,10

Примечания: 1. Большие значения подач брать для меньшей глубины и ширины фрезерования, меньшие — для больших значений глубины и ширины. 2. При фрезеровании жаропрочной и коррозионно-стойкой стали подачи брать те же, что и для конструкционной стали, но не выше 0,3 мм/зуб.

Таблица 11.4

Подачи S , мм/об, при чистовом фрезеровании плоскостей цилиндрическими фрезами из быстрорежущей стали

Шероховатость поверхности Ra , мкм	Цилиндрические фрезы из быстрорежущей стали при диаметре фрезы D , мм, в зависимости от обрабатываемого материала					
	конструкционная углеродистая и легированная сталь			чугун, медные и алюминиевые сплавы		
	40...75	90...130	150...200	40...75	90...130	150...200
3,2	1,0...2,7	1,7...3,8	2,3...5,0	1,0...2,3	1,4...3,0	1,9...3,7

1,6	0,6...1,5	1,0...2,1	1,3...2,8	0,6...1,3	0,8...1,7	1,1...2,1
-----	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Скорость резания – окружная скорость фрезы, м/мин, [2]

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^{m \cdot t^x} \cdot S_z^y \cdot B^{u \cdot Z^p}} \cdot K_v, \quad (11.19)$$

где значения коэффициента C_v и показателей степени приведены в таблице 11.5, а периода стойкости T – в таблице 11.6.

Таблица 11.5

Значения коэффициента C_v и показателей степени в формуле скорости резания при фрезеровании цилиндрическими фрезами из быстрорежущей стали

Материал режущей части	S_z , мм/зуб	Коэффициент и показатели степени в формуле скорости резания						
		C_v	q	x	y	u	p	m
Обработка конструкционной углеродистой стали $\sigma_B = 750$ МПа								
Р6М5	$\leq 0,1$	55	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
	$> 0,1$	35,4			0,4			
Обработка жаропрочной стали 12Х18Н9Т в состоянии поставки								
Р6М5		44	0,29	0,3	0,34	0,1	0,1	0,24
Обработка серого чугуна, HB 190								
Р6М5	$\leq 0,15$	57,6	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,25
	$> 0,15$	27			0,6			
Обработка ковкого чугуна, HB 150								
Р6М5	$\leq 0,1$	77	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
	$> 0,1$	49,5			0,4			
Обработка гетерогенных медных сплавов средней твёрдости, HB 100 – 140								
Р6М5	0,1	115,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
	0,1	74,3			0,4			
Обработка силумина и литейных алюминиевых сплавов, $\sigma_B = 100 \dots 200$ МПа, HB < 65 и								

дюралюминия $\sigma_B = 300...400$ МПа, HB < 100								
Р6М5	$\leq 0,1$	208	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
	$> 0,1$	133,5			0,4			

Примечание. Скорость резания для торцовых фрез, рассчитанная по табличным данным, действительна при главном угле в плане $\varphi = 60^\circ$. При других величинах этого угла значения скорости следует умножать на коэффициенты: при $\varphi = 15^\circ$ на 1,6; при $\varphi = 30^\circ$ – на 1,25; при $\varphi = 45^\circ$ – на 1,1; при $\varphi = 75^\circ$ – на 0,93; при $\varphi = 90^\circ$ – на 0,87.

Таблица 11.6

Среднее значение периода стойкости цилиндрических фрез T из
быстрорежущей стали

D , мм	50	63	80	100	125	160	200	250
T , мин	120			180			240	300

При проектировании фрез важно, чтобы форма их зубьев гарантировала:

- 1) достаточную прочность;
- 2) возможность многократной заточки;
- 3) достаточный объем стружечных канавок.

Наиболее распространены три типа остроконечных зубьев: трапецевидные, параболические и усиленные (рис. 11.4) [2].

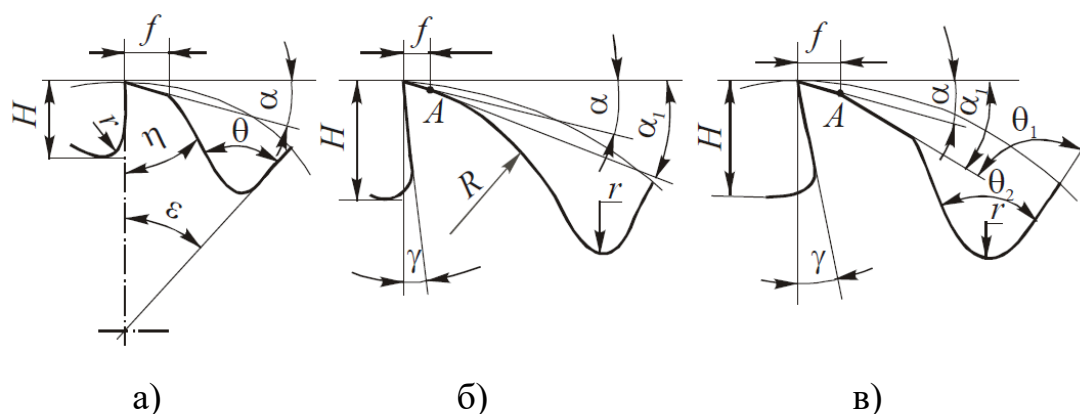


Рис. 11.4. Формы зубьев фрез: а – трапецевидная; б – параболическая; в – усиленная

Трапецеидальная форма применяется для мелкозубых фрез, когда $t \cdot S_z < 1$; параболическая и усиленная формы назначаются для крупнозубых фрез при $t \cdot S_z \geq 1$.

Параметры зубьев трапецеидальной формы выбирают в следующих пределах [2]:

Угол между передней поверхностью и спинкой зуба $\eta = 47 \dots 52^\circ$; угол канавки, измеряемый в плоскости, перпендикулярной направлению спирали зуба фрезы θ

$$\theta = \eta + \varepsilon_i, \quad (11.20)$$

где ε_i – центральный угол, соответствующий некоторому приведенному числу зубьев Z_i

$$Z_i = \frac{Z}{\cos^3 \omega}; \quad \varepsilon_i = \frac{360}{Z_i}; \quad (11.21)$$

ленточка при вершине зубьев, определяющая задний угол α , $f = 0,6 \dots 1$ мм;
высота зубьев фрезы

$$H = (0,5 \dots 0,65) \cdot P_0, \quad (11.22)$$

$$\text{или } H = \frac{\xi \cdot D}{Z}, \quad (11.23)$$

где $\xi = 0,8 \dots 0,9$;

радиус закругления дна впадины r

$$r = 2 \cdot \sqrt{t \cdot S_z}, \quad (11.24)$$

обычно принимают $r = 1 \dots 4$ мм.

Для криволинейной формы зуба применение параболической спинки зуба обеспечивает равнопрочность на изгиб, но на практике профиль делают с радиусом R [2]

$$R = (0,3 \dots 0,45) \cdot D. \quad (11.25)$$

Высота зуба принимается [2]

$$H = (1,2 \dots 1,5) \cdot \frac{D}{Z}; \quad (11.26)$$

Радиус закругления дна впадины [2]

$$r = (0,4 \dots 0,75) \cdot H. \quad (11.27)$$

Двухугловая (усиленная) форма зуба применяется вместо криволинейной. Профиль спинки зуба близок к параболе. Формообразование задней поверхности ведут по хордам окружности двумя угловыми фрезами. Угол канавки (рис. 11.4 в) $\theta_2 = 60 \dots 65^\circ$. Параметры R , H , r , f определяют по формулам криволинейной формы зуба. Угол наклона среза $\alpha_1 = 20 \dots 30^\circ$.

Длина первой хорды f_1 (рис. 11.5) [2]

$$f_1 = (0,3 \dots 0,4) \frac{2 \cdot \pi \cdot R_i}{Z_i}, \quad (11.28)$$

где

$$R_i = \frac{D}{2 \cdot \cos^2 \omega}. \quad (11.29)$$

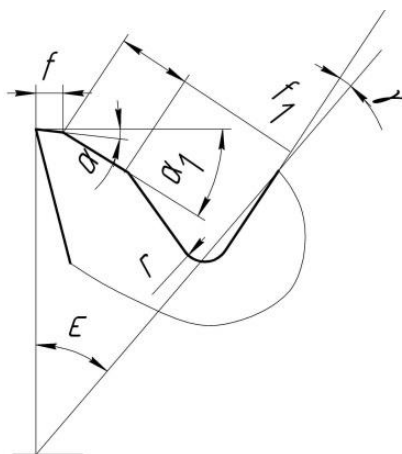


Рис. 11.5. Двухуголовая форма зуба

Окончательно размеры зуба и канавки уточняются в процессе их вычерчивания в увеличенном масштабе.

Для фрез с крупными зубьями рекомендуется неравномерное расположение зубьев по окружности. Величина центральных углов для фрез с разным числом зубьев приведена в таблице 11.7.

Таблица 11.7

Центральные углы фрез с крупными зубьями

Z	6	8	10	12	14	18
$\varepsilon, ^\circ$	57; 63	42; 48	33; 39	27; 33	22,7; 28,7	23; 17

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучите теорию, изложенную в работе.
2. На основе данных, представленных в таблице 11.8, осуществите расчеты цельной цилиндрической фрезы.
3. Составьте отчет о работе.

Таблица 11.8

Варианты задания

№	B , мм	t , мм	фрезерование	№	B , мм	t , мм	фрезерование
---	----------	----------	--------------	---	----------	----------	--------------

варианта				варианта			
1	10	2	черновое	11	60	0,5	чистовое
2	15	0,8	чистовое	12	65	26	черновое
3	20	0,6	чистовое	13	70	28	черновое
4	25	8	черновое	14	75	30	черновое
5	30	0,5	чистовое	15	80	0,4	чистовое
6	35	12	черновое	16	85	12	черновое
7	40	1,0	чистовое	17	90	14	черновое
8	45	18	черновое	18	95	0,3	чистовое
9	50	0,8	чистовое	19	100	20	черновое
10	55	22	черновое	20	105	0,5	чистовое

Литература: 2.

12 РАСЧЕТ ЦЕЛЬНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФРЕЗЫ. ЧАСТЬ 2

Цель: Освоить методику расчета технико-экономических показателей для цилиндрических фрез.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: требования к оформлению конструкторской документации на рабочие чертежи фрез.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: пользоваться специализированной литературой для решения задач проектирования цилиндрических фрез.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методика проектирования цилиндрических фрез.

Формируемые компетенции: ОПК-5, ПК-2, ПК-6.

Актуальность темы: Фрезы – это один из самых распространенных видов инструмента, и среди них фрезы с винтовыми зубьями выделяются своей функциональностью и способностью обеспечивать более качественную обра-

ботку. Чтобы эти фрезы работали максимально точно и качественно, при их разработке необходимо тщательно учитывать нагрузку на конструкцию. Именно поэтому изучение конструкции и методов проектирования фрез является важной и актуальной задачей.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Определяем частоту вращения шпинделя фрезерного станка n , об/мин, [2]

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \quad (12.1)$$

где v – скорость резания – окружная скорость фрезы, м/мин;

D – наружный диаметр цилиндрической фрезы, мм.

По паспортным данным станка принимаем равную или ближайшую меньшую частоту вращения шпинделя n_d , об/мин, $n_d \leq n$.

Определяем действительную скорость резания, м/мин, [2]

$$v_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000}. \quad (12.2)$$

Рассчитываем минутную подачу S_M , мм/мин, [2]

$$S_M = S_Z \cdot Z \cdot n_d, \quad (12.3)$$

где Z – число зубьев фрезы;

По паспортным данным станка принимаем равную или ближайшую меньшую S_{M_d} , $S_{M_d} \leq S_M$.

Определяем действительную подачу на зуб S_{Z_d} , мм/зуб, [2]

$$S_{зд} = \frac{S_{мд}}{n_d}. \quad (12.4)$$

Мощность N , затрачиваемая на процесс резания, кВт, [2]

$$N = C_N \cdot 10^{-5} \cdot D^{0,14} \cdot t^{0,86} \cdot B \cdot S_{зд}^{0,73} \cdot Z \cdot n_d \cdot K_N, \quad (12.5)$$

где C_N – коэффициент, $C_N = 3,5$;

B – ширина фрезерования, мм;

t – глубина фрезерования, мм;

$$K_N = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{0,3}. \quad (12.6)$$

σ_B – предел прочности обрабатываемого материала, МПа.

Полученное расчетное значение мощности резания сопоставляем с эффективной мощностью станка N_c , кВт, [2]

$$N_c = N_\varepsilon \cdot \eta, \quad (12.7)$$

где N_ε – мощность электродвигателя станка, кВт;

η – коэффициент полезного действия, $\eta = 0,7$.

Необходимо, чтобы выполнялось условие $N \leq N_c$. В противном случае следует выбрать более мощный станок или снизить параметры режимов резания. При этом в первую очередь уменьшают частоту вращения шпинделя станка.

Среднее значение главной составляющей силы резания P_z , Н, и крутящего момента M , Н·м [2]:

$$P_z = \frac{C_P \cdot 10^4 \cdot N}{v_d}, \quad (12.8)$$

где $C_P = 6$;

$$M = \frac{P_Z \cdot D}{2000}. \quad (12.9)$$

Машинное время обработки за один проход, T_M , мин, [2]

$$T_M = \frac{L_S}{S_{M_d}}, \quad (12.10)$$

где L_S – длина рабочего хода инструмента, мм,

$$L_S = l_1 + l_o + l_2,$$

l_1 – длина врезания, мм,

$$l_1 = \sqrt{t \cdot (D - t)}; \quad (12.11)$$

l_o – длина обрабатываемой поверхности, мм;

l_2 – длина перебега, мм, $l_2 = 1 \dots 3$ мм;

Коэффициент использования инструмента $K_{и}$

$$K_{и} = \frac{S_{zd} \cdot n_d}{S_z \cdot n}. \quad (12.12)$$

Коэффициент использования станка K_c

$$K_c = \frac{N}{N_c}. \quad (12.13)$$

Чертеж фрезы включает два вида фрезы и увеличенный профиль зуба в нормальном сечении. Конструктивные размеры фрезы указывают со следующими допусками (рис. 11.3, часть 1 работы, рис. 12.1):

наружный диаметр $D - j_5 16$;

посадочный диаметр $d_1 - H7$;

длина фрезы $L - j_5 16$;

ширина шпоночного паза – $C11$;

глубина шпоночного паза – $H12$.

Отклонения формы и расположения поверхностей не должны превышать следующих величин [2]:

допуск радиального биения режущих кромок относительно оси посадочного отверстия не более 0,06 мм;

допуск биения опорных торцов относительно поверхности посадочного отверстия не более 0,02 мм;

допуск конусообразности по наружному диаметру фрез длиной до 50 мм – 0,01 мм; длиной более 50 мм – 0,015 мм.

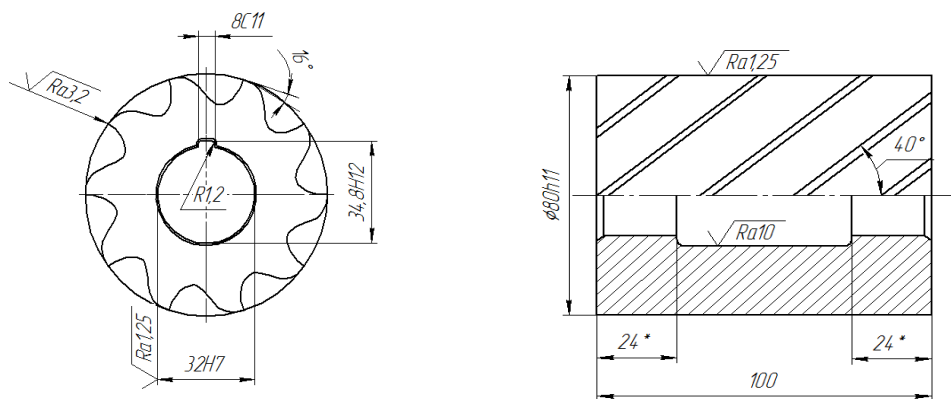


Рис. 12.1. Фреза цилиндрическая (ГОСТ 29092-91)

В технических требованиях также должны быть указаны инструментальный материал; твердость рабочей части фрез из быстрорежущей стали 63...66 HRC; шероховатость передней и задней поверхностей не более $Ra = 0,63$; шеро-

ховатость посадочного отверстия и опорных торцов не более $Ra = 1,25$. Маркировка фрезы на торце: товарный знак предприятия – изготовителя, обозначение фрезы, диаметр, марка инструментальной стали.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучите теорию, изложенную в работе.
2. Продолжите расчет цельной цилиндрической фрезы по данным таблицы 11.8 из задания к занятию 11.
3. Составьте отчет о работе.

Литература: 2.

13 ПРОЕКТИРОВАНИЕ КРУГЛЫХ ПЛАШЕК

Цель: овладеть методикой проектирования круглых плашек.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: геометрические и конструктивные параметры круглых плашек.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: расчет и конструирование круглых плашек для метрической резьбы.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками проектирования круглых плашек.

Формируемые компетенции: ОПК-5, ПК-2, ПК-6.

Актуальность темы: Плашки являются основным инструментом для формирования наружной резьбы. Плашка – это специализированный режущий инструмент, который позволяет создавать или корректировать наружные резьбы различных типов. Они могут использоваться как при ручной работе, так и в составе механизированных процессов, служа оснасткой для токарных, сверлильных и других металлообрабатывающих станков. Благодаря своей конструктивной простоте и multifunctionality, плашки находят применение

как в ремонтном производстве, так и в условиях промышленного серийного производства.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Назначение и типы. Резьбонарезная плашка представляет собой модифицированную гайку, оснащенную режущими кромками (перьями) и специальными канавками для отвода стружки [5, с. 79]. Этот регулируемый инструмент с резьбовым отверстием предназначен для создания наружной резьбы диаметром d от 1 до 60 мм на различных материалах, таких как стали, цветные сплавы и пластмассы. Плашки также используются для калибровки уже нарезанной резьбы. Процесс резьбонарезания может осуществляться вручную или с помощью различных станков (токарных, револьверных, автоматов). Резьба нарезается за один проход с последующим обратным ходом для снятия плашки. Инструментальной промышленностью выпускается несколько типов круглых плашек, которые представлены в таблице 13.1 и на рисунке 13.1.

Таблица 13.1

Типы круглых плашек

Тип плашек	Назначение
Круглые	Для нарезания метрической резьбы и трубной цилиндрической резьбы
Круглые для конической резьбы	Для нарезания конической дюймовой резьбы и трубной конической резьбы
Круглые для круглой резьбы	Для нарезания круглой резьбы на трубах санитарно-технической арматуры

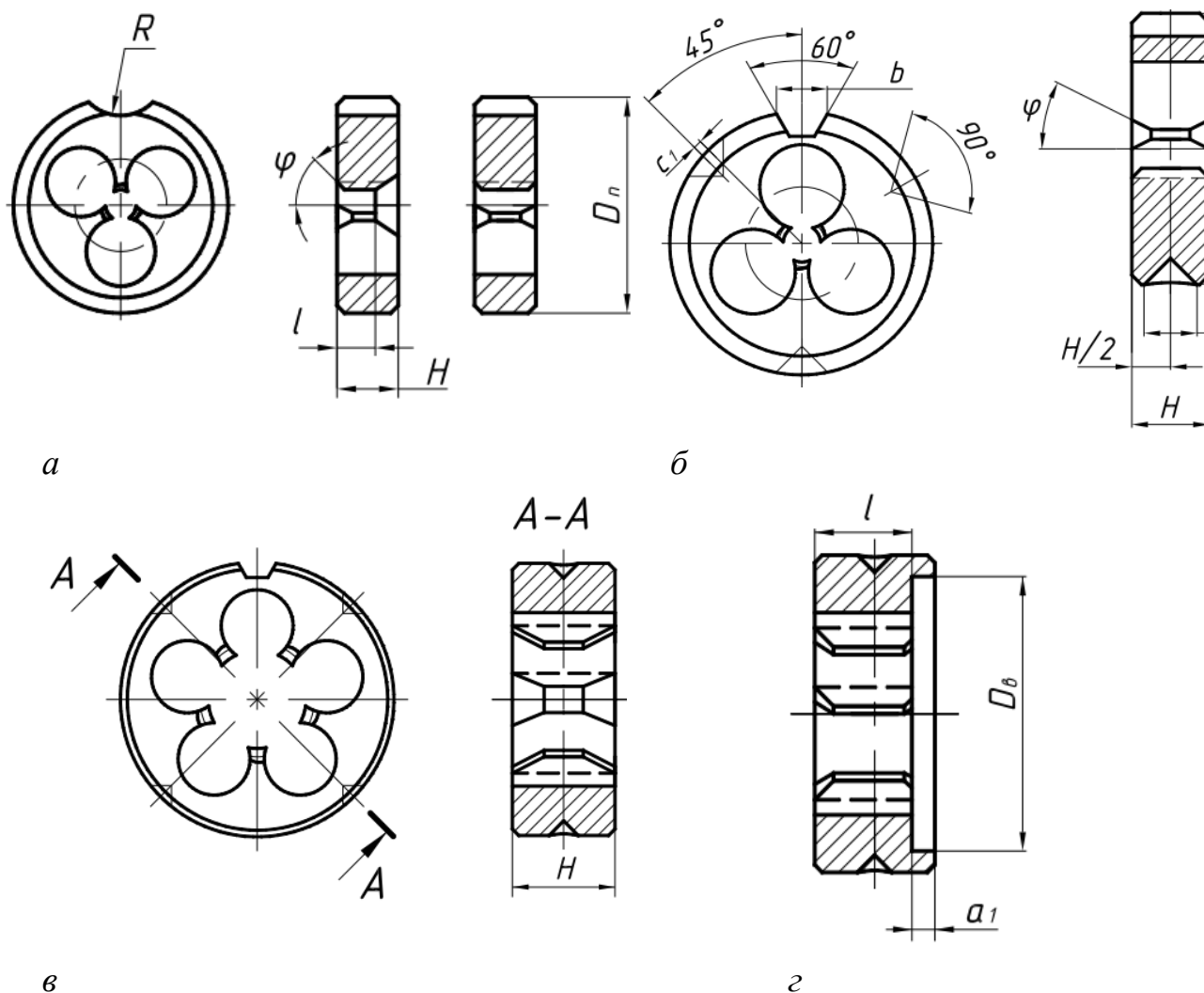


Рис. 13.1. Типы и основные размеры круглых плашек для нарезания резьб диаметром: *a* – от 1 до 3 мм; *б* – свыше 3 до 5 мм; *в* – свыше 5 мм; *г* – плашка с выточкой

Плашки для нарезания резьбы имеют ограниченный ресурс из-за невысокого периода стойкости, что диктует низкие скорости обработки (2...4 м/мин) и, как следствие, низкую производительность. Кроме того, отсутствие шлифовки профиля резьбы на самих плашках означает, что любые погрешности, возникшие при термообработке, переносятся на обрабатываемую деталь. По этой причине плашки могут использоваться для нарезания резьбы только с менее строгими допусками: не выше $6h$ и $8h$ (для переходных посадок) или $6e$ и $6d$ (для посадок с зазором).

Основные характеристики и устройство круглой плашки.

Круглая плашка, как показано на рисунках 13.2 и 13.3, состоит из следующих элементов [5, с. 79]:

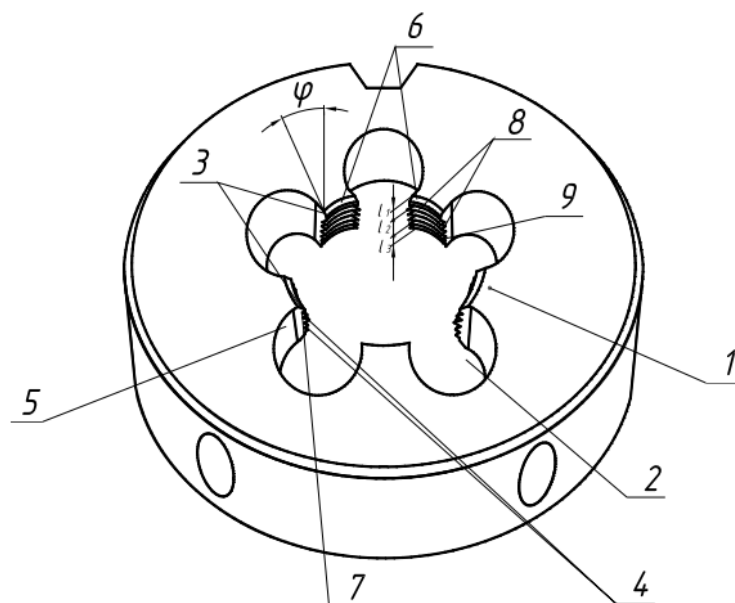
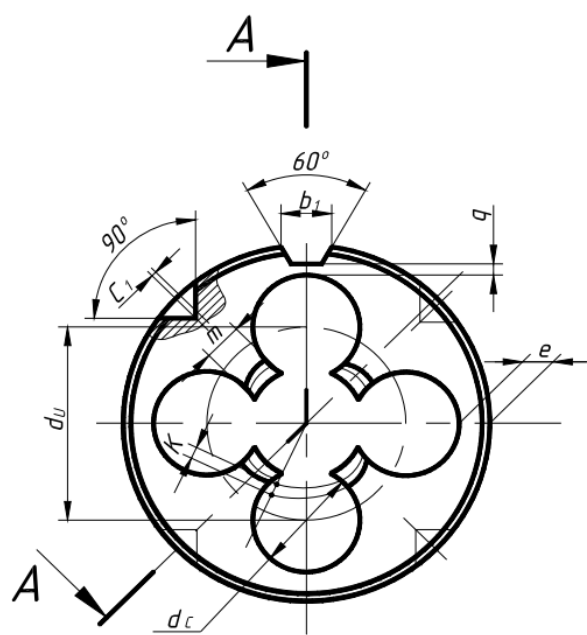
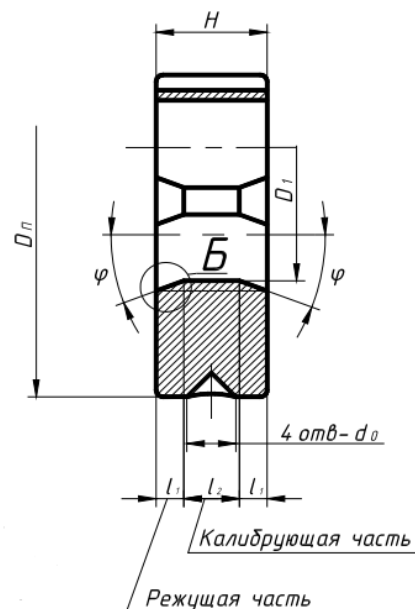


Рис. 13.2. Конструктивные элементы круглой плашки: 1 – перо; 2 – стружечное отверстие (5 отв.); 3 – режущая часть (заборный конус) (l_1, l_3); φ – угол заборного конуса; 4 – калибрующая часть (l_2); 5 – передняя поверхность; 6 – задняя поверхность; 7 – режущие зубья



A-A



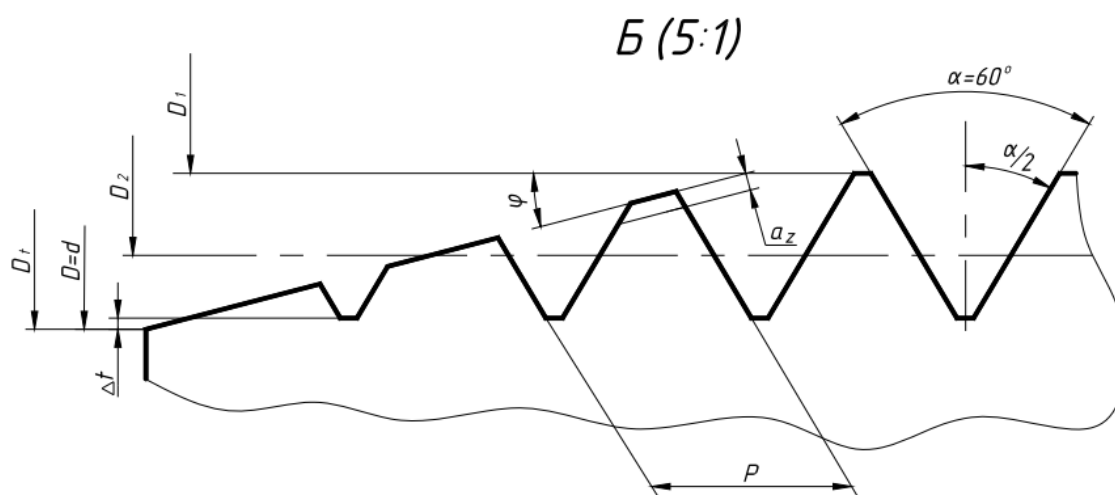


Рис. 13.3. Конструктивно-геометрические параметры круглой плашки

1. Режущая часть, которая формирует профиль нарезаемой резьбы; на круглых плашках выполняются две режущие части (два заборных конуса – l_1 , l_3), что позволяет использовать плашку с любой стороны.

2. Калибрующая часть – l_2 предназначена для центрирования, направления и самоподачи плашки.

3. Элементы базирования, крепления и регулирования плашки на размер.

Процесс базирования плашки осуществляется путем ее установки на одну из торцевых поверхностей. Для надежного закрепления плашки в держателе на ее наружной цилиндрической поверхности предусмотрены специальные конические углубления. Эти углубления выполняют две основные роли: одни служат исключительно для фиксации инструмента, а другие, помимо фиксации, предоставляют возможность регулировки размера плашки после прорезания перемычки, толщина которой обозначена как q (рис. 13.3).

На рисунках 13.2 и 13.3 наглядно продемонстрированы основные конструктивные и геометрические параметры круглых плашек. Параметры, которые требуют выбора или расчета при работе с плашками, представлены в таблице 13.2 (рис. 13.3, 13.4, 13.5) [5, с. 82].

Таблица 13.2

Конструктивные и геометрические параметры плашек

Наименование параметра	Обозначение
Наружный диаметр плашки, мм	D_n
Наружный диаметр резьбы, мм	D
Средний диаметр резьбы, мм	D_2
Внутренний диаметр резьбы, мм	D_1
Угол заборного конуса, градус	φ
Режущая часть, мм	l_1
Калибрующая часть, мм	l_2
Общая длина рабочей части плашки, мм	l
Толщина плашки, мм	H
Число перьев, шт.	Z
Диаметр стружечных отверстий, мм	d_c
Диаметр окружности, определяющей положение осей стружечных отверстий, мм	$d_{Ц}$
Ширина пера, мм	m
Ширина просвета, мм	c
Передний угол при вершине зуба, градус	γ_B
Задний угол при вершине зуба, градус	α_B
Падение затылка, мм	K
Толщина стенки, мм	e
Ширина паза, мм	b
Толщина перемычки по дну паза, мм	q
Диаметр конусных крепежно-регулирующих отверстий, мм	d_o
Смещение оси конусных (крепежных) отверстий, мм	c_1
Диаметр выточки, мм	D_ϵ

Расчет и выбор конструктивных и геометрических параметров.

Наружный диаметр плашек D_n определяется размером нарезаемой резьбы, диаметром стружечных отверстий d_c и другими конструктивными особенностями. Увеличение диаметра стружечных отверстий облегчает отвод и раз-

мещение стружки, снижая риск поломки зубьев. Однако это также приводит к увеличению наружного диаметра плашки D_n и уменьшению ширины режущих перьев t . Это влечет за собой увеличение коробления резьбовых поверхностей плашки при термообработке и большой расход материалов на изготовление самих плашек и их оснастки (плашкодержателей, патронов и т.д.). При выборе наружного диаметра D_n следует стремиться к тому, чтобы одна и та же плашка могла использоваться для нарезания резьб разных диаметров. Это позволит сократить номенклатуру плашкодержателей и технологической оснастки для производства плашек [5, с. 82–88]. Рекомендации по внешним диаметрам и другим параметрам круглых плашек для различных резьб согласно ГОСТ 9740–71 представлены в таблице 13.3 и таблице 1 приложения к данному занятию.

Номинальный наружный диаметр резьбы равен номинальному наружному диаметру резьбы болта ($D = d$).

Таблица 13.3

Значения наружных диаметров плашек

Диаметр нарезаемой резьбы d , мм	1...2,5	5...6	7...9	10...11	12...14	16...20	22...26	27...36	39...42	45...55	55...60	> 60
Наружный диаметр плашки D_n , мм	16	20	25	30	38	45	55	65	75	80	105	120

Номинальный средний диаметр определяем по формуле [5, с. 82–88]

$$D_2 = D - 0,6495 \cdot P . \quad (13.1)$$

Номинальный внутренний диаметр

$$D_1 = D - 0,0825 \cdot P . \quad (13.2)$$

Режущая часть плашек формирует профиль резьбы по одинарно-генераторной схеме резания. Каждый режущий зуб срезает стружку разной ширины и одинаковой толщины a_z . Этот принцип аналогичен процессу нарезания резьбы метчиками [5, с. 82–88].

Толщину срезаемой стружки определяем по формуле [5, с. 82–88]

$$a_z = \frac{P}{Z} \cdot \sin \varphi.$$

Угол заборного конуса φ при принятых шагах резьбы и количестве перьев Z определяет толщину стружки. С целью уменьшения номенклатуры нормализованного инструмента, выпускаемого централизованно, по ГОСТ 9740–71 установлено значение угла $\varphi = 25^\circ$ для резьбы $d > 2,5$ мм.

В случаях, когда сбег резьбы не лимитирован, при выборе значений угла φ исходят из повышения периода стойкости и надежности направления плашки, что возможно при уменьшении угла φ по сравнению со стандартным. Так, для резьб с шагом $P = 2 \dots 3$ мм угол $\varphi = 20^\circ$, для резьб с шагом $P > 3$ мм угол φ принимается равным 15° . При обработке вязких и твердых материалов значения угла φ принимаются до 20° .

Для обеспечения направления плашки при заходе на заготовку, диаметр конуса на торце плашки D_T должен быть больше наружного диаметра d нарезаемой резьбы на $2\Delta t = 0,1 \dots 0,5$ мм, т. е.

$$D_T = d + 2 \cdot \Delta t. \quad (13.3)$$

Находим взаимосвязь длины режущей части l_1 и угла φ [5, с. 82–88]

$$l_1 = \frac{D_T - D_1}{2 \operatorname{tg} \varphi}. \quad (13.4)$$

Процесс нарезания резьбы завершается, когда в работу вступают первые зубья калибрующей части. Этот этап, называемый калиброванием, обеспечивает окончательную точность резьбы. Последующие зубья калибрующей части служат для центрирования и направления инструмента. Для эффективного выполнения этих задач достаточно калибрующей части длиной в три-четыре витка. Увеличение этой длины l_2 негативно сказывается на точности резьбы из-за деформаций перьев плашки при термообработке, а также затрудняет отвод стружки. Учитывая особенности термообработки и основной метод переточки плашек (по передней поверхности), длину калибрующей части устанавливают равной

$$l_2 = (4 \dots 5) \cdot P. \quad (13.5)$$

Вычисляем общую длину рабочей части плашки [5, с. 82–88]

$$l = 2 \cdot l_1 + l_2. \quad (13.6)$$

Толщина плашки определяется необходимостью размещения достаточного количества ниток на режущей и калибрующей частях.. Для резьб с крупным шагом обычно достаточно толщины, равной $(6 \dots 9)P$ (где P – шаг резьбы). Длина рабочей части плашки в этом случае выбирается как ближайшее стандартное значение H из таблицы 1 приложения к данному занятию.

$$H = l. \quad (13.7)$$

Необходимая корректировка размера l проводится за счет изменения длины калибрующей части l_2 плашки. Для резьб с мелкими шагами с учетом унификации размера H допускается увеличение длины рабочей части l до $(9 \dots 14)P$. При этом в зависимости от ближайшего значения размера H принимается или H

$= l$, или плашка изготавливается с выточкой глубиной $a_1 = H - l$ (рис. 13.1 и 13.4).

Находим диаметр выточки [5, с. 82–88]

$$D_в = d_{ц} + d_c + (0,5 \dots 1) \text{ мм.} \quad (13.8)$$

Круглые плашки имеют стружечные отверстия, которые являются важной частью их конструкции. Геометрические параметры этих отверстий – диаметр d_c , диаметр окружности $d_{ц}$, на которой расположены их оси, и количество режущих перьев Z – оказывают определяющее влияние на конструктивные параметры плашки, включая передний угол γ , ширину пера t и размер e (рис. 13.5).

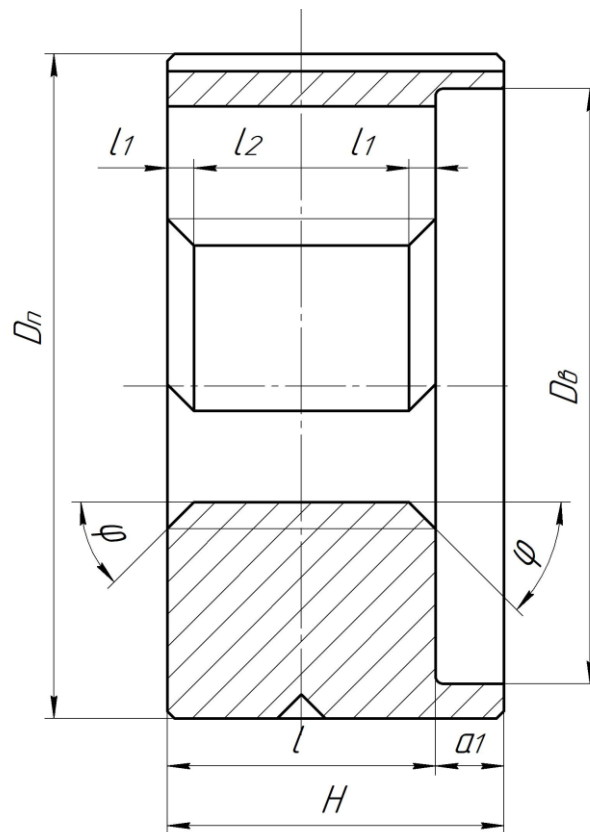


Рис. 13.4. Конструкция плашки с выточкой

При проектировании резьбонарезных плашек, включая выбор количества стружечных отверстий Z , а также диаметров d_c , $d_{ц}$ необходимо обеспечить [5, с. 82–88]:

- 1) эффективное стружкообразование и её отвод, оптимальный передний угол γ_B в пределах высоты профиля нарезаемой резьбы (рис. 13.5);
- 2) достаточное пространство для свободного размещения стружки;
- 3) достаточную прочность стенки плашки (размер e);
- 4) допустимое перекрытие f диаметра d_c и внутреннего диаметра резьбы плашки D_1 и оптимальное соотношение размеров ширины пера m и просвета c ;
- 5) универсальность технологической оснастки при изготовлении плашек одного диаметра с различными значениями шагов и с одинаковым количеством перьев.

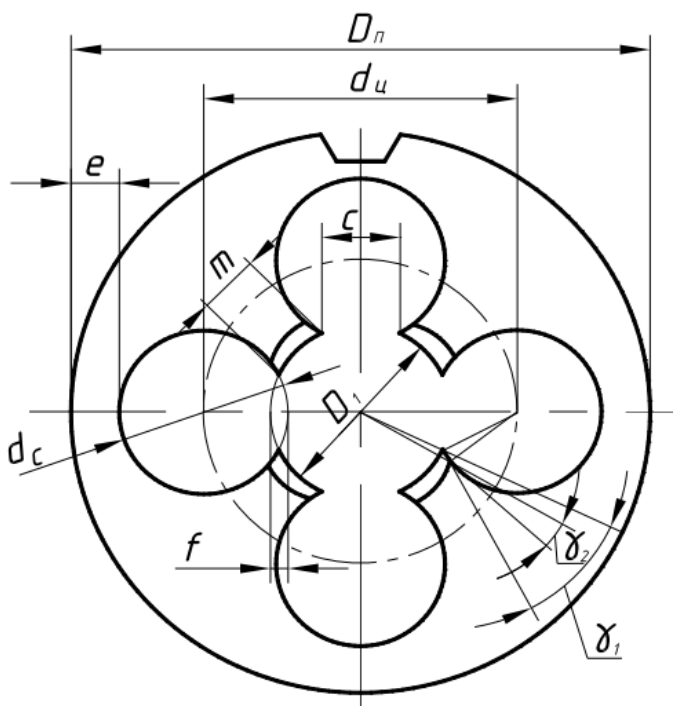


Рис. 13.5. Конструктивно-геометрические параметры плашки

Технология сверления стружечных отверстий предусматривает два варианта: с сохранением перемычки между ними и резьбовым отверстием, без перемычки, когда отверстия пересекаются. Во втором варианте сверление затруднено, так как из-за перекрытия отверстий возможно смещение оси сверла и его

поломка, что не наблюдается при первом варианте сверления. Однако второй вариант является предпочтительным, т. к. устраняется трудоемкая ручная операция распилки перемычки. Для обеспечения надежного сверления во втором варианте необходимо использовать направляющий кондуктор и строго выдерживать размер f перекрытия окружностей d_c и D_1 (рис. 13.5).

Должно выполняться условие [5, с. 82–88]

$$f \leq [f], \quad (13.9)$$

где

$$f = \frac{d_c}{2} - \left(\frac{d_{II}}{2} - \frac{D_1}{2} \right), \quad (13.10)$$

$$[f] = (0,05 \dots 0,1) \cdot d_c. \quad (13.11)$$

Для наилучшего размещения стружки, рекомендуется устанавливать максимально возможный диаметр стружечного отверстия d_c . Этот диаметр, в свою очередь, зависит от наружного диаметра плашки D_n , и ограничен толщиной стенки e и перекрытием f . Чтобы гарантировать прочность плашки, толщина стенки e должна быть выбрана в пределах [5, с. 82–88]

$$e = (0,6 \dots 0,9) \cdot \sqrt{D_n}. \quad (13.12)$$

Диаметр стружечных отверстий определяет по формуле [5, с. 82–88]

$$d_c = \frac{D_n - D_1 - 2e}{(1,9 \dots 1,8)}. \quad (13.13)$$

Диаметр d_{II}

$$d_{II} = D_1 + (0,9 \dots 0,85) \cdot d_c. \quad (13.14)$$

Представленные зависимости для расчета являются приближенными. Практическая реализация сверления стружечных отверстий требует унификации диаметров d_c и d_{II} для смежных размеров плашек. Это упрощает технологический процесс, позволяя использовать стандартный набор сверл и сократить количество кондукторов. Окончательное формирование геометрии стружечных канавок осуществляется заточкой передней поверхности зубьев плашки, при этом необходимо обеспечить плавный профиль без уступов и резких переходов для оптимального схода стружки.

В таблице 13.4 представлены рекомендуемые значения передних углов γ_B в плоскости, перпендикулярной оси плашки.

Передний угол γ_N в сечении, перпендикулярном главному режущему лезвию, определяющий условия резания, связан с расчетным углом γ_B выражением [5, с. 82–88]

$$\operatorname{tg} \gamma_N = \operatorname{tg} \gamma_B \cdot \cos \varphi. \quad (13.15)$$

Таблица 13.4

Передний угол в зависимости от обрабатываемого материала

Обрабатываемый материал	γ_B , градус
Сталь твердая, чугун, бронза	10...12
Сталь средней твердости, латунь, чугун ковкий	15...20
Сталь мягкая, легкие сплавы	20...25

Разница между углами γ_N и γ_B при применяемых углах заборного конуса φ составляет приблизительно 1...2°.

На рисунке 13.5 видно, что передний угол γ_B изменяется в пределах высоты резьбового профиля. На внутреннем диаметре резьбы γ_1 имеет большие значения, чем на наружном γ_2 . Существует два варианта исполнения передней поверхности плашки: криволинейная и прямолинейная. Несмотря на то, что пря-

молинейная поверхность считается более желательной, заточка криволинейной поверхности является более легким и быстрым процессом.

Ширина пера плашки – важный фактор, определяющий ее работоспособность. С увеличением ширины пера m (рис. 13.5) плашка лучше центрируется и направляется, улучшаются условия для самоподачи, увеличивается запас на переточки. В то же время, возрастающее трение между резбой и плашкой, наряду с погрешностями в форме зубьев и уменьшением просвета c , увеличивает риск защемления стружки и повреждения инструмента.

Ширина пера m должна быть меньше просвета c . Необходимо выдерживать соотношение $m/c = 0,6...0,8$. Таблица 13.5 содержит информацию для определения количества перьев плашки (стружечных отверстий) [5, с. 82–88].

Таблица 13.5

Количество перьев плашки в зависимости от диаметра и шага резбы

Диаметр нарезаемой резьбы d , мм	Количество перьев Z , шт.	
	Шаг нарезаемой резбы	
	крупный	мелкий
1...5	3	3
5,5...18	4	4...5
20...22	5	5...6
33	6	6...7
36...48	6	7...8

Ширину просвета определяем по формуле [5, с. 82–88]

$$c = \frac{\pi \cdot \omega}{90^0} \cdot \frac{D_1}{2}, \quad (13.16)$$

$$\text{где } \omega = \arccos \frac{d_{\text{ш}}^2 + D_1^2 - 4 \cdot E^2}{2 \cdot d_{\text{ш}} \cdot D_1}, \quad (13.17)$$

$$E = \frac{d_c}{2} + (0,035 \dots 0,025) \cdot D. \quad (13.18)$$

Находим ширину пера m

$$m = \frac{\pi \cdot D_1}{Z} - c. \quad (13.19)$$

Если полученные в результате расчетов величины e и f не соответствуют заданным условиям (13.9) и (13.12), необходимо повторить расчет, задав новые значения для e и f , а также для отношения m/c , придерживаясь установленных допустимых диапазонов. На основе этих новых данных, по формулам (13.13) и (13.14), будут определены обновленные значения d_c и $d_{\text{ц}}$. С точки зрения обеспечения прочности конструкции, минимальная ширина пера плашки должна быть не менее шага нарезаемой резьбы, остальная часть ширины пера идет на переточку (рис. 13.6), т. е.

$$m = P + \Delta m \cdot i,$$

где $\Delta m = 0,25 \dots 0,6$ мм – припуск, снимаемый при переточке;

i – количество переточек, ориентировочно $i = 4 \dots 10$.

Уточнение количества переточек плашки при выбранных значениях Z и m

$$i = \frac{m - P}{\Delta m}. \quad (13.20)$$

Задний угол α_B создается затылованием режущей части плашки. Величина заднего угла в плоскости, перпендикулярной оси плашки, должна быть в пределах $6 \dots 9^\circ$, на калибрующей $\alpha_B = 0^\circ$. Зависимость между задним углом α_B и падением затылка K описывается формулой

$$K = \frac{\pi \cdot D}{Z} \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (13.21)$$

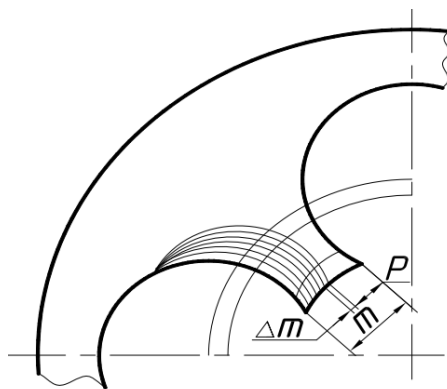


Рис. 13.6. Схема к определению количества возможных переточек плашки

Технологические ограничения не позволяют на плашках делать затылование по профилю (по боковым сторонам зубьев), и, следовательно, вспомогательные задние углы отсутствуют. Это приводит к повышенному трению между боковыми поверхностями резьбы и плашки, увеличивая риск заклинивания и требуя большего крутящего момента для резания. Однако, такое исполнение облегчает заход и центрирование плашки на заготовке.

Плашки для посадок скольжения следует изготавливать с полями допусков $6h$, $8h6h$, $8h$ и для посадок с зазорами – $6g$, $6e$, $6d$. Предельные отклонения на резьбу назначают согласно ГОСТ 17587–72 «Плашки круглые для метрической резьбы. Допуски на резьбу».

Предельные отклонения на половину угла профиля $\alpha/2$ в зависимости от шага резьбы приведены в таблице 13.6. Предельные отклонения по шагу, отнесенные к длине 25 мм, зависят от шага резьбы. Если шаг резьбы до 0,45 мм, значение этой величины равно ± 8 мкм; для всех остальных шагов отклонение по шагу составляет ± 10 мкм.

Технические требования к круглым плашкам, согласно ГОСТ 9740–71, должны быть определены на этапах расчета и конструирования. Из-за невозможности шлифовки резьбового профиля после термообработки, предпочтение отдается легированным сталям ХГСВ и 9ХС (ГОСТ 5950–2000) [5, с. 98–99]. Их преимущество заключается в более низкой температуре закалки, что исключает

оплавление режущих кромок, и меньшем короблении при закалке по сравнению с другими инструментальными сталями. В случае применения быстрорежущих сталей, для достижения необходимой точности резьбового профиля требуется дополнительная доводка специальными притирами. Твердость режущих кромок для плашек из легированных сталей должна находиться в пределах 58...62 HRC, а для плашек из быстрорежущих сталей – 61...63 HRC.

Таблица 13.6

Предельные отклонения на половину угла профиля $\alpha/2$

Шаг резьбы P , мм	0,2; 0,25	0,3; 0,35	0,4; 0,45	0,5	0,6; 0,75	0,8; 1,0	1,25; 1,5	1,75; 3,5	4...6
Предельное отклонение $\alpha/2$, мин	55	50	45	40	35	30	25	20	15

Шероховатость основных поверхностей плашек [5, с. 98–99]:

а) поверхности профиля резьбы: доведенного – $Ra = 0,63$ мкм; недоделанного – $Ra = 2,5$ мкм;

б) поверхности зубьев: передние и задние – $Ra = 1,6$ мкм. Указанная шероховатость выдерживается на передней поверхности в радиальном направлении на расстоянии не менее 1,5 высоты зубьев; шероховатость поверхностей торцов плашки $Ra = 1,6$ мкм;

в) наружных цилиндрических поверхностей – $Ra = 2,5$ мкм. Предельные отклонения размеров плашек должны быть: а) наружного диаметра D_n по $d11$; б) толщины плашки H по $h11$; в) угла заборного конуса $\varphi \pm 2^\circ 30'$.

Проверка радиального биения наружной цилиндрической поверхности неразрезанных плашек относительно оси резьбы, а также торцового биения в точке, наиболее удаленной от оси, осуществляется с помощью резьбовой конической оправки. Предельные значения этих биений представлены в таблице

Таблица 13.7

Предельные значения радиального и торцового биения

Номинальный диаметр d , мм	До 11	12...20	22...26	Свыше 26
Радиальное и торцовое биение, мм	0,05	0,36	0,07	0,1

Величина смещения осей гнезд под зажимные и регулировочные винты по отношению к плоскости, перпендикулярной оси плашки и проходящей на расстоянии половины толщины $H/2$ от торца, не должно превышать: для плашек толщиной H до 18 мм – 0,2 мм, толщиной $H > 18$ мм – 0,3 мм.

Пример проектирования круглой плашки. Спроектировать плашку для нарезания резьбы $M16\ 6h$ на болте из стали 45 [5, с. 100–101]:

1. Согласно таблице 1 приложения к данному занятию, для диаметра $d = 16$ мм установлен крупный шаг резьбы P , равный 2 мм.
2. Используя таблицу 13.3, устанавливаем наружный диаметр плашки $D_n = 45$ мм.
3. Наружный диаметр резьбы $D = d = 16$ мм.
4. Средний диаметр резьбы вычисляем по формуле (13.1)

$$D_2 = 16 - 1,299 = 14,701 \text{ мм.}$$

5. Внутренний диаметр резьбы вычисляем по зависимости (13.2)

$$D_1 = 16 - 2,165 = 13,835 \text{ мм.}$$

6. Устанавливаем в соответствии с ГОСТ 17587–72 предельные отклонения для диаметров резьбы плашки, соответствующие качеству $h6$:

$$D = 16_{-0,071}; D_2 = 14,701_{-0,096}^{-0,056}; D_1 = 13,835_{-0,368}^{-0,288}.$$

7. При шаге резьбы $P = 2$ мм, угол заборного конуса принимаем $\varphi = 20^\circ$.

8. Расчет диаметра конуса на торце плашки производим согласно формуле (13.3)

$$D_T = 16 + 0,3 = 16,3 \text{ мм.}$$

9. Длину заборного конуса (режущей части) определяем по формуле (13.4)

$$l_1 = \frac{16,3 - 13,835}{2 \operatorname{tg} 20} = 3,39 \text{ мм.}$$

10. Длину калибрующей части определяем по формуле (13.5)

$$l_2 = 4 \cdot 2 = 8 \text{ мм.}$$

11. Длину рабочей части определяем по формуле (13.6)

$$l = 2 \cdot 3,39 + 8 = 14,78 \text{ мм.}$$

12. Толщину плашки $H = 14_{-0,16}$ мм устанавливаем по таблице 1 приложения к данному занятию. Чтобы длина рабочей части плашки l была равна толщине планки H , уменьшаем длину калибрующей части на 0,78 мм

$$l_2 = 8 - 0,78 = 7,22 \text{ мм.}$$

13. Толщину стенки вычисляем по зависимости (13.12)

$$e = 0,7 \cdot \sqrt{45} = 4,695 \text{ мм.}$$

14. Диаметр стружечного отверстия определяем по формуле (13.13)

$$d_c = \frac{45 - 13,835 - 2 \cdot 4,695}{1,8} = 12,1 \text{ мм.}$$

15. По зависимости (13.14) рассчитываем диаметр окружности, на которой расположены оси стружечных отверстий

$$d_{\text{ц}} = 13,835 + 0,85 \cdot 12,1 = 24,12 \text{ мм.}$$

16. Перекрытие окружностей d_c и D_1 находим согласно выражению (13.10)

$$f = \frac{12,1}{2} - \left(\frac{24,12}{2} - \frac{13,835}{2} \right) = 0,91 \text{ мм.}$$

17. Допустимую величину перекрытия находим согласно выражению (13.11)

$$[f] = (0,05 \dots 0,1) \cdot 12,1 = 0,605 \dots 1,21 \text{ мм.}$$

18. Условие (13.9) выполняется, так как $0,91 < 1,21$.

19. Значение угла ω определяем по формуле (13.17)

$$\omega = \arccos \frac{24,12^2 + 13,835^2 - 4 \cdot 6,53^2}{2 \cdot 24,12 \cdot 13,835} = \arccos 0,903 = 25,44^\circ,$$

$$E = \frac{12,1}{2} + 0,03 \cdot 16 = 6,53 \text{ мм.}$$

20. Ширина просвета (13.16)

$$c = \frac{3,14 \cdot 25,44}{90^0} \cdot \frac{13,835}{2} = 6,14 \text{ мм.}$$

21. Ширина пера (13.19)

$$m = \frac{3,14 \cdot 13,835}{4} - 6,14 = 4,72 \text{ мм.}$$

22. Проверка выполнения соотношения $m/c = (0,6...0,8)$ показывает, что оно соблюдается, так как $4,72/6,14 = 0,77$.

23. По зависимости (13.21) определяем падение затылка. Предварительно принимаем задний угол $\alpha_b = 8^\circ$.

$$K = \frac{3,14 \cdot 16}{4} \cdot tg 8^0 = 1,75 \text{ мм.}$$

После округления значения K до ближайшего целого числа ($K = 2 \text{ мм}$), определяем фактическое значение заднего угла

$$\alpha_b = arctg \frac{K \cdot Z}{\pi \cdot D},$$

$$\alpha_b = arctg \frac{2 \cdot 4}{3,14 \cdot 16} = arctg 0,159 = 9^0.$$

24. Согласно таблице 13.4 устанавливаем величину переднего угла при обработке стали средней твердости $\gamma_b = 17^\circ$.

25. Согласно таблице 1 приложения к данной работе находим значения: $d_0 = 6,5$ мм; $b = 5$ мм; $c_1 = 1,2$ мм.

Толщину стенки принимаем $q = 1,5$ мм. Данные о расчетах и выбранных параметрах сведены в таблицу 13.8 [5, с. 100–101]:

Таблица 13.8

Конструктивно-геометрические параметры плашки

Наименование параметра	Численное значение параметра
Наружный диаметр D_{Π} , мм	45
Наружный диаметр резьбы D , мм	$16_{-0,071}$
Средний диаметр резьбы D_2 , мм	$14,701_{-0,096}^{-0,056}$
Внутренний диаметр резьбы D_1 , мм	$D_1 = 13,835_{-0,368}^{-0,288}$
Угол заборного конуса φ , градус	20
Длина режущей части l_1 , мм	3,39
Длина калибрующей части l_2 , мм	7,22
Диаметр конуса на торце D_T , мм	16,3
Толщина плашки H , мм	$14_{-0,16}$
Диаметр стружечных отверстий d_C , мм	12,1
Диаметр окружности, на которой расположены оси стружечных отверстий d_{Π} , мм	24,12
Ширина пера t , мм	4,72
Ширина просвета c , мм	6,14
Передний угол при вершине зуба γ_B , градус	17
Задний угол при вершине зуба α_B , градус	9
Падение затылка K , мм	2
Толщина стенки e , мм	4,695
Ширина паза b , мм	5
Толщина перемычки по дну паза q , мм	1,5
Диаметр конусных отверстий d_0 , мм	6,5
Смещение оси конусных отверстий c_1 , мм	1,2

На основе данных, полученных в ходе расчета, разработан рабочий чертеж круглой плашки (рис. 13.7).

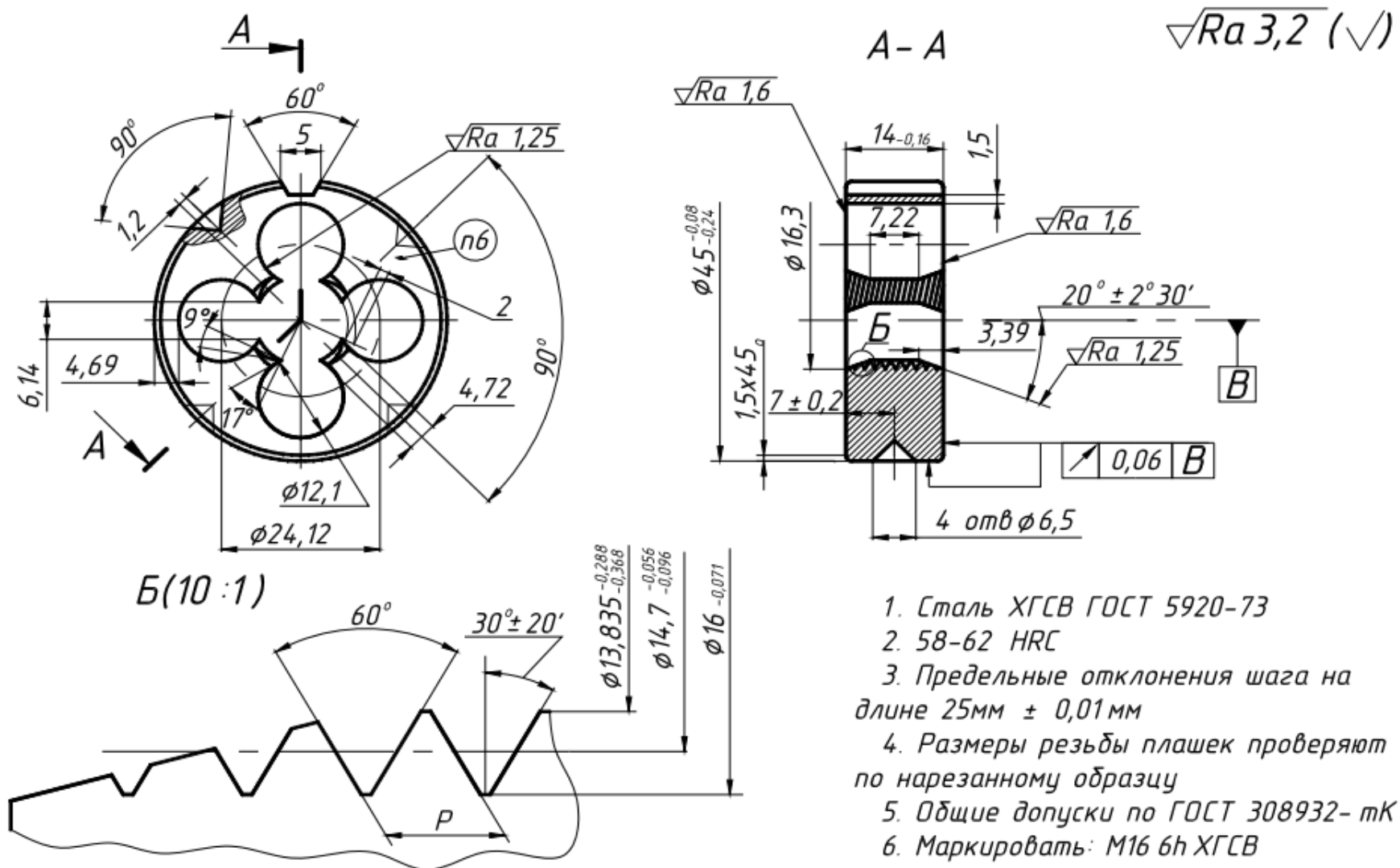


Рис. 13.7. Рабочий чертеж круглой плашки

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучите теорию, изложенную в работе.
2. Спроектируйте круглую плашку для нарезания метрической резьбы на заготовках болтов из стали 45, используя варианты таблицы 13.9.
3. Назовите основные режущие инструменты, предназначенные для нарезания резьбы на деталях.
4. Назовите основные конструктивные элементы резьбонарезных плашек и определите их назначение.
5. Составьте отчет по работе.

Таблица 13.9

Варианты задания

№ варианта	Резьба	№ варианта	Резьба	№ варианта	Резьба
1	<i>M20-6g</i>	8	<i>M12×0.5-8h</i>	15	<i>M16-8h</i>
2	<i>M6-6h</i>	9	<i>M20×2-8g</i>	16	<i>M16×1.5-6h</i>
3	<i>M10×1-6g</i>	10	<i>M16-8g</i>	17	<i>M6-6g</i>
4	<i>M30×2-6h</i>	11	<i>M10-8g</i>	18	<i>M6×0.75-6g</i>
5	<i>M20-8h</i>	12	<i>M10×1.25-6d</i>	19	<i>M8-6h</i>
6	<i>M24-6h</i>	13	<i>M12-8g</i>	20	<i>M8×1-8h</i>
7	<i>M24×2-6h</i>	14	<i>M12×1.5-6g</i>		

Литература: 5.

Приложение к данному занятию

Таблица 1

Конструктивные параметры круглых плашек для нарезания метрических резьб, мм

Диаметры резьб по ГОСТ 24705- 2004			D_n	Шаги P																				d_o	b	c_1	R	
				метрические по ГОСТ 24705–2004																								
				крупные			Мелкие P																					
							6	4	3	2		1,5		1,25	1,0	0,75		0,5		0,35	0,25	0,2						
P	H	l	H			H	l	H	l	H	H	l	H	l	H	l	H		H	l								
1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд																										
1	2	3	4	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
1	—	—	12	0,25	3	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	1,5	—	—	—	1,5
—	1,1	—		0,25	3	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	1,5				
1,2	—	—		0,25	3	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	1,5				
—	1,4	—		0,3	3	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—				
1,6	—	—		0,35	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—				
—	1,8	—		0,35	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—				
2,0	—	—		0,4	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—				
—	2,2	—	16	0,45	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—				
2,5	—	—		0,45	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—					
3,0	—	—		0,5	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—					

—	3,5	—	20	(0,6)	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	3,8	3,2	0,6	—	
4,0	—	—		0,7	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—						
—	4,5	—		(0,75)	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—	—					
5,0	—	—	(5,5)	0,8	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—	—				—		
—	—			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—	—						
6,0	—	—		1,0	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	5	—	—	—	—					—	
—	—	7,0	25	1,0	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	—	7	5	—	—	—	—	5,2	4,0	0,8	—		
8,0	—	—		1,25	9	—	—	—	—	—	—	—	—	7	—	7	—	7	5	—	—	—					—	
—	—	9,0		(1,25)	9	—	—	—	—	—	—	—	—	7	—	7	—	7	5	—	—	—					—	
10,0	—	—	30	1,5	11	—	—	—	—	—	—	—	11	8	—	8	—	8	5	—	—	—	6	4,0	1,0	—		
—	—	11,0		(1,5)	11	—	—	—	—	—	—	—	—	8	—	8	—	8	5	—	—	—			—		1,0	
12,0	—	—		1,75	11	—	—	—	—	—	—	11	—	11	8	—	8	—	8	5	—	—			—		—	
—	14,0	—	38	2	14	—	—	—	—	—	10	—	10	10	—	10	7	10	7	—	—	—	—	6,5	5,0	1,2	—	
—	—	15,0		—	—	—	—	—	—	—	—	10	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—					
16	—	—	45	2	14	—	—	—	—	—	10	—	—	10	—	10	7	—	—	—	—	—	7,5	5,3	1,2	—		
—	—	17		—	—	—	—	—	—	—	—	10	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—					—	
—	18	—		2,5	18	—	—	—	—	14	—	10	—	—	10	—	10	7	—	—	—	—					—	—
20	—	—		2,5	18	—	—	—	—	14	—	10	—	—	10	—	10	7	—	—	—	—					—	—
—	22	—		2,5	18	—	—	—	—	14	—	10	—	—	10	—	10	7	—	—	—	—					—	—
24	—	—	55	3	22	—	—	—	—	16	—	12	—	—	12	8	12	8	—	—	—	—	—	8,5	6,5	1,5	—	
—	—	25		—	—	—	—	—	—	16	—	12	—	—	12	8	—	—	—	—	—	—	—					—
—	—	(26)		—	—	—	—	—	—	—	—	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					—
—	27	—	55	3	22	—	—	—	—	16	—	12	—	—	12	8	12	8	—	—	—	—	—	8,5		1,5	—	
—	—	(28)		—	—	—	—	—	—	14	—	14	—	—	14	10	14	10	14	10	—	—	—					—
30	—	—		3,5	25	—	—	—	25	14	—	14	—	—	14	10	14	10	—	—	—	—	—					—
—	—	(32)		—	—	—	—	—	—	14	—	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					—

–	33	–	65	3,5	25	–	–	–	25	14	–	14	–	–	14	10	14	10	–	–	–	–	–	–	10	6,5	1,8	–		
–	–	35		–	–	–	–	–	–	–	–	14	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–				–		
36	–	–		4	25	–	–	–	18	14	–	14	–	–	14	10	14	–	–	–	–	–	–	–						
–	–	(38)		–	–	–	–	–	–	–	–	14	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–						
–	39	–		4	25	–	–	–	18	14	–	14	–	–	14	10	–	–	–	–	–	–	–	–						
–	–	40	75	–	–	–	–	–	20	16	–	16	12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	11,5	7,5	1,8	–			
42	–	–		4,5	30	–	–	30	20	16	–	16	12	–	16	12	–	–	–	–	–	–	–							
–	45	–		4,5	30	–	–	30	20	16	–	16	12	–	16	12	–	–	–	–	–	–	–							
48	–	–	90	5,0	36	–	–	36	22	18	–	18	14	–	18	14	–	–	–	–	–	–	–	9,0	2,0					
–	–	50		–	–	–	–	–	22	18	–	18	14	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–							
–	52	–		5,0	36	–	–	36	22	18	–	8	14	–	18	14	–	–	–	–	–	–	–	–						
–	–	55	105	–	–	–	–	25	25	20	–	20	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	13		10		2,0		
56	–	–		5,5	30	–	–	25	25	20	–	20	15	–	20	15	–	–	–	–	–	–	–						–	
–	–	58		–	–	–	–	25	25	20	–	20	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–						–	
–	60	–		(5,5)	30	–	–	25	25	20	–	20	15	–	20	15	–	–	–	–	–	–	–						–	
–	–	62	120	–	–	–	–	30	25	25	20	20	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	13	10	2,0				
64	–	–		6	36	–	–	30	25	25	20	20	15	–	20	15	–	–	–	–	–	–	–				–			
–	–	65		–	–	–	–	30	25	25	20	20	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–				–			
–	68	–		6	36	–	–	30	25	25	20	20	15	–	20	15	–	–	–	–	–	–	–				–			
–	–	70		–	–	–	36	30	25	25	20	20	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–				–			
72	–	–		–	–	–	36	30	25	25	20	20	15	–	20	15	–	–	–	–	–	–	–				–			
–	–	75		–	–	–	–	30	25	25	20	20	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–				–			
–	76	–		–	–	–	36	30	25	25	20	20	15	–	20	15	–	–	–	–	–	–	–				–			
–	–	(78)	135)	–	–	–	–	–	–	25	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		12					

14 ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИННО-РУЧНОГО НЕ КОРРИГИРОВАННОГО МЕТЧИКА

Цель: Освоить методику проектирования не корригированного машинно-ручного метчика.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: типы метчиков, их области применения и основные конструктивно-геометрические характеристики.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: выполнять проектирование конструктивных элементов метчика.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками выбора и проектирования машинно-ручного метчика.

Формируемые компетенции: ОПК-5, ПК-2, ПК-6.

Актуальность темы: Широкое применение метчиков в машиностроительной отрасли для формирования резьбы в отверстиях, а также их значительное разнообразие по конструктивным исполнениям и геометрическим характеристикам, определяют высокую актуальность данной темы.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Метчики – это режущие инструменты, предназначенные для создания внутренней резьбы в металле, а также для доводки уже существующей. Они могут формировать резьбу любого типа.

Известные конструкции метчиков, включая машинные и машинно-ручные, могут иметь прямые, винтовые или укороченные канавки для стружки (рис. 14.1, а, б, в), шахматное расположение зубьев (рис. 14.1, г) и корригированный профиль зубьев (рис. 14.1, д). Гаечные метчики отличаются прямым (рис. 14.1, е) или изогнутым хвостовиком [5, с. 6].

Наиболее распространены метчики с прямыми канавками благодаря их большей технологичности и более низкой стоимости. Метчики с винтовыми

канавками предпочтительны для работы в глухих отверстиях, отверстиях с прерывистой поверхностью, а также для облегчения удаления стружки при обработке вязких сталей и сплавов.

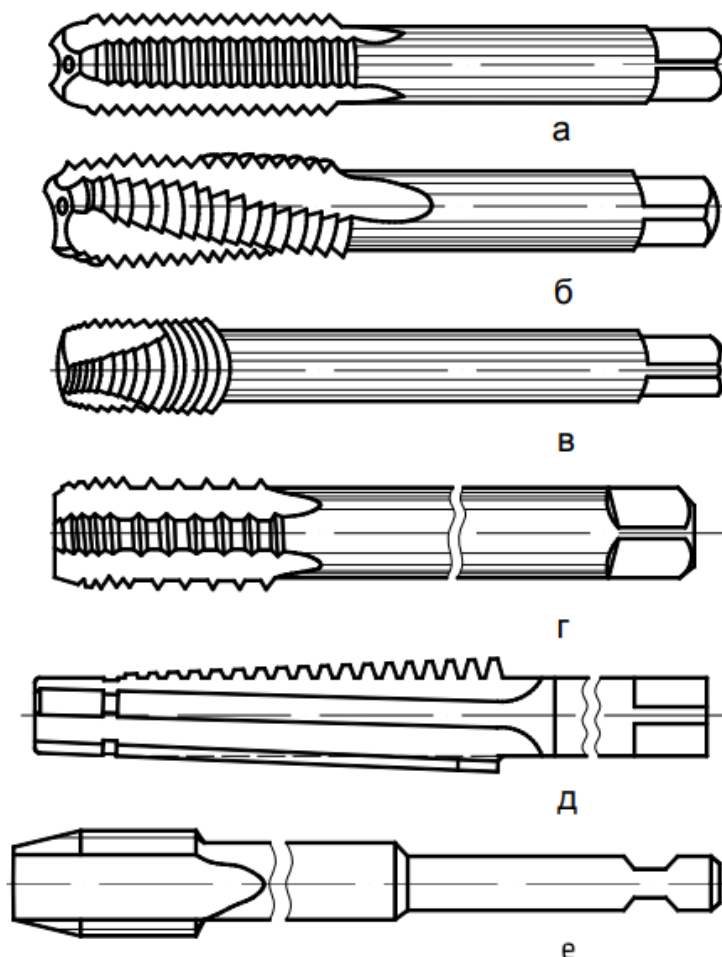


Рис. 14.1. Типы метчиков: а, б, в – с прямыми, винтовыми и укороченными стружечными канавками; г – с шахматным расположением зубьев; д – с скорректированным профилем зубьев; е – гаечные метчики

Метчики с укороченными канавками (бесканавочные" метчики) характеризующиеся минимальной длиной канавок, обладают улучшенными характеристиками прочности и стабильности центрирования. Они оптимальны для нарезания резьбы в отверстиях с глубиной, не превышающей $1,5D$, а также в заготовках, имеющих косой торец со стороны выхода метчика из отверстия. К ограничениям применения данных метчиков относится затрудненный доступ

СОЖ к режущим кромкам и повышенные значения крутящего момента, возникающие в процессе работы [5, с. 6].

Для обработки вязких металлов и труднообрабатываемых сплавов используются специальные метчики с прерывистой резьбой (рис. 14.1, г). Их особенность – удаленные зубья на перьях через шаг в шахматном порядке. Это улучшает процесс образования стружки, облегчает подачу смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания и снижает трение инструмента о резьбу. Каждый зуб такого метчика работает за два, они изнашиваются быстрее, а сила резания и крутящий момент увеличиваются. Поэтому такие метчики чаще применяют для нарезания резьбы в заготовках из легких сплавов.

Корригированные метчики (рис. 14.1, д) следует использовать для нарезания крупных метрических резьб со степенью точности до 6H и трапецеидальных резьб с расширенными допусками на исполнительные параметры. Их конструкция включает сравнительно длинный заборный конус и уменьшенный угол профиля зубьев относительно нарезаемой резьбы. Это приводит к снижению крутящего момента. В конструкции метчика может быть предусмотрена направляющая цапфа перед направляющим конусом (рис. 14.1, д) [5, с. 6].

Цапфа рекомендуется для изготовления метчиков, предназначенных для резьбы в сквозных отверстиях длиной более 1,5 диаметра ($1,5D$) и когда общая длина метчика превышает пятнадцатикратный диаметр ($L > 15d$).

Метчик следует выбирать в зависимости от обрабатываемого материала (табл. 14.1).

Таблица 14.1

Рекомендации по применению метчиков

Название метчиков	ГОСТ	Обрабатываемый материал
Машинно-ручные с прямыми канавками	3266-81	Углеродистые стали общего назначения

Машинные с винтовыми канавками	17933-72	обычного качества и качественные низколегированные стали общего назначения, литейные и ковкие чугуны
Машинные с укороченными канавками	17931-72	
Гаечные с прямым хвостовиком	1604-71	
Гаечные с изогнутым хвостовиком	6951-71	
Машинно-ручные с шахматным расположением зубьев	17927-72	Нержавеющие и жаропрочные стали и легкие сплавы
Гаечные с шахматным расположением зубьев, с прямым хвостовиком	17929-72	
Машинно-ручные с корригированным профилем зубьев	—	
Метчики-протяжки		
Метчики-накатники		

Конструктивные и геометрические параметры. Все метчики обладают общими конструктивными и геометрическими параметрами [5, с. 8–10]. На рисунке 14.2 представлены эти параметры применительно к машинно-ручному метчику.

Таблица 14.2 содержит наименование и обозначение параметров машинно-ручного метчика, которые необходимо выбрать или рассчитать.

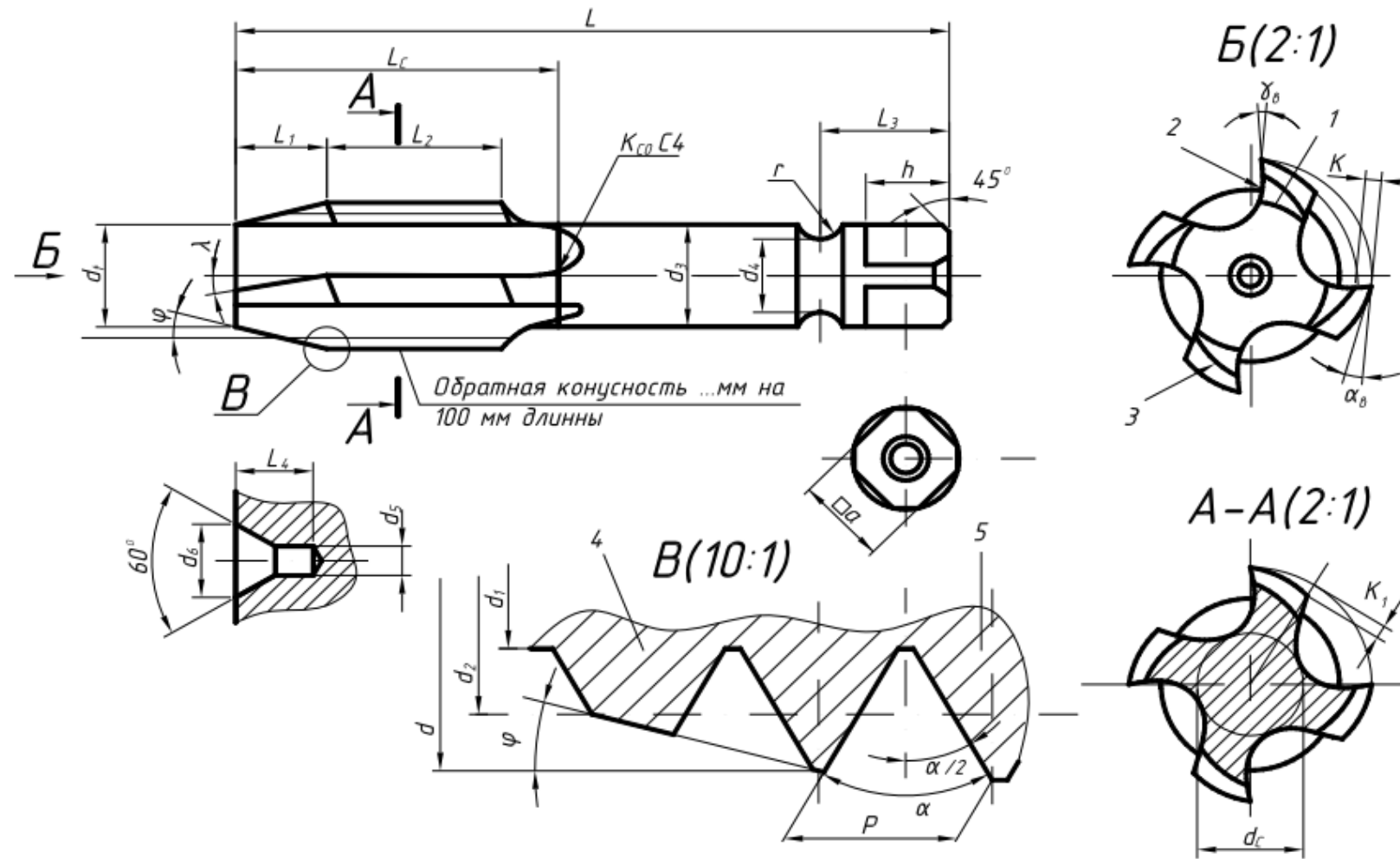


Рис. 14.2. Конструктивно-геометрические параметры машинно-ручного метчика: 1 – перо; 2 – передняя поверхность зуба представляет собой плоскость, плавно сопряженную с дном стружечной канавки; 3 – задняя поверхность (очерчена спиралью Архимеда); 4 – режущие зубья (профиль) представляет собой часть резьбовой нитки, срезанной под углом (затылованной на величину K), расположенной на режущей части метчика L_1 ; 5 – направляющие (калибрующие) зубья представляют собой часть резьбовой нитки, ограниченной стружечными канавками, расположенные на направляющей (калибрующей) части L_2 .

Таблица 14.2

Параметры машинно-ручного метчика

Наименование параметра	Обозначение	Примечание
Длина режущей части, мм	L_1	
Длина калибрующей части, мм	L_2	
Расстояние до сварного шва, мм	L_C	При $d > 12$ мм
Расстояние до середины канавки, мм	L_3	ГОСТ 3266–81
Высота квадрата, мм	h	
Сторона квадрата, мм	a	
Общая длина метчика, мм	L	
Наружный диаметр резьбы, мм	d	
Средний диаметр резьбы, мм	d_2	
Внутренний диаметр резьбы, мм	d_1	
Диаметр режущей части на переднем торце, мм	d_T	
Диаметр сердцевины, мм	d_c	
Диаметр хвостовика, мм	d_3	
Радиус профиля канавки, мм	r	ГОСТ 3266–81
Падение затылка на режущей части, мм	K	
Падение затылка на ширине пера калибрующей части, мм	K_1	
Шаг резьбы, мм	P	
Угол заборного конуса, градус	φ	
Угол подточки, градус	λ	канавки прямые
Угол профиля резьбы, градус	α	
Угол наклона винтовой канавки, градус	ω	
Число перьев, шт	Z	
Ширина пера, мм	b	
Передний угол на вершине зубьев, градус	γ_B	
Задний угол на вершине зубьев, градус	α_B	
Величина обратной конусности, мм	S	
Размеры центровых отверстий	d_5, d_6, L_4	ГОСТ 14034–74

Расчет и выбор конструктивных и геометрических параметров. Несмотря на многообразие метчиков, процесс их проектирования включает ряд общих этапов [5, с. 11–17]. Конкретное содержание и порядок этих этапов могут варьироваться в зависимости от типа и точности резьбы, ее размера и профиля.

1. Определение параметров внутренней резьбы детали (гайки)

Номинальный средний D_2 и внутренний D_1 диаметр резьбы гаек вычисляем по формулам. Например, при шаге $P = 1,5$:

$$D_2 = D - 1 + 0,026, \quad (14.1)$$

$$D_1 = D - 1 + 0,376, \quad (14.2)$$

где D – наружный диаметр резьбы гайки.

Зная наружный диаметр, по таблице 1 приложения к данному занятию находим значение крупного (нормального) или мелкого шага резьбы P и диаметры D_2 , D_1 в соответствии с ГОСТ 8724–2002. Угол профиля метрической резьбы $\alpha = 60^\circ$.

2. Выбор типа метчика, определение числа метчиков в комплекте и распределение нагрузки между ними

Для нарезания метрической резьбы с мелким шагом, а также при использовании машинных метчиков, рекомендуется применять комплекты из двух метчиков для глухих отверстий и одиночные метчики для сквозных отверстий.

Количество метчиков в комплекте определяется окончательно после подтверждения выполнения соответствующего условия [5, с. 16–17]

$$M_P \leq M_{кр}, \quad (14.3)$$

где M_P – крутящий момент резбонарезания;

$M_{кр}$ – критический крутящий момент, допускаемый прочностью метчика.

$$M_P = C_M \cdot d^{q_M} \cdot P^{Y_M} \cdot K_M \cdot K_3, \quad (14.4)$$

где d – номинальный наружный диаметр метчика ($d = D$);

P – шаг резьбы;

C_M, q_M, Y_M – коэффициент и показатели степени, учитывающие материал заготовки и рабочей части метчика;

K_M – коэффициент, учитывающий тип метчика и обрабатываемый материал;

K_3 – коэффициент, учитывающий влияние затупления метчика (табл. 14.3)

Таблица 14.3

Значения коэффициентов и показателей степени для расчета крутящего момента при работе машинно-ручными и гаечными метчиками

Материал режущей части метчика	Материал заготовки	C_M	q_M	Y_M	K_M	K_3
Быстрорежущие стали: P9, P18, P6M5	Сталь 10	0,27; 0,41*	1,4; 1,7*	1,5	0,7	2,3–3
	Сталь 20	0,27; 0,41*	1,4; 1,7*	1,5	1,0	2,3–3
	Сталь 45	0,27; 0,41*	1,4; 1,7*	1,5	1,0	2,3–3
	Сталь 55	0,27; 0,41*	1,4; 1,7*	1,5	1,0	2,3–3
	Сталь 40X	0,27; 0,41*	1,4; 1,7*	1,5	0,8	2,3–3
	Чугун серый 180–200 НВ	0,13	1,4; 1,7*	1,5	0,5	2,3–3
	Чугун ковкий	0,13	1,4; 1,7*	1,5	1,7	2,3–3
	Силумины	0,22	1,2	1,5	0,7	2,3–3

* – для гаечных метчиков

Значение $M_{кр}$ для машинно-ручных метчиков диаметров 6...20 мм приведены в таблице 14.4.

Таблица 14.4

Величина критического крутящего момента

Диаметр метчика d , мм	6	8	10	12	14	16	18	20
Критический момент $M_{кр}$, Н×м	4,6	11,4	23,0	40,0	64,0	104	160	220

Расчет начинается с определения, можно ли выполнить нарезание резьбы одним метчиком. Если это невозможно согласно условию (14.3), то рассматривается вариант использования комплекта из двух или трех метчиков. Нагрузка распределяется между ними пропорционально объему снимаемого материала (табл. 14.5). Если условие (14.3) выполняется для первого (чернового) метчика, то оно автоматически выполняется и для последующих в комплекте.

Таблица 14.5

Распределение нагрузки между метчиками, %

Название метчика в комплекте	Количество метчиков в комплекте		
	1	2	3
Черновой	–	70	50
Средний	–	–	35
Чистовой	100	30	15

3. Выбор схемы резания и определение размеров режущей части метчика

В процессе формирования впадины резьбы режущая часть метчика может срезать припуск по одинарно-генераторной (рис. 14.3, *а*, *в*) или одинарно-профильной (рис. 14.3, *б*) схемам [5, с. 18–21].

При одинарно-генераторной схеме каждый зуб срезает стружку разной ширины b_z и одинаковой толщины a_z (см. рис. 14.3, *а*). Для некорригированных машинно-ручных метчиков a_z определяют по формуле [5, с. 18–21]

$$a_z = \frac{P}{z} \cdot \sin \varphi \quad (14.5)$$

или выбирают по таблице 14.6.

Таблица 14.6

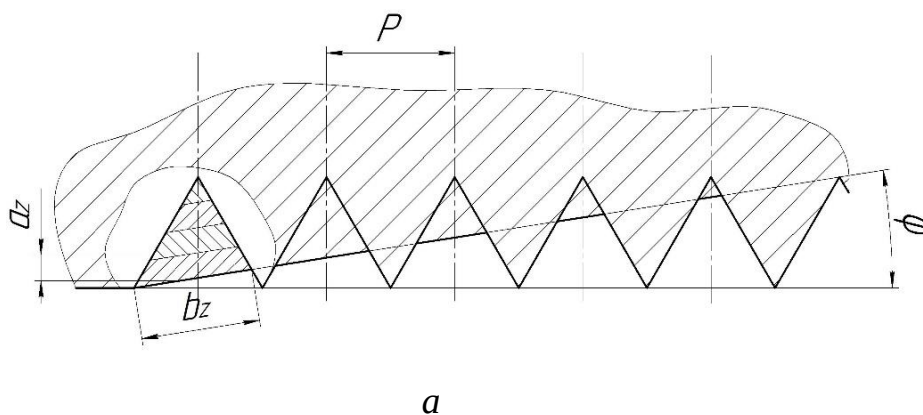
Рекомендуемые и предельные значения a_z для различных обрабатываемых материалов

Толщина срезаемой стружки a_z , мм	Обрабатываемый материал			
	Чугун	Сталь, ковкий чугун	Цветные металлы и сплавы	Труднообрабатываемая сталь
Рекомендуемая	0,04...0,07	0,03...0,05	0,06...0,09	0,025...0,03
Предельная	0,04...0,20	0,02...0,20	0,10...0,15	0,02...0,05

Для скорректированных метчиков (рис. 14.3, г) величину a_z определяют учитывая заданную шероховатость поверхности резьбы Δh .

Важнейшими параметрами, определяющими работу режущей части метчиков, являются угол φ и длина режущей части L_1 . Связь между этими параметрами устанавливается зависимостью [5, с. 18–21]

$$\varphi = \arctg \left[\frac{d - d_T}{2 \cdot L_1} \right]. \quad (14.6)$$



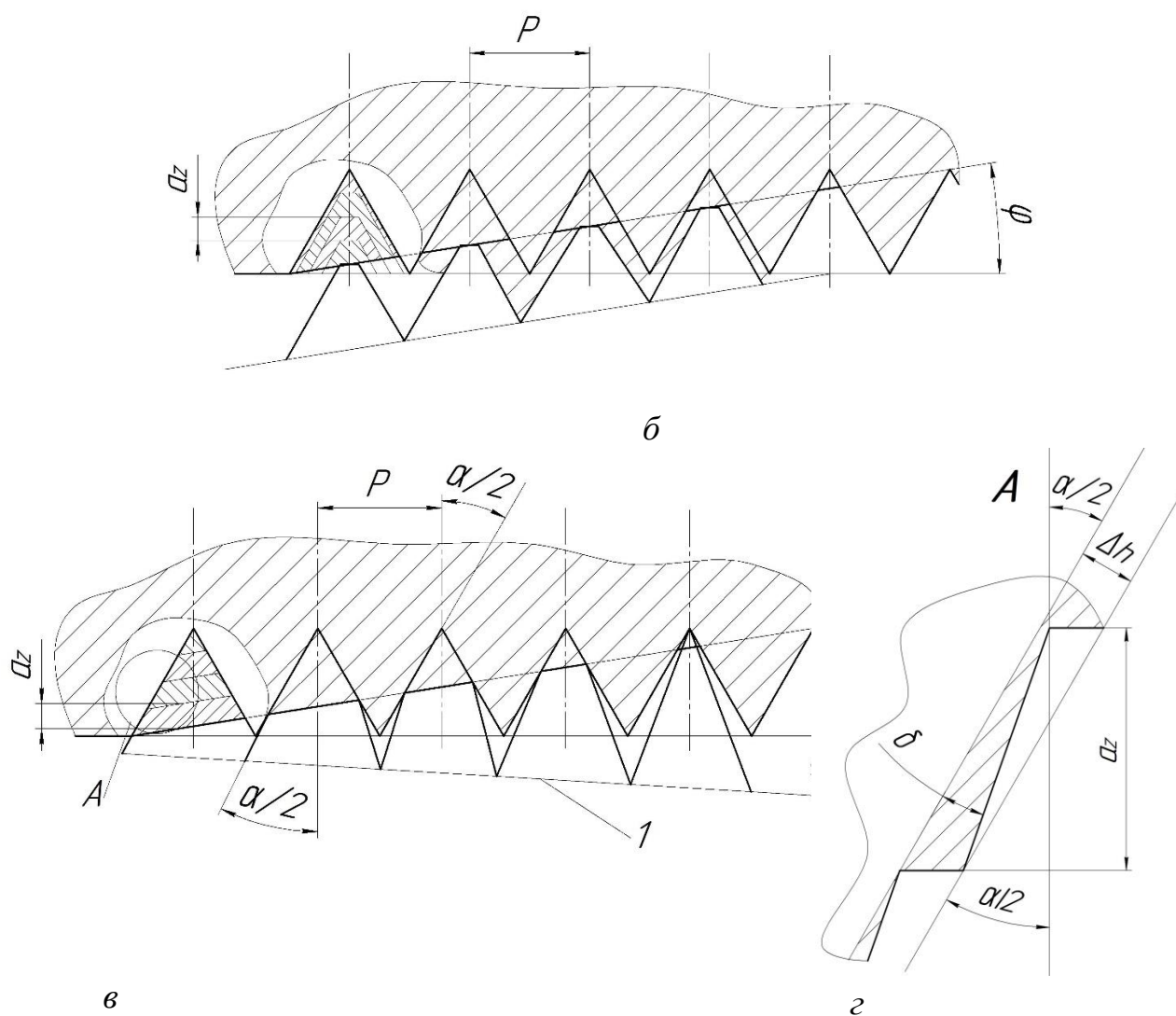


Рис. 14.3. Схемы формирования профиля резьбы метчиками: а, в – одинарно-генераторная; б – одинарно-профильная; в – формирование профиля резьбы скорректированным метчиком; линия 1 – образующая обратного конуса на рабочей части метчика

Сначала, используя формулу (14.6), определите необходимый угол. Затем, по формуле (14.5), рассчитайте фактическую толщину срезаемой стружки a_z и сравните полученное значение с рекомендуемыми параметрами из таблицы 14.6. Важно, чтобы диаметр переднего торца метчика d_T был меньше внутреннего диаметра его резьбы d_1 на величину, указанную в таблице 14.7.

Таблица 14.7

Значение диаметра переднего торца метчика в зависимости от
наружного и внутреннего диаметров его резьбы

Наружный диаметр метчика d , мм	Диаметр переднего торца d_T , мм
до 18	$[d_1 - (0,1 \dots 0,15)]$
20–30	$[d_1 - (0,2 \dots 0,25)]$
42–52	$[d_1 - (0,3 \dots 0,35)]$

На величину φ и L_1 влияют и конструктивные особенности отверстия под резьбу:

для гаечных метчиков $\varphi = 3 \dots 5^\circ$;

для черновых $\varphi = 4 \dots 7^\circ$;

для средних (комплект из трех штук) $\varphi = 8 \dots 14^\circ$;

для чистовых $\varphi = 18 \dots 23^\circ$.

Для нарезания резьбы в сквозных отверстиях принимаются бóльшие значения φ .

Снижение значения угла φ приводит к повышению периода стойкости метчика.

Длина режущей части L_1 прямо пропорционально влияет на основное технологическое время.

Во многих случаях при расчете метчиков L_1 задают и тогда φ уточняют по формуле (6); наиболее распространенные значения L_1 приведены в таблице 14.8.

Бóльшие значения L_1 из таблицы 14.8 назначают при нарезании резьбы в сквозных отверстиях.

Число перьев метчика Z влияет на условия отвода стружки и толщину срезаемого слоя, а следовательно, на величину крутящего момента при резьбонарезании.

Таблица 14.8

Длина режущей части метчика в зависимости от материала
заготовки и вида отверстия

Тип метчиков	Материал заготовки	Вид отверстия	Длина режущей части L_1
Машино-ручной	Углеродистые стали, чугуны	Сквозное (один метчик)	$(6...8)P$
		Глухое, сквозное	–
		Черновой метчик	$(6...8)P$
		Средний метчик	$(4...5)P$
		Чистовой метчик	$(2...3)P$
Машинные с укороченными канавками	Углеродистые стали, чугуны	Сквозное	$6P$
Машинные с винтовыми канавками		Сквозное Глухое	$6P$ $3P$
Гаечные		Сквозные	$12P$
Машино-ручные с шахматным расположением зубьев	Нержавеющие и жаропрочные стали	Сквозное (один метчик)	$(5...6)P$
		Глухое, сквозное	–
		Черновой метчик	$(5...6)P$
		Средний метчик	$(4...5)P$
		Чистовой метчик	$(3...4)P$
Машино-ручные с скорректированным профилем	Все, указанные выше	Глухое Сквозное	$12P$ $20P$

Число перьев зависит от типа метчика, обрабатываемого материала и размера резьбы. Рекомендации по выбору Z даны в таблице 14.9

Таблица 14.9

Число перьев в зависимости от наружного диаметра метчика и обрабатываемого материала

Обрабатываемый материал	Наружный диаметр метчика d , мм					
	2...6	8...14	16...20	22...24	27...36	39...52
	Количество перьев Z , шт.					

Сталь, чугун	3	3	3	3...4	4	4...6
Легкие сплавы	2	2...3	3	3...4	4	4...6

4. Проектирование калибрующей части

Функция калибрующей секции инструмента заключается в зачистке и калибровании резьбы. После многократных переточек, длина калибрующей части L_2 должна быть не менее половины диаметра $(0,5D)$ для метчиков среднего и крупного размера. Для мелких метчиков этот показатель должен быть в диапазоне $(1,0...1,2)D$ [5, с. 21–23].

Согласно ГОСТ 3266–81, значение L_2 следует выбирать, опираясь на наружный диаметр резьбы метчика, как указано в таблице 14.10.

Таблица 14.10

Длина калибрующей части метчика в зависимости от наружного его диаметра

Номинальный наружный диаметр метчика d , мм	Длина калибрующей части L_2 , мм
$d < 6$	$(1,2...1,5)d$
$d = (8...16)$	d
$d = (18...32)$	$(0,6...0,8)d$

В резьбовой части, предназначенной для калибровки, намеренно создается обратная конусность – диаметры d , d_1 , d_2 уменьшаются по направлению к хвостовику инструмента.

Величина обратной конусности обычно составляет от 0,04 до 0,08 мм на каждые 100 мм условной длины резьбовой части метчика. Для метчиков малых диаметров (1...3 мм), где не выполнено затылование зубьев по профилю, обратная конусность увеличена и может достигать 0,16...0,2 мм на 100 мм длины.

Вследствие наличия обратной конусности, диаметры метчика оказываются переменными. Поэтому для установления допустимых отклонений необходимо определить участок, где производятся измерения диаметров. Для машин-

но-ручных метчиков таким участком служит начало калибрующей части, а у гаечных метчиков измерения проводятся на расстоянии одного-двух шагов резьбы от начала этой же калибрующей части.

Для нарезания резьбы на деталях, выполненных из нержавеющей или жаростойких сталей и сплавов, целесообразно использовать метчики с шахматным расположением зубьев, у которых часть зубьев вырезана. Эта процедура вырезания зубьев затрагивает как режущую, так и калибрующую части инструмента. В результате каждый оставшийся зуб подвергается большей нагрузке из-за увеличения толщины снимаемого слоя материала.

В случаях, когда такое увеличение нагрузки оказывается чрезмерным, вырезание зубьев может быть ограничено только калибрующей частью метчика (рис. 14.4 и 14.5).

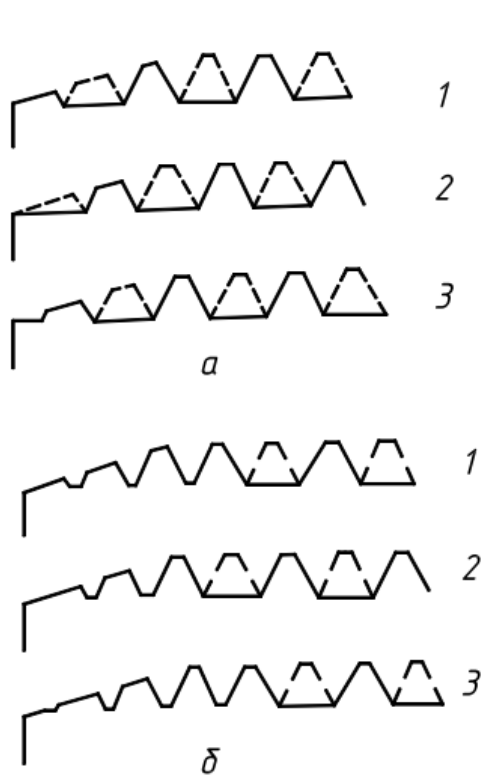


Рис. 14.4. Схема вырезания зубьев на метчике с тремя перьями: а — на режущей и калибрующих частях; б — только на калибрующей части

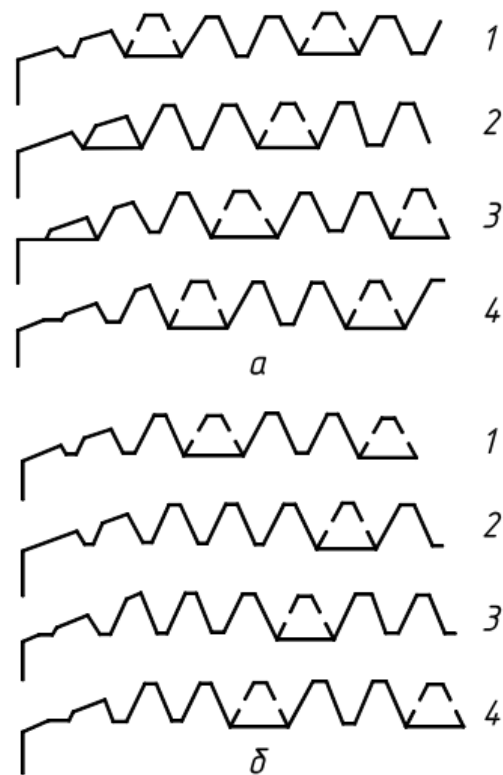


Рис. 14.5. Схема вырезания зубьев на метчике с четырьмя перьями: а — на режущей и калибрующих частях; б — только на калибрующей части

5. Форма и направление стружечных канавок

Часть профиля канавки является передней поверхностью, которая при пересечении с задней поверхностью образует режущие кромки (лезвия) зубьев метчика.

Габариты канавок должны обеспечивать достаточно пространства для беспрепятственного размещения и отвода образующейся стружки. Конструкция канавок должна способствовать оптимальной геометрии зубьев и быть технологичной при производстве. Контур профиля канавок рекомендуется выполнять плавной линией для минимизации риска образования трещин при термообработке. В случае прямых канавок, их профиль точно соответствует форме дисковой фасонной фрезы, используемой при изготовлении. Наиболее полно перечисленным выше требованиям соответствует двух-радиусный профиль стружечных канавок (рис. 14.6) [5, с. 23–27].

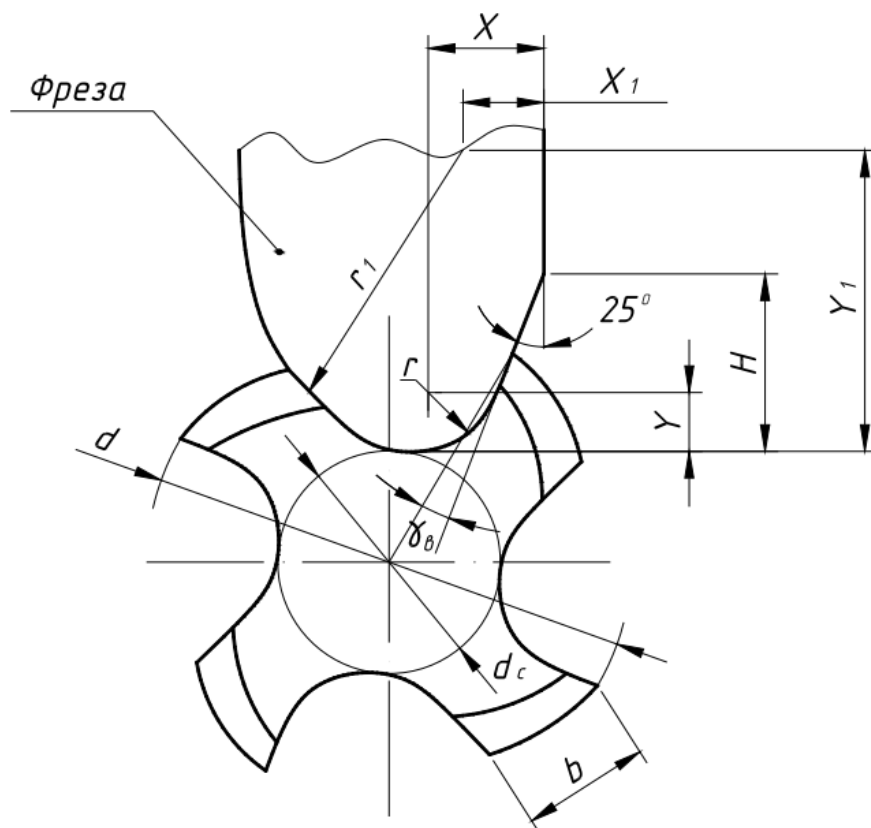


Рис. 14.6. Профиль стружечных канавок метчика и зубьев фасонной фрезы
(стружечные канавки прямые)

В таблице 14.11 показано соотношение между основными параметрами профиля канавки.

Таблица 14.11

Диаметр сердцевины и ширины пера (в долях наружного диаметра метчика)

Число перьев метчика Z , шт	Диаметр сердцевины d_c , мм	Ширина пера b , мм
2	$(0,36...0,38)d$	$(0,40...0,45)d$
3	$(0,38...0,40)d$	$(0,30...0,32)d$
4	$(0,42...0,45)d$	$(0,20...0,22)d$
5	$(0,50...0,52)d$	$(0,17...0,20)d$
6	$(0,52...0,55)d$	$(0,16...0,18)d$

В таблице 14.12 представлены размеры профиля стружечных канавок для метчиков диаметром $d = 6...50$ мм.

Таблица 14.12

Размеры профиля стружечных канавок

Наружный диаметр метчика d , мм	d_c	Z	X	Y	r	H	X_1	Y_1	r_1
6	2,7	3	1,7	1,0	1,0	2,28	1,6	4,2	4,2
7	3,1	3	2,14	1,0	1,0	3,23	2,2	5,2	5,2
8	3,6	3	2,14	1,0	1,0	3,23	2,2	5,2	5,2
9	4,0	3	2,88	1,5	1,5	4,14	2,8	6,6	6,6
10, 11	5,0	3	2,97	1,5	1,5	4,32	3,0	8,0	8,0
12, 14, 15	5,4	3	4,16	2,0	2,0	6,19	3,0	10,5	10,5
16, 17, 18	9,0	4	4,32	2,0	2,0	6,53	3,1	10,4	10,5
20	10,0	4	4,32	2,0	2,0	6,53	3,1	10,4	10,5
22	11,0	4	4,32	2,0	2,0	6,53	3,1	10,4	10,5
24	12,0	4	5,99	3,0	3,0	8,75	4,2	12,4	12,6

25	12,5	4	5,99	3,0	3,0	8,75	4,2	12,4	12,6
30	15,0	4	6,49	3,5	3,5	9,13	4,4	15,5	15,7
36	18,0	4	8,1	4,0	4,0	12,6	5,5	18,7	19,1
42	21,0	4	10,5	5,0	5,0	15,6	7,5	22,0	22,3
48	24,0	4	12,9	7,0	7,0	18,1	8,7	25,1	25,6
50	25,0	4	13,5	7,0	7,0	20,0	9,7	28,2	28,8

Как правило, универсальные метчики имеют прямые канавки. Для повышения эффективности удаления стружки при нарезании правой резьбы в сквозных отверстиях, прямые канавки расширяются к началу режущей части. Это достигается за счет скосов на перьях, выполненных под определенным углом λ (рис. 14.7) [5, с. 23–27].

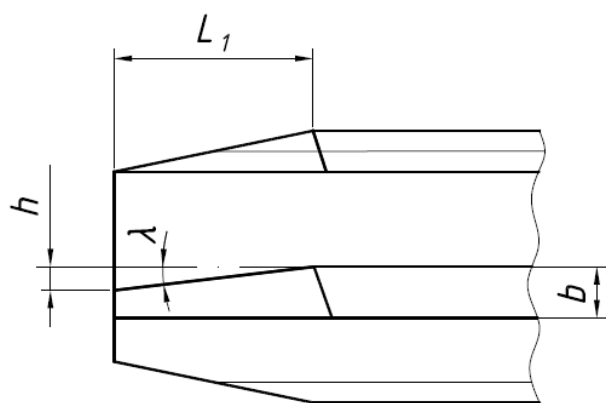


Рис. 14.7. Положение передней поверхности зубьев метчика при наличии скоса под углом λ

При подобной конструкции, отводимая стружка направляется в просверленное отверстие, вперед. Такое исполнение режущей кромки позволяет снизить крутящий момент, возникающий при нарезании резьбы, благодаря эффективному удалению стружки. Значение угла наклона рассчитывается по следующей формуле.

Значение угла скоса [5, с. 23–27]

$$\lambda = \arctg \frac{h}{L_1 + P}, \quad (14.7)$$

$$\text{где } h = (0,5 \dots 0,7) \cdot b. \quad (14.8)$$

При заранее известных условиях работы метчика, его рекомендуется изготавливать с винтовыми стружечными канавками. Метчики с левым направлением канавок применяются для нарезания резьбы в сквозных отверстиях (рис. 14.8, *а*), с правым направлением (рис. 14.8, *б*) – для глухих отверстий.

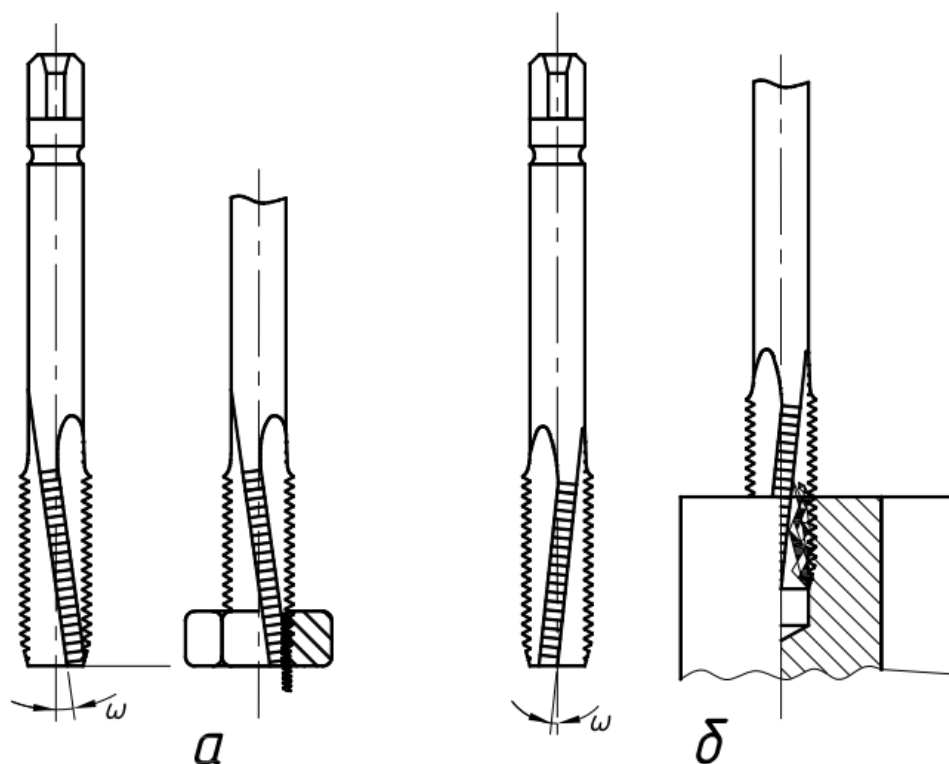


Рис. 14.8. Метчики с винтовыми стружечными канавками

6. Передние и задние углы

Передний угол при вершине зубьев γ_B назначают с учетом материала заготовки и метчика и его размеров в пределах от 5° до 30° для режущей кромки, лежащей на наружном диаметре d . Угол γ_B меняется по мере изменения наружного диаметра метчика на заборном конусе.

При форме канавки, изображенной на рисунке 14.6, значение переднего угла [5, с. 27–28]

$$tg\gamma_{BX} = tg\gamma_B \cdot \frac{d}{d_X}, \quad (14.9)$$

где d_X – диаметр окружности, проходящий через рассматриваемую точку режущей кромки зуба.

Задний угол α_B на наружном диаметре заборного конуса метчика может иметь значение от 5° до 20° и образуется путем затылования задней поверхности по архимедовой спирали.

Величина падения затылка [5, с. 27–28]

$$K = \left(\frac{\pi \cdot d}{z} \right) \cdot tg\alpha_B. \quad (14.10)$$

Задний угол, как и передний, изменяется по мере изменения диаметра конуса режущей части, и его значение в рассматриваемой точке X определяют по формуле [5, с. 27–28]

$$\alpha_{eX} = arctg \left(\frac{d}{d_X} \right) \cdot tg\alpha_e. \quad (14.11)$$

Таблица 14.13 содержит рекомендуемые углы для обработки различных материалов метчиками из быстрорежущей стали.

Таблица 14.13

Значение переднего и заднего углов метчика при вершине зуба в зависимости от обрабатываемого материала

Обрабатываемый материал	Значение углов, градус	
	γ_B	α_B
Углеродистая сталь, МПа: до 400	12...15	10...12
до 700	8...12	10...12
до 900	6...8	10...12

Стальное литье, поковки	6...10	5...7
Легированные стали, МПа: до 900	6...9	5...7
св. 900	3...6	5...7
Коррозионно-стойкие стали	6...12	6...8
Чугун серый: HB < 180	2...3	5...7
HB > 180	0...2	5...7
Чугун ковкий	6...8	5...7
Медь	15...20	16...20
Бронза	6...8	6...8
Цинк	15...20	16...20
Мягкие сплавы	16	7
Силумин	8...12	10...12

7. Боковые стороны зубьев

Боковые стороны (кромки) режущих и калибрующих зубьев метчика, помимо участия в процессе резания, выполняют роль ходового винта, продвигая метчик вдоль оси на величину шага резьбы за каждый его полный оборот.

Существует три основных метода формирования боковых сторон режущих и калибрующих зубьев (рис. 14.9, а–в) [5, с. 28–30].

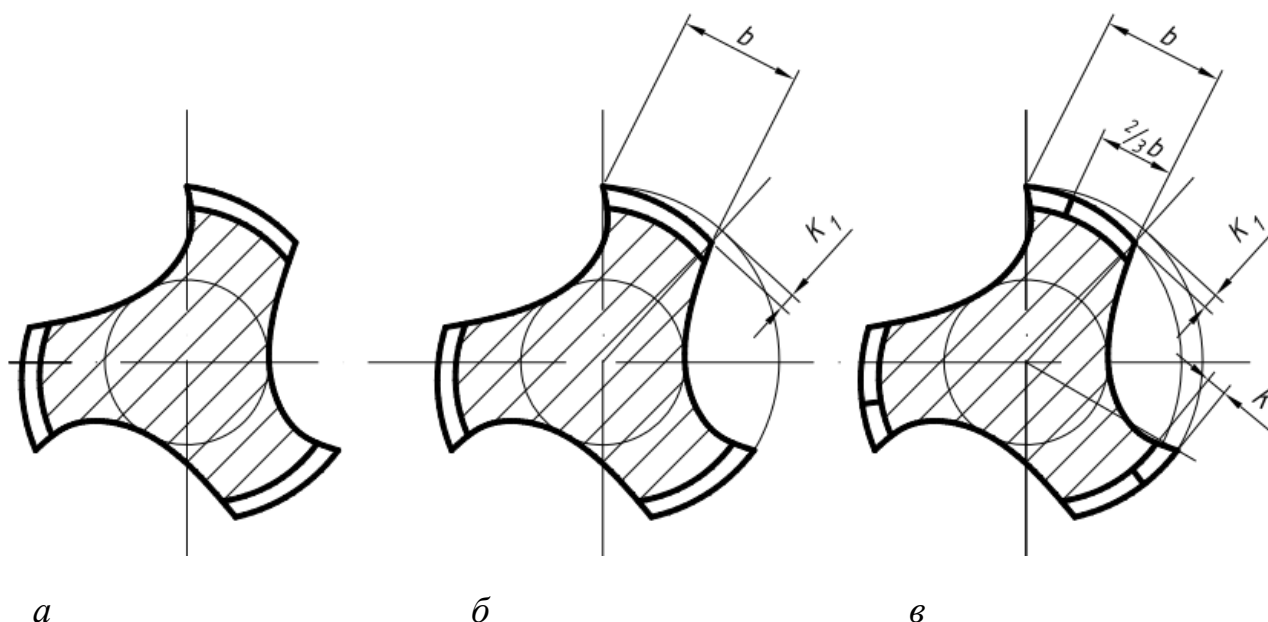


Рис. 14.9. Способы образования боковых сторон зубьев

1. Метчики с диаметром менее 3 мм не имеют затылования по профилю зубьев (рис. 14.9, а). В результате боковые грани режущих и калибрующих зубьев полностью соприкасаются с нарезаемой резьбой (впадиной). Это увеличивает силу трения и крутящий момент резания, но обеспечивает максимальную точность нарезаемой резьбы.

2. Метчики диаметром от 3 до 52 мм подвергаются затылованию (шлифованию) по всей поверхности режущих и калибрующих зубьев на величину $K_1 = 0,01 \dots 0,1$ мм (рис. 14.9, б). Этот процесс, известный как затылование «наостро», формирует задние углы на боковых гранях зубьев. В результате значительно снижается налипание металла на эти грани, уменьшается сила трения и, как следствие, крутящий момент.

3. Затылование по профилю на $2/3$ ширины зуба (рис. 14.9, в) создает задние углы, которые минимизируют трение на боковых гранях режущих и калибрующих зубьев, сохраняя при этом точное центрирование и направление метчика. Это наиболее эффективная форма боковых поверхностей, но ее изготовление сопряжено с повышенной сложностью.

Второй способ затылования, «наостро», получил наибольшее распространение.

Находим задние углы α_{NX} и α_{nX} в сечениях перпендикулярных к боковым и вершинной режущим кромкам метчика [5, с. 28–30]:

$$\alpha_{NX} = \arctg \left(tg \alpha_{BX} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \right), \quad (14.12)$$

$$\alpha_{nX} = \arctg (tg \alpha_{BX} \cdot \sin (90 - \varphi)). \quad (14.13)$$

Кинематический задний угол α_{BK} на заборном конусе может отличаться от статического

$$\alpha_{BKX} = \arctg \left(\operatorname{tg} \alpha_{BX} - \frac{P}{\pi \cdot d_X} \cdot \operatorname{tg} \varphi \right). \quad (14.14)$$

При значительном уменьшении угла α_{BKX} по отношению к α_{BK} необходимо увеличить угол α_B .

В сечениях $N-N$ и $n-n$ (рис. 14.10) передний угол определяем по двум формулам [5, с. 28–30]:

$$\gamma_{NX} = \arctg \left(\operatorname{tg} \gamma_{BX} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \right), \quad (14.15)$$

$$\gamma_{nX} = \arctg \left(\operatorname{tg} \gamma_{BX} \cdot \sin(90 - \varphi) \right). \quad (14.16)$$

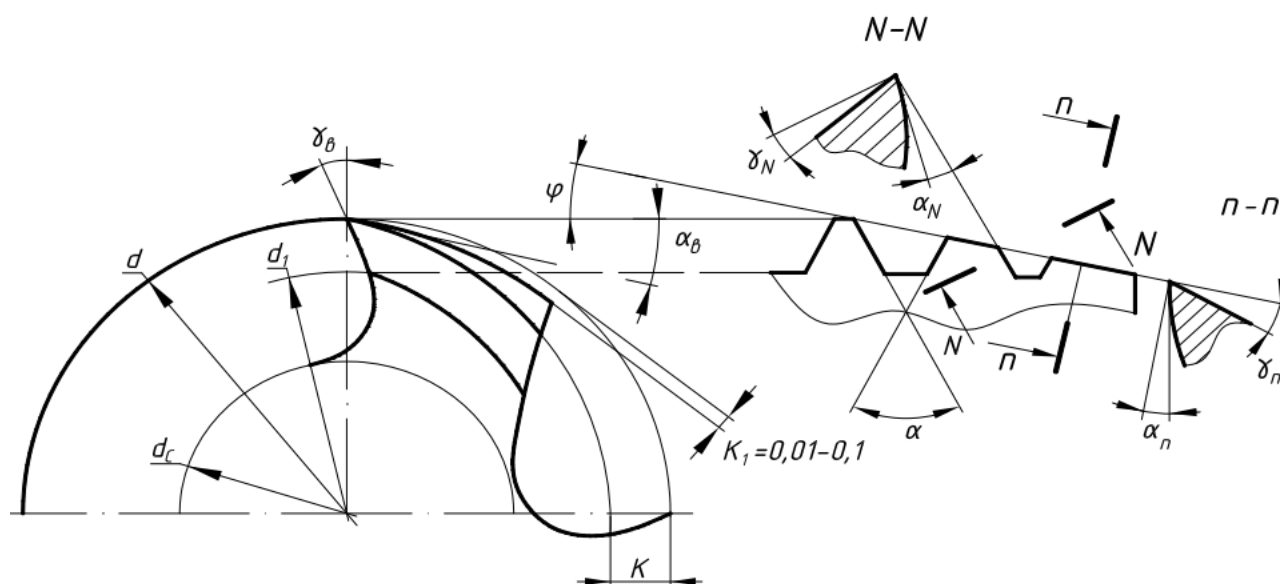


Рис. 14.10. Схема к определению передних и задних углов в нормальных сечениях на боковых и вершинных режущих кромках заборного конуса метчика

8. Параметры резьбы метчика и допуски на них

Номинальные значения наружных диаметров резьбы метчика и гайки (d , D) одинаковы. Допуски на параметры резьбы метчиков (d , d_1 , d_2 , P) назначаем в соответствии с действующими стандартами. Класс точности метчиков выби-

раем исходя из необходимой точности нарезаемой резьбы по таблице 14.14 [5, с. 30–35].

Таблица 14.14

Рекомендации по назначению класса точности метчиков

Степень точности нарезаемой резьбы	4H, 5H, 4H5H*	5H6H*, 6H	6H	6H, 7H	6G	6G, 7G
Класс точности метчика	1	2	3	4	1	2

* При двойном обозначении степени точности резьбы, например 4H5H, на первом месте ставится степень точности по d_2 гайки, на втором – болта.

Точность метчиков классов 1, 2 и 3 обеспечивается шлифовкой зубьев по всему профилю. Основным критерием, характеризующим эту точность, выступает средний диаметр резьбы, значение которого вычисляется по формуле [5, с. 30–35]

$$d_2 = (D_2 + eid_2 + Td_2) - Td_2, \quad (14.17)$$

где Td_2 – допуск на d_2 , учитывающий погрешности d_2 , P , гарантирующие запас на износ и разбивку;

eid_2 – нижнее отклонение на d_2 .

$$Td_2 = 0,2 \cdot TD_{2(5)}, \quad (14.18)$$

где $TD_{2(5)}$ – поле допуска на средний диаметр резьбы гайки степени точности 5H по ГОСТ 16093–2004 (табл. 2 и 3 приложения к данному занятию).

В таблице 14.15 приведены формулы для определения нижнего отклонения на средний диаметр резьбы eid_2 , с учетом класса точности используемого метчика.

Таблица 14.15

Значение нижнего отклонения на средний диаметр резьбы метчика
в зависимости от степени его точности

Класс точности метчика	Формулы для расчета нижнего отклонения, мм
1	$eid_2 = +0,1 \cdot TD_2$
2	$eid_2 = +0,3 \cdot TD_2$
3	$eid_2 = +0,5 \cdot TD_2$
4	$eid_2 = +0,7 \cdot TD_2$

Верхнее отклонение esd_2 [5, с. 30–35]

$$esd_2 = eid_2 + Td_2. \quad (14.19)$$

Гарантированный запас на износ по среднему диаметру Δ_2

$$\Delta_2 = esd_2 - eid_2. \quad (14.20)$$

Разбивка резьбы δ_2

$$\delta_2 = D_{2max} - esd_2. \quad (14.21)$$

Наружный диаметр резьбы метчика

$$d = (D + eid + Td) - Td, \quad (14.22)$$

где D – наружный диаметр резьбы гайки;

eid – нижнее отклонение наружного диаметра резьбы метчика

$$eid = 0,4 \cdot TD_{2(5)}, \quad (14.23)$$

где Td – допуск на наружный диаметр резьбы метчика

$$Td = 0,3 \cdot TD_{(5)}. \quad (14.24)$$

Верхнее отклонение esd не проставляют при $d < 6$ мм из-за большого заострения вершины. В остальных случаях, для уменьшения заострения вершины профиля, esd назначают для метрических резьб по ГОСТ 16925–93.

Внутренним диаметром метчик не должен срезать стружку, и поэтому верхнее отклонение $esd < 0$. Нижнее отклонение eid_1 не устанавливают, поэтому

$$d_{1max} = D_1. \quad (14.25)$$

Таблица 14.16 содержит формулы, необходимые для расчета диаметров резьбы метчиков в комплекте [5, с. 30–35].

Таблица 14.16

Формулы для расчета диаметров резьбы черного и среднего метчиков
в комплекте

Название и обозначение диаметра метчика	Формулы расчета	
	Комплект из 2 метчиков	Комплект из 3 метчиков
Наружный диаметр черного метчика d'	$d' = d - 0,25 \cdot P$	$d' = d - 0,55 \cdot P$
Средний диаметр черного метчика d'_2	$d'_2 = d_2 - 0,07 \cdot \sqrt{P}$	$d'_2 = d_2 - 0,16 \cdot P$

Внутренний диаметр чернового метчика d_1'	$d_1' = d_1 - 0,1 \cdot \sqrt{P}$	$d_1' = d_1 - 0,15 \cdot \sqrt{P}$
Наружный диаметр среднего метчика d''	—	$d'' = d - 0,17 \cdot P$
Средний диаметр сред- него метчика d_2''	—	$d_2'' = d_2 - 0,067 \cdot \sqrt{P}$
Внутренний диаметр среднего метчика d_1''	—	$d_1'' = d_1 - 0,009 \cdot \sqrt{P}$

Таблица 14.16 содержит данные о наибольшем наружном d , среднем d_2 и внутреннем d_1 диаметрах чистового метчика. Для чернового и среднего метчиков допуск на наружный диаметр устанавливается по *H11*, а на средний диаметр – по *H9*. Диаметр переднего торца d_T является одинаковым для всех метчиков.

Таблицы 4 и 5 приложения к данному занятию содержат значения предельных отклонений для основных конструктивно-геометрических параметров метчиков, сгруппированных по классам точности и предназначенных для нарезания резьбы с различной степенью точности.

9. Хвостовик метчика

Хвостовик метчика предназначен для его базирования и надежного крепления в патроне или цанге. Он также передает вращающий момент от шпинделя станка или ручного воротка при нарезании резьбы. Диаметр хвостовика d_3 (рис. 14.2) должен быть на 0,25...1,5 мм меньше диаметра головки d_1 . Это необходимо для свободного прохождения хвостовика через сквозные отверстия заготовки и позволяет нарезать резьбу в глубоких отверстиях, превышающих длину рабочей части метчика. Значение d_3 принимают равным рассчитанному или ближайшему меньшему из таблицы 14.17 [5, с. 35–42].

Таблица 14.17

Диаметры хвостовика метчиков

Нормализованный ряд диаметров хвостовика d_3 мм											
2	2,2	2,5	2,8	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7
8	9	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
36	40	45	50	60	70	80					

Для метчиков с диаметром d менее 3 мм, чтобы снизить риск поломки, диаметр d_3 делают равным или большим диаметру d . На обоих торцах таких метчиков предусмотрены наружные центровые конусы с углом 60° при вершине. Эти конусы являются базой при производстве, повторной заточке и контроле метчика (рис. 14.11, *a*).

Метчики обычно закрепляют с помощью разжимных (разрезных) конусных втулок. Эти втулки имеют отверстие для хвостовика метчика и гнездо под квадрат (рис. 14.11).

Хвостовик метчика оснащен специальными элементами (например, квадратом или лыской) для эффективной передачи крутящего момента. В большинстве случаев, метчики, используемые в станках и для ручной работы, имеют квадрат на конце хвостовика.

Размеры квадрата a (рис. 14.2) [5, с. 35–42]

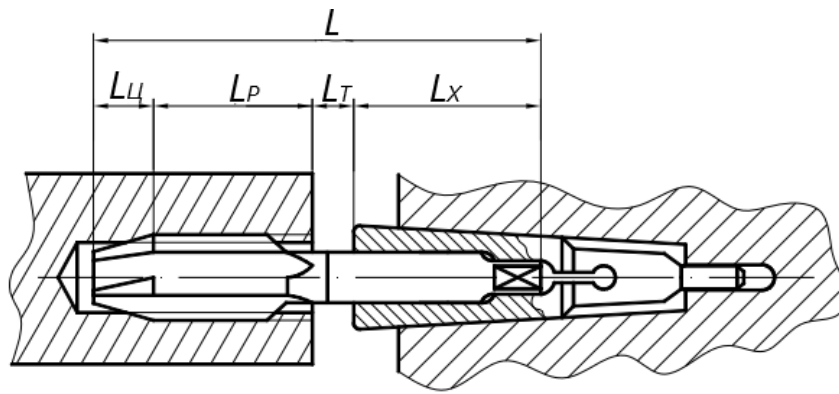
$$a = d_3 - x, \quad (14.26)$$

где значения x выбираются по таблице 14.18.

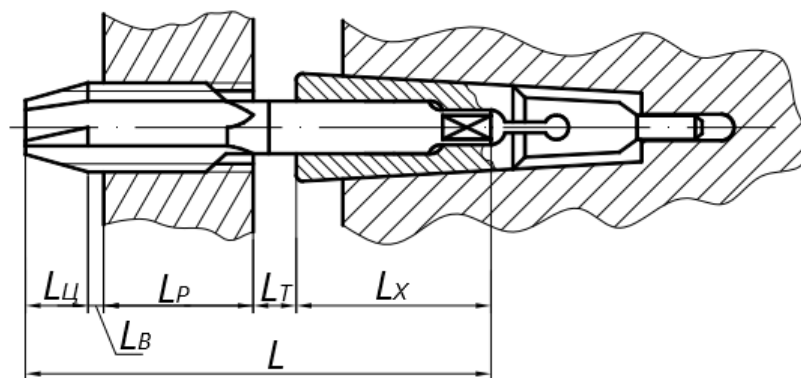
Таблица 14.18

Значения d_3 и x к определению стороны квадрата на метчике

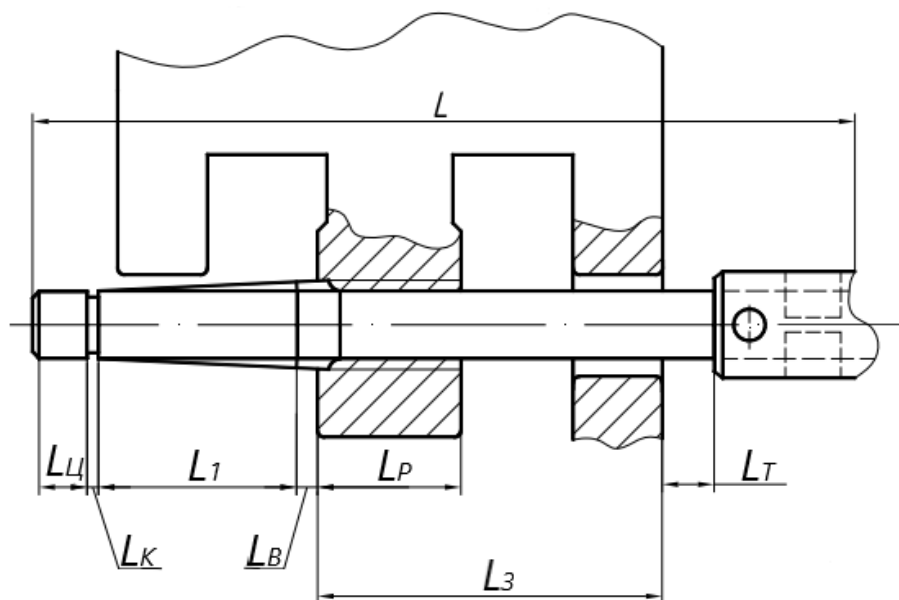
Диаметр хвостовика d_3 , мм	≤ 12	≤ 14	≤ 22	≤ 30	≤ 34	≤ 38	≤ 52
x , мм	2	3	4	6	8	9	10



a



б



в

Рис. 14.11. Схемы к расчету длины метчика при нарезании резьбы: *a* – в глухом отверстии; *б* – в сквозном отверстии; *в* – в сквозном отверстии скорректированным метчиком

Высота квадрата $h = a + 3$ мм.

Для быстрорежущих машинно-ручных метчиков диаметром d свыше 12 мм, а также для гаечных метчиков диаметром 10 мм и более, применяется сварная конструкция. Сварной шов располагается на расстоянии L_C от переднего торца, как показано на рисунке 14.2 [5, с. 35–42]

$$L_C = L_1 + L_2 + 10 \text{ мм.} \quad (14.27)$$

В торцах метчиков делают центровые отверстия по ГОСТ 14034–74 или наружные центровые конуса с углом при вершине 60° .

Длину машинно-ручных метчиков L (рис. 14.11) выбирают в соответствии с ГОСТ 3266–81 и проверяют аналитически [5, с. 35–42]

$$L = L_{Ц} + L_K + L_1 + L_B + L_P + L_T + L_X, \quad (14.28)$$

где $L_{Ц}$ – длина цапфы;

L_K – ширина канавки для выхода шлифовального круга, $L_K = 3 \dots 5$ мм;

L_1 – длина режущей части;

L_B – длина выхода калибрующей части метчика из отверстия: для некорригированных метчиков $L_B = (2 \dots 4)P$; для корригированных метчиков

$$L_B = (1,0 \dots 1,5)P;$$

L_P – длина резьбы с полным профилем в заготовке. Если отверстие расположено внутри заготовки, то вместо L_P следует брать расстояние L_3 (длину заготовки (рис. 14.11, в);

L_T – расстояние от торца патрона до заготовки, $L_T = 5 \dots 10$ мм;

L_X – длина хвостовика, находящаяся в патроне или в цанге (табл. 14.19)

Если расстояние L меньше выбранного по ГОСТ, то используют значение по ГОСТ.

Таблица 14.19

Длина хвостовика, находящегося в патроне станка при различных диаметрах метчика

Диаметр метчика d , мм	6	8	9	11	13	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	36	38	40
Длина метчика в патроне L_x , мм	24	24	25	25	25	26	29	32	38	40	42	49	52	57	60	68	72	75

Пример расчета машинно-ручного не корригированного метчика

Нарезать метрическую резьбу $M10\ 5H6H$ в сквозном отверстии длиной 15 мм. Материал заготовки – углеродистая сталь $\sigma_B < 400$ МПа [5, с. 42–45].

1. На основании данных таблицы 14.1, установлено, что применение машинно-ручного метчика с прямыми стружечными канавками является наиболее целесообразным для нарезания данной резьбы.

2. На основании данных таблицы 1 приложения, для резьбы $M10$ находим крупный (нормальный) шаг $P = 1,5$ мм, а на основании данных таблицы 10 – число перьев $Z = 3$.

3. Проверяем возможность нарезания резьбы за один проход чистовым метчиком.

Определяем крутящий момент при нарезании резьбы (14.4)

$$M_p = 0,27 \cdot 10^{1,4} \cdot 1,5^{1,5} \cdot 1 \cdot 2,6 = 32,27 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Значение критического крутящего момента для метчика по таблице 14.4 – для метчика $d = 10$ мм: $M_{кр} = 23 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Условие (14.3) $M_{кр} \geq M_p$ не выполняется. Нарезание резьбы одним метчиком невозможно.

4. Проверяем возможность нарезания резьбы комплектом из двух метчиков.

Момент резьбонарезания при работе первым (черновым) метчиком

$$M_{P1} = 0,7 \cdot M_P,$$

$$M_{P1} = 0,7 \cdot 32,27 = 22,58 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Условие $M_{\text{кр}} \geq M_P$ выполняется. Для осуществления нарезания резьбы требуется провести расчеты и разработать рабочие чертежи для комплекта из двух метчиков.

Чтобы правильно рассчитать размеры чернового метчика, необходимо сначала определить размеры чистового.

5. Таблица 1 приложения содержит данные о номинальных среднем и внутреннем диаметрах резьбы гайки: $D_2 = 9,026 \text{ мм}$; $D_1 = 8,376 \text{ мм}$.

6. В ГОСТ 16093–2004, таблица 2 приложения, указаны значения допусков на средний диаметр резьбы гаек, в зависимости от их степени точности $5H-TD_{2(5)} = 0,140 \text{ мм}$.

7. Согласно таблице 14.14, для резьбы с точностью $5H6H$ класс точности метчика составляет 2.

8. Находим в таблице 14.15 формулу, которая позволяет рассчитать нижнее отклонение среднего диаметра для метчика 2-го класса точности

$$\begin{aligned} eid_2 &= +0,3 \cdot TD_2, \\ eid_2 &= +0,3 \cdot 0,140 = +0,042 \text{ мм}. \end{aligned}$$

9. Находим допуск на средний диаметр метчика (14.18)

$$Td_2 = 0,2 \cdot 0,140 = 0,028 \text{ мм}.$$

10. Находим средний диаметр резьбы второго (чистового) метчика (14.17),

$$d_2 = (9,026 + 0,042 + 0,028) - 0,028 = 9,096 - 0,028 \text{ мм.}$$

11. Верхнее отклонение на средний диаметр метчика (14.19)

$$esd_2 = 0,042 + 0,028 = 0,07 \text{ мм.}$$

12. Гарантированный запас на износ по среднему диаметру (14.20)

$$\Delta_2 = 0,07 - 0,042 = 0,028 \text{ мм.}$$

13. Находим нижнее отклонение на наружный диаметр метчика (14.23)

$$eid = 0,4 \cdot 0,140 = 0,056 \text{ мм.}$$

14. Определяем допуск на наружный диаметр резьбы метчика (14.24)

$$Td = 0,3 \cdot 0,140 = 0,042 \text{ мм.}$$

15. Подставив численные значения величин в формулу (14.22), найдем наружный диаметр чистового метчика

$$d = (10 + 0,056 + 0,042) - 0,042 = 10,098 - 0,042 \text{ мм.}$$

16. Внутренний диаметр $d_1 = D_1 = 8,376$ мм. Допуск на d_1 не имеет нижнего отклонения.

17. Для расчета наружного диаметра чернового метчика используем формулу, приведенную в таблице 14.16

$$d' = 10,098 - 0,25 \cdot 1,5 = 9,723 \text{ мм.}$$

Допуск на этот диаметр назначается в 2,5 раза меньше величины занижения

$$Td = 0,375/2,5 = 0,15 \text{ мм.}$$

18. Средний диаметр чернового метчика вычисляется по формуле, приведенной в таблице 14.16

$$d_2' = 9,096 - 0,085 = 9,011 \text{ мм.}$$

Допуск на этот диаметр определяем по $H9 = + 0,036$.

19. Внутренний диаметр чернового метчика (таблица 14.16)

$$d_1' = 8,376 - 0,1 \cdot \sqrt{1,5} = 8,254 \text{ мм.}$$

20. Режущая часть метчиков.

По таблице 14.8 выбираем длину режущей части метчиков:

$$L_1' = 7 \cdot P = 7 \cdot 1,5 = 10,5 \text{ мм.}$$

$$L_1 = 3 \cdot P = 3 \cdot 1,5 = 4,5 \text{ мм.}$$

По формуле из таблицы 14.7 находим торцевой диаметр обоих метчиков

$$d_T = D_1 - 0,12 = 8,376 - 0,12 = 8,256 \text{ мм.}$$

Подставляя численные значения d' , d_T и L_1 в формулу (14.6), найдем:

$$\varphi' = \operatorname{arctg} \left[\frac{9,723 - 8,256}{2 \cdot 10,5} \right] = \operatorname{arctg} 0,0698 = 4^0,$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \left[\frac{10,098 - 8,256}{2 \cdot 4,5} \right] = \operatorname{arctg} 0,2046 = 11^0 30'$$

Для определения диаметров сердцевины метчиков используем формулу, из таблицы 14.11:

$$d'_c = 0,39 \cdot 9,723 = 3,792 \text{ мм},$$

$$d_c = 0,39 \cdot 10,098 = 3,9382 \text{ мм}.$$

21. Калибрующая часть

Длина калибрующей части обоих метчиков (табл. 14.10)

$$L_2 = d = 10 \text{ мм}.$$

Ширина пера (табл. 14.11):

$$b' = 0,31 \cdot 9,723 = 3,014 \text{ мм}.$$

$$b = 0,31 \cdot d = 0,31 \cdot 10,098 = 3,1297 \text{ мм}.$$

22. Угол скоса перьев на режущей части вычисляем по формуле (14.7):

$$\lambda' = \operatorname{arctg} \frac{0,6 \cdot b}{10,5 + 1,5} = \operatorname{arctg} 0,1564 = 9^0,$$

$$\lambda = \operatorname{arctg} \frac{0,6 \cdot b}{4,5 + 1,5} = \operatorname{arctg} 0,3014 = 17^\circ.$$

Для определения угла используем среднее значение, полученное для обоих метчиков $\lambda = 26/2 = 13^\circ$.

23. Передний угол (табл. 14.13) $\gamma_B = 13^\circ$.

24. Задний угол (табл. 14.13) $\alpha_B = 11^\circ$.

25. Падение затылка на наибольшем диаметре режущей части

$$K = \left(\frac{\pi \cdot 10,098}{3} \right) \cdot \operatorname{tg} 11^\circ \approx 2 \text{ мм.}$$

Принимаем $K = 2$ мм и определяем действительные значения заднего угла

$$\alpha_B = \operatorname{arctg} \left(\frac{K \cdot Z}{\pi \cdot d} \right),$$

$$\alpha_B = \operatorname{arctg} \left(\frac{2 \cdot 3}{3,14 \cdot 10} \right) = 10^\circ 50'.$$

26. Для метчиков диаметром более 3 мм рекомендуется выполнять шлифовку профиля резьбы с затылованием "наостро". При этом величина затылования (падение затылка) на ширине пера K_1 должна составлять от 0,01 до 0,1 мм. Принимаем $K_1 = 0,05$ мм.

27. Диаметр хвостовика (табл. 14.17)

$$d_3 = d_1 - (0,25 \dots 1,5) \text{ мм,}$$

$$d_3 = 8,376 - 0,376 = 8 \text{ мм.}$$

28. Размер квадрата на хвостовике определяем по формуле (14.26)

$$a = 8 - 2 = 6 \text{ мм.}$$

29. Высота квадрата

$$h = a + 3 \text{ мм, } h = 6 + 3 = 9 \text{ мм.}$$

30. Согласно ГОСТ 3266–81, метчики для нарезания резьбы $M10$ с шагом $P = 1,5$ мм должны иметь длину: $L = 80$ мм.

Проверяем значение L по формуле (14.28)

$$L = 0 + 0 + 10,5 + 3 + 15 + 8 + 25 = 65,5 \text{ мм.}$$

Из двух значений выбираем большее $L = 80$ мм.

31. Учитывая длину метчика, определим величину смещения заднего центра резьбошлифовального станка S для создания обратной конусности $K_o = 0,05 \dots 0,1$ мм на условной длине резьбы $L_y = 100$ мм

$$S = \frac{L \cdot K_o}{L_y}, \quad (14.29)$$

$$S = \frac{80 \cdot 0,1}{100} = 0,08 \text{ мм.}$$

Результаты определения параметров метчиков представлены в таблице 14.20 [5, с. 45].

Таблица 14.20

Результаты определения параметров метчиков

Наименование и обозначение конструктивного и геометрического параметра	Номер метчика в комплекте	
	1	2

Шаг резьбы P , мм	1,5	1,5
Угол профиля резьбы ε , градус	60	60
Наружный диаметр d, d' , мм	9,723 _{-0,09}	10,098 _{-0,042}
Средний диаметр d_2 , мм	9,011 _{-0,036}	9,096 _{-0,028}
Внутренний диаметр d_1 , мм	8,376	8,254
Число перьев Z	3	3
Длина режущей части L_1 , мм	10,5	4,5
Угол заборного конуса φ , градус	4	11,5
Диаметр по торцу d_T , мм	8,256	8,256
Диаметр сердцевины d_C , мм	3,64	3,93
Ширина пера b , мм	3,13	3,014
Длина калибрующей части L_2 , мм	10	10
Угол скоса λ , градус	13	13
Передний угол γ_B , градус	13	13
Задний угол α_B , градус	10°50'	10°50'
Падение затылка на режущей части K , мм	2	2
Падение затылка на вершине зуба калиброванной части (на ширине пера) K_1 , мм	0,05	0,05
Диаметр хвостовика d_3 , мм	8	8
Размер квадрата a , мм	6	6
Высота квадрата h , мм	9	9
Длина метчика L , мм	80	80
Смещение заднего центра станка S , мм	0,08	0,08

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучите теорию, изложенную в работе.
2. Спроектируйте машинно-ручной не корригированный метчик для нарезания метрической резьбы в сквозном отверстии длиной L , используя варианты таблицы 14.21. Материал заготовки – углеродистая сталь $\sigma_B < 400$ МПа.
3. Сделайте эскиз рассчитанного метчика.
4. Назовите основные конструктивные элементы метчика и их назначение.
5. Составьте отчет по работе.

Варианты задания

Вариант	Резьба	Длина резьбы, L , мм
1	$M20\ 4H$	20
2	$M10\ 5H6H$	25
3	$M16\ 7H$	40
4	$M8\ 6H$	50
5	$M10\ 5H$	60
6	$M12\ 6G$	70
7	$M14\ 7G$	50
8	$M16\ 6G$	20
9	$M18\ 4H$	40
10	$M14\ 5H6H$	15
11	$M16\ 7H$	30
12	$M8\ 6H$	20
13	$M10\ 5H$	30
14	$M12\ 6G$	64
15	$M14\ 7G$	54
16	$M16\ 6G$	35
17	$M20\ 5H6H$	45
18	$M10\ 5H$	70
19	$M12\ 6G$	75
20	$M14\ 7G$	80

Литература: 5.

Приложение к данному занятию

Таблица 1

Параметры резьбы гаек

Наружный диаметр $d(D)$, мм			Шаг P , мм	Средний и внутренний диаметры резьбы	
1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд		$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$
1	2	3	4	5	6

0,25	—	—	0,075	0,201	0,169
0,3	—	—	0,08	0,248	0,213
—	0,35	—	0,09	0,292	0,253
0,4	—	—	0,1	0,335	0,292
—	0,45	—	0,1	0,385	0,342
0,5	—	—	0,125	0,419	0,365
—	0,55	—	0,125	0,469	0,415
0,6	—	—	0,15	0,503	0,438
—	0,7	—	0,175	0,586	0,511
0,8	—	—	0,2	0,670	0,583
—	0,9	—	0,225	0,754	0,656
1	—	—	0,25 0,2	0,838 0,870	0,729 0,783
—	1,1	—	0,25 0,2	0,938 0,970	0,829 0,883
1,2	—	—	0,25 0,2	1,038 1,070	0,929 0,983
—	1,4	—	0,3 0,2	1,205 1,270	1,075 1,183
1,6	—	—	0,35 0,2	1,373 1,470	1,221 1,383
—	1,8	—	0,35 0,2	1,573 1,670	1,421 1,583
2	—	—	0,4 0,25	1,740 1,838	1,567 1,729
—	2,2	—	0,45 0,25	1,908 2,038	1,713 1,929
2,5	—	—	0,45 0,35	2,208 2,273	2,013 2,121
3	—	—	0,5 0,35	2,675 2,773	2,459 2,621
—	3,5	—	(0,6) 0,35	3,110 3,273	2,850 3,121
4	—	—	0,7 0,5	3,545 3,075	3,242 3,459
—	4,5	—	(0,75) 0,5	4,013 4,175	3,688 3,959
5	—	—	0,8 0,5	4,480 4,675	4,134 4,459
—	—	(5,5)	0,5	5,175	4,959
6	—	—	1 0,75 0,5	5,350 5,513 5,675	4,917 5,188 5,459
—	—	7	1 0,75 0,5	6,350 6,513 6,675	5,917 6,188 6,459

8	—	—	1,25 1 0,75 0,5	7,188 7,350 7,513 7,675	6,647 6,917 7,188 7,459
—	—	9	(1,25) 1 0,75 0,5	8,188 8,350 8,513 8,675	7,647 7,917 8,188 8,459
10	—	—	1,5 1,25 1 0,75 0,5	9,026 9,188 9,350 9,513 9,675	8,376 8,647 8,917 9,188 9,459
—	—	11	(1,5) 1 0,75 0,5	10,026 10,350 10,513 10,675	9,376 9,917 10,188 10,459
12	—	—	1,75 1,5 1,25 1 0,75 0,5	10,863 11,026 11,188 11,350 11,513 11,675	10,106 10,376 10,647 10,917 11,188 11,459
—	14	—	2 1,5 1,25 1 0,75 0,5	12,701 13,026 13,188 13,350 13,513 13,675	11,835 12,376 12,647 12,917 13,188 13,459
—	—	15	1,5 (1)	14,026 14,350	13,376 13,917
16	—	—	2 1,5 1 0,75 0,5	14,701 15,026 15,350 15,513 15,675	13,835 14,376 14,917 15,188 15,459
—	—	17	1,5 (1)	16,026 16,350	15,376 15,917
—	18	—	2,5 2 1,5 1 0,75 0,5	16,376 16,701 17,026 17,350 17,513 17,675	15,294 15,835 16,376 16,917 17,188 17,459

20	—	—	2,5	18,376	17,294
			2	18,701	17,835
			1,5	19,026	18,376
			1	19,350	18,917
			0,75	19,513	19,188
			0,5	19,675	19,459
—	22	—	2,5	20,376	19,294
			2	20,701	19,835
			1,5	21,026	20,376
			1	21,350	20,917
			0,75	21,513	21,188
			0,5	21,675	21,459
24	—	—	3	22,051	20,752
			2	22,701	21,835
			1,5	23,026	22,376
			1	23,350	22,917
			0,75	23,513	23,188
—	—	25	2	23,701	22,835
			1,5	24,026	23,376
			(1)	24,350	23,917
—	—	(26)	1,5	25,026	24,376
—	27	—	3	25,051	23,752
			2	25,701	24,835
			1,5	26,026	25,376
			1	26,350	25,917
			0,75	26,513	26,188
—	—	(28)	2	26,701	25,835
			1,5	27,026	26,376
			1	27,350	26,917
30	—	—	3,5	27,727	26,211
			(3)	28,051	26,752
			2	28,701	27,835
			1,5	29,026	28,376
			1	29,350	29,917
			0,75	29,513	29,188
—	—	(32)	2	30,701	29,835
			1,5	31,026	30,376
—	—	35	1,5	34,026	33,376
—	33	—	3,5	30,727	29,211
			(3)	31,051	29,752
			2	31,701	30,835
			1,5	32,026	31,376
			1	32,350	31,917
			0,75	32,513	32,188

36	—	—	4	33,402	31,670
			3	34,051	32,752
			2	34,701	33,835
			1,5	35,026	34,376
			1	35,350	34,917
—	—	(38)	1,5	37,026	36,376
—	39	—	4	36,402	34,670
			3	37,051	35,752
			2	37,701	36,835
			1,5	38,026	37,376
			1	38,350	37,917
—	—	40	(3)	38,051	36,752
			(2)	38,701	37,835
			1,5	39,026	38,376
42	—	—	4,5	39,077	37,129
			(4)	39,402	37,670
			3	40,051	38,752
			2	40,701	39,835
			1,5	41,026	40,376
			1	41,350	40,917
—	45	—	4,5	42,077	40,129
			(4)	42,402	40,670
			3	43,051	41,752
			2	43,701	42,835
			1,5	44,026	43,376
			1	44,350	43,917
48	—	—	5	44,752	43,578
			(4)	45,402	43,670
			3	46,051	44,752
			2	46,701	45,835
			1,5	47,026	46,376
			1	47,350	46,917
—	—	50	(3)	48,051	46,752
			(2)	48,701	47,835
			1,5	49,026	48,376
—	52	—	5	48,752	46,578
			(4)	49,402	47,670
			3	50,051	48,752
			2	50,701	49,835
			1,5	51,026	50,376
			1	51,350	50,917
—	—	55	(4)	52,402	50,670
			(3)	53,051	51,752
			2	53,701	52,835
			1,5	54,026	53,376
56	—	—	5,5	52,428	50,046
			4	53,402	51,670
			3	54,051	52,752
			2	54,701	53,835

			1,5 1	55,026 55,350	54,376 54,917
—	—	58	(4) (3) 2 1,5	55,402 56,051 56,701 57,026	53,670 54,752 55,835 56,376
—	60	—	5,5 4 3 2 1,5 1	56,428 57,402 58,051 58,701 59,026 59,350	54,046 55,670 56,752 57,835 58,376 58,917

Таблица 2

Поля допусков внутренней резьбы с зазорами.

Верхние отклонения среднего D_2 и внутреннего D_1 диаметров резьбы ^{*1}

Номи- нальный диаметр D , мм	Шаг P , мм	Поля допусков диаметров D_2 и D_1 внутренней резьбы (гайки)											
		4H		4H5H		5H		6H		7H		8H	
		D_2	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1
		ES (со знаком плюс), мкм ($E1 = 0$)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
От 1 до 1,4	0,2	40	38	40	48	50	48	63	60	—	—	—	—
	0,25	45	45	45	56	56	56	71	71	—	—	—	—
	0,3	48	53	48	67	60	67	75	85	—	—	—	—
Св. 1,4 до 2,8	0,2	42	38	42	48	53	48	67	60	—	—	—	—
	0,25	48	45	48	56	60	56	75	71	—	—	—	—
	0,35	53	63	53	80	67	80	85	100	—	—	—	—
	0,4	56	71	56	90	71	90	90	112	—	—	—	—
	0,45	60	80	60	100	75	100	95	125	—	—	—	—
Св. 2,8 до 5,6	0,25	48	45	48	56	60	56	75	71	—	—	—	—
	0,35	56	63	56	80	71	80	90	100	—	—	—	—
	0,5	63	90	63	112	80	112	100	140	125	180	—	—
	0,6	71	100	71	125	90	125	112	160	140	200	—	—
	0,7	75	112	75	140	95	140	118	180	150	224	—	—
	0,75	75	118	75	150	95	150	118	190	150	236	—	—
	0,8	80	125	80	160	100	160	125	200	160	250	—	—
Св. 5,6 до 11,2	0,25	53	45	53	56	67	56	85	71	—	—	—	—
	0,35	60	63	60	80	75	80	95	100	—	—	—	—
	0,5	71	90	71	112	90	112	112	140	140	180	—	—
	0,75	85	118	85	150	106	150	132	190	170	236	—	—
	1	95	150	95	190	118	190	150	236	190	300	236	375
	1,25	100	170	100	212	125	212	160	265	200	335	250	425
	1,5	112	190	112	236	140	236	180	300	224	375	280	475
	0,35	63	63	63	80	80	80	100	100	—	—	—	—
	0,5	75	90	75	112	95	112	118	140	150	180	—	—

Св. 11,2 до 22,4	0,75	90	118	90	150	112	150	140	190	180	236	–	–
	1	100	150	100	190	125	190	160	236	200	300	250	375
	1,25	112	170	112	212	140	212	180	265	224	335	280	425
	1,5	118	190	118	236	150	236	190	300	236	375	300	475
	1,75	125	212	125	265	160	265	200	335	250	425	315	530
	2	132	236	132	300	170	300	212	375	265	455	335	600
	2,5	140	280	140	355	180	355	224	450	280	500	355	710
Св. 22,4 до 45	0,5	80	90	80	112	100	112	125	140	–	–	–	–
	0,75	95	118	95	150	118	150	150	190	190	236	–	–
	1	106	150	106	190	132	190	170	236	212	300	265	375
	1,5	125	190	125	236	160	236	200	300	250	375	315	475
	2	140	236	140	300	180	300	224	375	280	475	355	600
	3	170	315	170	400	212	400	265	500	335	630	425	800
	3,5	180	355	180	450	224	450	280	560	355	710	450	900
	4	190	375	190	475	236	475	300	600	375	750	475	950
Св. 45 до 90	4,5	200	425	200	530	250	530	315	670	400	850	500	1060
	0,5	85	90	85	112	106	112	132	140	–	–	–	–
	0,75	100	118	100	150	125	150	160	190	–	–	–	–
	1	118	150	118	190	150	190	190	236	236	300	300	375
	1,5	132	190	132	236	170	236	212	300	265	375	335	475
	2	150	236	150	300	190	300	236	375	300	475	375	600
	3	180	315	180	400	224	400	280	500	355	630	450	800
	4	200	375	200	475	250	475	315	600	400	750	500	950
	5	212	450	212	560	265	560	335	710	425	900	530	1120
	5,5	224	475	224	600	280	600	355	750	450	950	560	1180
	6	236	500	236	630	300	630	375	800	475	1000	600	1250

*1 – Верхнее отклонение ES диаметра D не установлено стандартом. Нижние отклонения EI диаметров D , D_2 и D_1 внутренней резьбы равны нулю ($EI = 0$); они являются основными отклонениями H .

Таблица 3

Поля допусков внутренней резьбы с большими зазорами.

Нижнее EI (основное отклонение G) и верхнее ES отклонения наружного D , среднего D_2 и внутреннего D_1 диаметров резьбы *1

Номинальный диаметр D , мм	Шаг P , мм	EI , мкм	Поля допусков внутренней резьбой (гайка)							
			5G		6G		7G		8G	
			D_2	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1
			ES (со знаком +), мкм							
От 1 до 1,4	0,2	+17	67	65	80	77	–	–	–	–
	0,25	+18	74	74	89	89	–	–	–	–
	0,3	+18	78	85	93	103	–	–	–	–

Св. 1,4 до 2,8	0,2	+17	70	65	84	77	–	–	–	–
	0,25	+18	78	74	93	89	–	–	–	–
	0,35	+19	86	99	104	119	–	–	–	–
	0,4	+19	90	109	109	131	–	–	–	–
	0,45	+20	95	120	115	145	–	–	–	–
Св. 2,8 до 5,6	0,25	+18	78	74	93	89	–	–	–	–
	0,35	+19	90	99	109	119	–	–	–	–
	0,5	+20	100	132	120	160	145	200	–	–
	0,6	+21	111	146	133	181	161	221	–	–
	0,7	+22	117	162	140	202	172	246	–	–
	0,75	+22	117	172	140	212	172	258	–	–
	0,8	+24	124	184	149	224	184	274	224	339
Св. 5,6 до 11,2	0,25	+18	85	74	103	89	–	–	–	–
	0,35	+19	94	99	114	119	–	–	–	–
	0,5	+20	110	132	132	160	160	200	–	–
	0,75	+22	128	172	154	212	192	258	–	–
	1	+26	144	216	176	262	216	326	262	401
	1,25	+28	153	240	188	293	228	363	278	453
	1,5	+32	172	268	212	332	256	407	312	507
Св. 11,2 до 22,4	0,35	+19	99	99	119	119	–	–	–	–
	0,5	+20	115	132	138	160	170	200	–	–
	0,75	+22	134	172	162	212	202	258	–	–
	1	+26	151	216	186	262	226	326	276	401
	1,25	+28	168	240	208	293	252	363	308	453
	1,5	+32	182	268	222	332	268	407	332	507
	1,75	+34	194	299	234	369	284	459	349	564
	2	+38	208	338	250	413	303	513	373	638
	2,5	+42	222	397	266	492	322	602	397	752
Св. 22,4 до 45	0,5	+20	120	132	145	160	–	–	–	–
	0,75	+22	140	172	172	212	212	258	–	–
	1	+26	158	216	196	262	238	326	291	401
	1,5	+32	192	268	232	332	282	407	347	507
	2	+38	218	338	262	413	318	513	393	638
	3	+48	260	448	313	548	383	678	473	848
	3,5	+53	277	503	333	613	408	763	503	953
	4	+60	296	535	360	660	435	810	535	1010
	4,5	+63	313	593	378	733	463	913	563	1123
Св. 45 до 90	0,5	+20	126	132	152	160	–	–	–	–
	0,75	+22	147	172	182	212	–	–	–	–
	1	+26	176	176	216	262	262	326	326	401
	1,5	+32	202	202	244	332	297	407	367	507
	2	+38	228	228	274	413	338	513	413	638
	3	+48	272	272	328	548	403	678	498	848
	4	+60	310	310	375	660	460	810	560	1010
	5	+71	336	336	406	781	496	971	601	1191
	5,5	+75	355	355	430	825	525	1025	635	1255
	6	+80	380	380	455	880	555	1080	680	1330

*1 – Верхнее отклонение ES диаметра D не установлено стандартом.

Таблица 4

Предельные отклонения на диаметры и угол профиля резьбы метчиков классов точности 1, 2, 3 и 4 при
нарезании резьбы степеней точности: 4H, 5H, 6H, 7H (ГОСТ 16925–93)

Номи- наль- ный диа- метр резьбы, d , мм	Шаг резьб ы P , мм	Наружный диаметр d		Средний диаметр d_2								Внут- ренний диамет р d_1	Шаг резьбы P				Предельные отклонения половины угла профиля $\alpha/2$					
		Предельные отклонения, мкм																				
		нижн	верх	1		2		3		4		верх	1,2,3	4			1,2,3	4				
				нижн	верх	нижн	верх	нижн	верх	нижн	верх		На длине									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	До 25 мм	До 10 витков	До 10 мм	До 25 мм	18	19				
От 1,0 до 1,4	0,20	+20	–	+5	+15	+15	+25	+25	+35	+15	+35	–15	±8	±15	±40	–	±40′	±80′				
	0,25	+22		+6	+17	+17	+28	+28	+39	+17	+39							±65′				
	0,30	+24		+6	+18	+18	+30	+30	+42	+18	+42							±80′				
От 1,4 до 2,8	0,20	+21		+6	+17	+17	+28	+28	+39	+17	+39	–15						±20	±30	±30	±50′	±65′
	0,25	+24		+6	+18	+18	+30	+30	+42	+18	+42											±80′
	0,35	+27		+7	+20	+20	+34	+34	+47	+20	+47											±65′
	0,40	+28		+7	+21	+21	+36	+36	+50	+21	+50	–20										±50′
	0,45	+30		+8	+23	+23	+38	+38	+53	+23	+53											–30
От 2,8 до 5,6	0,35	+28		+7	+21	+21	+36	+36	+50	+21	+50	–20	±12	±15	±40		±40′	±65′				
	0,50	+32		+8	+24	+24	+40	+40	+56	+24	+56	–30		±20	±30	±50	±30′	±50′				
	0,60	+36		+9	+27	+27	+45	+45	+63	+27	+63											
	0,70	+38		+10	+29	+29	+48	+48	+67	+29	+67	–40										
	0,75			+10	+29	+29	+48	+48	+67	+29	+67											
	0,80	+40	+70	+10	+30	+30	+50	+50	+70	+30	+70	–50		–	–			–	±40′			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19			
От 5,6 до 11,2	0,50	+36	–	+9	+27	+27	+45	+45	+63	+27	+63	–30	±12	±20	±30	±50	–	±30'	±50'		
	0,75	+42		+11	+32	+32	+53	+53	+74	+32	+74	–40		–			±25'	±40'			
	1,00	+47	+86	+12	+35	+35	+59	+59	+83	+35	+83	–50						±35'			
	1,25	+50	+106	+13	+38	+38	+63	+63	+88	+38	+88	–70									
	1,50	+56	+126	+14	+42	+42	+70	+70	+98	+42	+98	–90									
От 11,2 до 22,4	0,50	+38	–	+10	+29	+29	+48	+48	+67	+29	+67	–30		±12		±20	±30	±50	–	±30'	±50'
	0,75	+45		+11	+34	+34	+57	+57	+80	+34	+80	–40				–			±25'	±40'	
	1,00	+50	+93	+13	+38	+38	+63	+63	+88	+38	+88	–50								±35'	
	1,25	+56	+123	+14	+42	+42	+70	+70	+98	+42	+98	–70									
	1,50	+60	+133	+15	+45	+45	+75	+75	+105	+45	+105	–90									
	1,75	+64	+153	+16	+48	+48	+80	+80	+112	+48	+112	–100									
	2,00	+68	+173	+17	+51	+51	+85	+85	+119	+51	+119	–110									
	2.50	+72	+213	+18	+54	+54	+90	+90	+126	+54	+126	–130				±20'			±25'		
От 22,4 до 45	0,75	+47	–	+12	+35	+35	+58	+58	+81	+35	+81	–40	±12	–	±30	±50'	±30'	±40'			
	1,00	+53	+102	+13	+40	+40	+66	+66	+92	+40	+92	–50					±25'	±35'			
	1,50	+64	+142	+16	+48	+48	+80	+80	+112	+48	+112	–90									
	2,00	+72	+182	+18	+54	+54	+90	+90	+126	+51	+126	–110					±20'	±25'			
	3,00	+85	+262	+21	+64	+64	+106	+106	+148	+64	+148	–160									
	3,50	+90	+303	+22	+67	+67	+112	+112	+157	+67	+157	–190									
	4,00	+94	+342	+24	+71	+71	+118	+118	+165	+71	+165	–220					±15'	±20'			
	4,50	+100	+382	+25	+75	+75	+125	+125	+175	+75	+175	–240									
От 45 до 52	1,00	+60	+112	+15	+45	+45	+75	+75	+105	+45	+105	–50			±12		–	±30	±50'	±25'	±40'
	1,50	+68	+152	+17	+51	+51	+85	+85	+119	+51	+119	–90								±35'	
	2,00	+76	+192	+19	+57	+57	+95	+95	+133	+57	+132	–110									
	3,00	+90	+272	+22	+67	+67	+112	+112	+157	+67	+157	–160									
	4,00	+100	+342	+25	+75	+75	+125	+125	+175	+75	+175	–220									
	5,00	+106	+432	+27	+80	+80	+133	+133	+186	+80	+186	–270						–		±15'	±20'

Таблица 5

Предельные отклонения на диаметры и угол профиля резьбы метчиков классов точности 1 и 2 при нарезании
резьб степеней точности 6G; 6G, 7G (ГОСТ 16925–93)

Номи- наль- ный диа- метр резьбы, d , мм	Шаг резьбы P , мм	Наружный диаметр d		Средний диаметр d_2				Внут- ренний диамет р d_1	Шаг резьбы P				Предельные отклонения половины угла профиля $\alpha/2$					
		Предельные отклонения, мкм												G1	G2			
		нижн	верх	1		2		верх	1	2								
				нижн	верх	нижн	верх		на длине									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	До 25 мм	До 10 витков	До 10 мм	До 25 мм	14	15				
От 1,0 до 1,4	0,20	+38	–	+32	+42	+32	+52	–10	±8	±12	±30	–	±40′	±80′				
	0,25	+40		+35	+46	+35	+57											
	0,30	+42		+36	+48	+36	+60											
От 1,4 до 2,8	0,20	+39		+34	+45	+34	+56	–10						±20	±30	–	±30′	±50′
	0,25	+42		+36	+48	+36	+60											
	0,35	+46		+39	+52	+39	+66											
	0,40	+47		+40	+55	+40	+69											
	0,45	+50		+43	+58	+43	+73	–20		±15	±40		±40′				±65′	
От 2,8 до 5,6	0,35	+47		+40	+55	+40	+69	–12		±12	±20		±30				±50	±30′
	0,50	+52		+44	+60	+44	+76	–20										
	0,60	+57		+48	+66	+48	+84											
	0,70	+60		+51	+70	+51	+89		–25									
	0,75																	
	0,80	+64			+54	+74	+54	+94	–30									

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
От 5,6 до 11,2	0,50	+56	–	+47	+65	+47	+83	–20	±12	±12	±30	–	±30'	±50'	
	0,75	+64		+54	+75	+54	+96	–25		–		±50	±25'	±40'	
	1,00	+73	+112	+61	+85	+61	+109	–30						±35'	
	1,25	+78	+134	+66	+91	+66	+116	–32							
	1,50	+88	+158	+74	+102	+74	+130	–36							
От 11,2 до 22,4	0,50	+58	–	+49	+68	+49	+87	–20		±12	±20	±30	–	±30'	±50'
	0,75	+67		+56	+79	+56	+102	–25			–		±50	±25'	±40'
	1,00	+76	+119	+64	+89	+64	+114	–30							±35'
	1,25	+84	+154	+70	+98	+70	+126	–32							
	1,50	+92	+165	+77	+107	+77	+137	–36							
	1,75	+98	+187	+82	+114	+82	+146	–40							
	2,00	+106	+211	+89	+123	+89	+157	–45							±20'
	2,50	+114	+225	+96	+132	+96	+168	–50							
От 22,4 до 45	0,75	+69	–	+57	+80	+57	+103	–25	±12	–	±30	±50	±30'	±40'	
	1,00	+79	+128	+66	+93	+66	+118	–30					±25'	±35'	
	1,50	+96	+174	+80	+112	+80	+144	–36					±20'	±25'	
	2,00	+110	+220	+92	+128	+92	+164	–45							
	3,00	+133	+310	+112	+155	+112	+196	–55							
	3,50	+143	+356	+120	+165	+120	+210	–60							
	4,00	+154	+402	+131	+178	+131	+225	–65							
	4.50	+163	+445	+138	+188	+138	+238	–70							
От 45 до 52	1,00	+86	+138	+71	+101	+71	+131	–30			±30		±25'	±20'	±40'
	1,50	+100	+184	+83	+117	+83	+151	–36							±35'
	2,00	+114	+230	+95	+133	+95	+171	–45							
	3,00	+138	+320	+115	+160	+115	+205	–55л							
	4,00	+160	+402	+135	+185	+135	+235	–65							
	5,00	+177	+503	+151	+204	+151	+257	+75							

15 ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИННО-РУЧНОГО КОРРИГИРОВАННОГО МЕТЧИКА

Цель: Изучение методики расчета комбинированного (машинно-ручного) метчика.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: классификация метчиков, принципы их применения и ключевые конструктивно-геометрические параметры.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: выполнять расчеты конструктивных элементов метчика.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыки подбора и проектирования корригированных метчиков.

Формируемые компетенции: ОПК-5, ПК-2, ПК-6.

Актуальность темы: Широкое применение метчиков в машиностроительной отрасли для формирования резьбы в отверстиях, а также их значительное разнообразие по конструктивным исполнениям и геометрическим характеристикам, определяют высокую актуальность данной темы.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Расчет параметров корригированных метчиков (рис. 15.1) во многом схож с расчетом обычных машинно-ручных метчиков, однако имеет свои отличительные особенности.

Пример расчета машинно-ручного корригированного метчика.

Нарезать резьбу $M30\ 6H$ (однозаходную) в сквозном отверстии длиной 50 мм. Заготовка изготовлена из легированной стали с твердостью HB 200, а шероховатость резьбы должна соответствовать $R_z = 40$ мкм. Так как длина отверстия превышает 1,5 диаметра резьбы d , для выполнения данной операции следует выбрать метчик с цапфой. На рис. 15.1 представлены параметры метчика, которые необходимо рассчитать [5, с. 45–52].

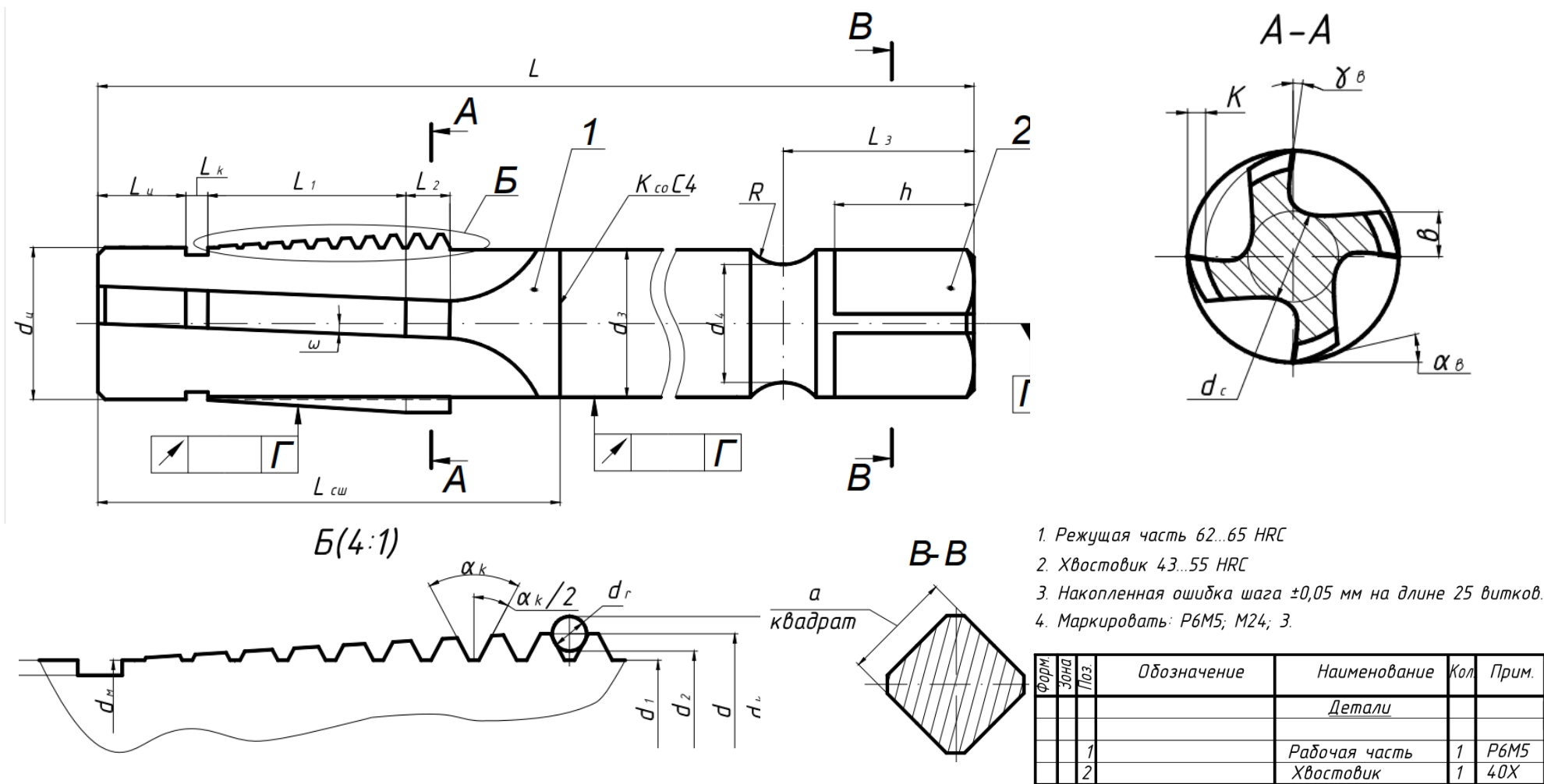


Рис. 15.1. Конструктивно-геометрические параметры корректированного метчика

1. Используя данные из таблицы 1 приложения занятия 14, определяем диаметры резьбы гайки и соответствующий шаг: $D = 30$ мм; $D_2 = 27,727$ мм; $D_1 = 26,211$ мм; $P = 3,5$ мм.

2. На основе методики, изложенной в практическом занятии 14, рассчитываем исполнительные диаметры резьбы метчика d, d_2, d_1 .

Используя таблицу 2 приложения занятия 14, определяем величину допуска на средний диаметр резьбы гайки, соответствующую степени точности $5H$, $TD_{2(5)} = 0,224$ мм.

В соответствии с таблицей 14.14 (занятие 14), при заданной степени точности нарезаемой резьбы $6H$, находим класс точности метчика – 3.

Используя таблицу 14.15 и формулу (14.19) занятия 14, определяем нижние и верхние отклонения среднего диаметра метчика

$$eid_2 = 0,112 \text{ мм}; esd_2 = 0,157 \text{ мм}.$$

По формуле (14.18) занятия 14 находим допуск на средний диаметр метчика

$$Td_2 = 0,2 \cdot TD_{2(5)},$$

$$Td_2 = 0,2 \cdot 0,224 = 0,045 \text{ мм}.$$

По формуле (14.17) занятия 14 определяем средний диаметр резьбы метчика

$$d_2 = (27,727 + 0,112 + 0,045) - 0,045 = 27,884_{-0,045} \text{ мм}.$$

Применяя формулу (14.20) занятия 14 мы определяем величину запаса на износ, исходя из среднего диаметра

$$\Delta_2 = 0,157 - 0,112 = 0,045 \text{ мм}.$$

Используя таблицу 4 приложения занятия 14 находим нижнее отклонение на наружный диаметр

$$eid = 0,09 \text{ мм.}$$

По формуле (14.24) занятия 14 определяем допуск на наружный диаметр

$$Td = 0,3 \cdot 0,224 = 0,067 \text{ мм.}$$

По формуле (14.22) занятия 14 рассчитываем наружный диаметр метчика

$$d = (30 + 0,09 + 0,067) - 0,067 = 30,157_{-0,067}.$$

Внутренний диаметр

$$d_1 = D_1 = 26,211_{-0,190} \text{ мм.}$$

3. Согласно таблице 14.9, представленной в занятии 14, устанавливаем, что число перьев метчика составляет $Z = 4$.

4. Согласно таблице 14.8, представленной в занятии 14, формула для предварительного определения длины режущей части

$$L_1 = 20 \cdot P \cdot n, \quad (15.1)$$

где n – число заходов резьбы.

$$L_1 = 20 \cdot 3,5 \cdot 1 = 75 \text{ мм.}$$

5. Учитывая принятую длину L_1 определяем предварительное значение подачи на зуб метчика [5, с. 45–52]:

а) для глухих отверстий

$$a_Z = \frac{(d-d_1) \cdot P \cdot n}{2 \cdot Z \cdot L_1}; \quad (15.2)$$

б) для сквозных отверстий

$$a_Z = \frac{(d-d_1)}{40 \cdot Z}, \quad (15.3)$$

$$a_Z = \frac{(30,157-26,211)}{40 \cdot 4} = 0,025 \text{ мм.}$$

6. Максимальная суммарная ширина стружки, одновременно срезаемой заборным конусом Σ , мм,

$$\text{а) если } L_1 \leq L_3, \Sigma = L_1 \cdot \frac{Z}{2}; \quad (15.4)$$

$$\text{б) если } L_1 > L_3, \Sigma = \left(L_3 \cdot \frac{Z}{P} \right) \cdot \left[P + (d - d_1) \cdot \left(1 - \frac{L_3}{L_1} \right) \right] \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (15.5)$$

Угол профиля метрической резьбы $\alpha = 60^\circ$.

$$\Sigma = \left(50 \cdot \frac{4}{3,5} \right) \cdot \left[3,5 + (30,157 - 26,211) \cdot \left(1 - \frac{50}{75} \right) \right] \cdot \operatorname{tg} \frac{60^\circ}{2} = 83,41 \text{ мм.}$$

7. Максимальную силу резания определяем по формуле [5, с. 45–52]

$$P_Z = K_M \cdot f \cdot (100 \cdot a_Z)^V \cdot \Sigma, \quad (15.6)$$

где коэффициенты K_M , f и показатель степени V выбираются по таблицам 15.1...15.4.

Сначала по таблице 15.1 выбираем вспомогательную величину GG, как функцию от кода обрабатываемого материала детали, который задается в исходных данных.

Таблица 15.1

Назначение вспомогательной величины GG

Материал детали	MD (код)	GG	HB
Углеродистые стали	≤ 89	1	
Легированные стали	≤ 299	4	По чертежу детали
Жаропрочные сплавы	≤ 373	7	
Чугуны серые	≤ 404	10	
Чугуны ковкие	≤ 419	12	
Медь	≤ 467	14	≤ 60
Бронза	≤ 474	13	≤ 110
Латунь	≥ 499	14	≤ 78
Алюминиевые сплавы	≥ 500	15	≤ 110

Если $GG > 11$, т. е. обрабатываемый материал находится в группе ковких чугунов и цветных металлов, указанные коэффициенты выбираются по табл. 15.3 и 15.4.

Если $GG \leq 11$, производится анализ твердости обрабатываемого материала. По таблице 15.2 определяются предельные значения твердости материалов SS_1 и SS_2 как функции от GG. Если твердость обрабатываемого материала $HB \leq SS_1$, также переходим к выбору указанных коэффициентов по таблицам 15.3 и 15.4. Если твердость обрабатываемого материала $HB > SS_1$, сравниваем твердость обрабатываемого материала со значением SS_2 и производим соответствующую корректировку величины GG, а затем переходим к выбору коэффициентов K_M , f и V .

Таблица 15.2

Предельные значения твердости материала

GG	SS ₁	SS ₂
≤6	197	229
≤9	0	0
>9	180	400

Таблица 15.3

Рекомендуемые значения коэффициента K_M

GG	K_M	GG	K_M
1	0,91	8	0
2	1	9	0
3	1,19	10	0,91
4	0,93	11	1
5	1	12	0,82
6	1,1	13	0,45
7	0	14	0,35
		15	0,4

Таблица 15.4

Рекомендуемые значения коэффициентов f и V

Материал детали	GG	$a_z > 0,09$		$a_z \leq 0,09$	
		$f(1)$	$V(1)$	$f(2)$	$V(2)$
Углеродистые стали	≤3	4,45	0,785	7,0	0,6
Легированные стали	≤6	5,85	0,785	8,8	0,6
Жаропрочные сплавы	≤9	0	0	0	0
Чугуны	≤12	3,8	0,785	5,9	0,6
Цветные металлы	>12	4,45	0,785	7,0	0,6

Поскольку твердость заготовки в данном случае находится в пределах 197 – 229 НВ, вспомогательная величина GG составляет 4 (согласно таблицам 15.1 и 15.2).

При $a_z \leq 0,09$ мм, тогда $K_M = 0,93$; $f = 8,8$; $V = 0,6$.

$$P_Z = 0,93 \cdot 8,8 \cdot (100 \cdot 0,025)^{0,6} \cdot 83,41 = 1182,90 \text{ Н.}$$

8. Параметры хвостовика. Диаметр

$$d_3 = d_1 - (0,25 \dots 1,5) \quad (15.7)$$

$$d_3 = 26,211 - 1,2 = 25,011 \text{ мм.}$$

Выбираем ближайшее меньшее значение по таблице 14.17 занятия 14: $d_3 = 25,0$ мм.

Сторона квадрата $a = 25 - 6 = 19$ мм.

Высота квадрата $h = 19 + 3 = 22$ мм.

8. Проверяем прочность хвостовика метчика на скручивание. Должно выполняться условие

$$P_Z \leq 25 \cdot \left(\frac{d_3}{2}\right)^2, \quad (15.8)$$

$$25 \cdot 12,5^2 = 3906,25; 1182,9 < 3906,25$$

Условие (15.8) выполняется, т. к. $1182,90 < 3906,25$.

Если условие (15.8) выполняется, то проверяем выполнение условия

$$P_Z \leq 20 \cdot \left(\frac{d_3}{2}\right)^2. \quad (15.9)$$

Условие (15.9) выполняется, т. к. $1182,90 < 3125$ Н.

Принимаем $P_Z = 20 \cdot \left(\frac{d_3}{2}\right)^2 = 3125$ Н и корректируем подачу на зуб метчика по формуле

$$a_Z = 0,01 \cdot \sqrt[0,6]{\frac{P_Z}{K_M \cdot f \cdot \Sigma}} \quad (15.10)$$

$$a_Z = 0,01 \cdot \sqrt[0,6]{\frac{3125}{0,93 \cdot 8,8 \cdot 83,41}} = 0,12 \text{ мм.}$$

Если условие (15.9) не выполняется осуществляем корректировку a_Z также по формуле (15.10).

Окончательное значение подачи принимаем $a_Z = 0,12$ мм.

Определяем угол корригированного профиля зуба метчика из условия получения заданной шероховатости поверхности резьбы $R_Z = 40$ мкм и достаточности угла поднутрения δ (рис.14.3, с, занятие 14).

Если $\Delta h = R_Z < a_Z \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$, то угол δ принимается равным 2° , а угол профиля зуба метчика $\frac{\alpha_K}{2} = 30^\circ - \delta = 28^\circ$.

Если $\Delta h > a_Z \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$, то угол δ определяется по формуле [5, с. 45–52]

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\Delta h \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{a_Z - \Delta h \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}. \quad (15.11)$$

Если полученное значение угла $\delta > 2^\circ$, то $\frac{\alpha_K}{2} = \frac{\alpha}{2} - 3^\circ$, если же $\delta < 2^\circ$, то угол $\frac{\alpha_K}{2} = 30^\circ - 2^\circ = 28^\circ$.

Проверяем соблюдение условия $\Delta h = R_Z < a_Z \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$.

Условие соблюдается, так как $40 \text{ мкм} < 60 \text{ мкм}$. Значение угла δ принимаем 2° , а угол профиля зуба метчика $\frac{\alpha_K}{2} = 30^\circ - \delta = 28^\circ$.

11. Находим высоту профиля резьбы, которую может снять метчик при предварительно принятой длине режущей части

$$H = \frac{L_1 \cdot Z \cdot a_Z}{P \cdot n}. \quad (15.12)$$

$$H = \frac{75 \cdot 4 \cdot 0,12}{3,5 \cdot 1} = 10,28 \text{ мм.}$$

12. Полная высота профиля резьбы М30

$$H' = 0,5 \cdot (d - d_1), \quad (15.14)$$

$$H' = 0,5 \cdot (30,157 - 26,211) = 1,97 \text{ мм.}$$

13. Необходимое число метчиков в комплекте

$$g = \frac{H'}{H}, g = \frac{1,97}{10,28} = 0,19 < 1. \text{ Принимаем } g = 1 \text{ (один метчик).}$$

14. Припуск на метчик в комплекте

$$A = \frac{H'}{g}, A = 1,97 \text{ мм.}$$

15. Корректируем длину заборного конуса метчика l_K

$$l_K = \frac{A \cdot P \cdot n}{a_Z \cdot Z}, \quad (15.15)$$

$$l_K = \frac{1,97 \cdot 3,5 \cdot 1}{0,12 \cdot 4} = 14,32 \text{ мм. Принимаем } L_1 = l_K = 14 \text{ мм.}$$

16. Угол заборного конуса φ

$$\varphi = \operatorname{arctg} \left(\frac{A}{L_1} \right), \quad (15.16)$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} 0,1403 = 7^{\circ} 98' = 8^{\circ}.$$

17. Калибровочная часть l_2 корригированного метчика выполняет лишь функцию проверки резьбы, поэтому ее делают короткой

$$l_2 = 2 \cdot P, \quad l_2 = 2 \cdot 3,5 = 7 \text{ мм.}$$

18. Ширину пера b устанавливаем на основе данных, приведенных в таблице 14.11 (занятие 14)

$$b = (0,20 \dots 0,22)d,$$

$$b = 0,21d = 0,21 \cdot 30,157 = 6,33 \text{ мм.}$$

19. Диаметр сердцевины d_c в начале заборного конуса (табл. 14.11)

$$d_c = 0,43 \cdot d,$$

$$d_c = 0,43 \cdot 30,157 = 12,96 \text{ мм.}$$

20. Передний угол $\gamma_B = 8^{\circ}$, задний угол $\alpha_B = 6^{\circ}$ (таблица 14.13, занятие 14).

21. Падение затылка K на наибольшем диаметре заборного конуса (14.10)

$$K = \left(\frac{\pi \cdot d}{z} \right) \cdot \operatorname{tg} \alpha_B,$$

$$K = \left(\frac{3,14 \cdot 30,157}{4} \right) \cdot \operatorname{tg} 6^\circ = 2,48 \text{ мм.}$$

Принимаем $K = 2,5$ мм.

При затыловании зубьев калибрующей части по наружному диаметру, величина K_1 (падение затылка) должна быть в 2...3 раза меньше величины K .

22. Для нарезания правой резьбы в сквозном отверстии требуется метчик с винтовыми стружечными канавками. Направление этих канавок должно быть левым. Угол их наклона рассчитываем по следующей формуле

$$\omega = \operatorname{arctg} \left(\frac{P \cdot n}{\pi \cdot d_2} \right), \quad (15.17)$$

$$\omega = \operatorname{arctg} \left(\frac{3,5 \cdot 1}{3,14 \cdot 27,833} \right) = 2^\circ 29'.$$

Полученные значения ω округляем в меньшую сторону с точностью 1° . Если $\omega < 3^\circ$, канавки делаются прямыми. Принимаем $\omega = 0^\circ$.

23. Рассчитываем диаметр ролика для контроля среднего диаметра метчика (рис. 15.1.)

$$d_r = 0,5 \cdot P + (d - d_2) \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_K}{2}, \quad (15.18)$$

$$d_r = 0,5 \cdot 3,5 + (30,157 - 27,884) \cdot \operatorname{tg} 28^\circ = 2,96 \text{ мм.}$$

Ближайший меньший или равный расчетному фактический диаметр ролика выбираем по таблице 15.5 [5, с. 45–52].

Принимаем $d_r = 2,886$ мм.

Таблица 15.5

Ряд диаметров измерительных роликов

Диаметр ролика d_r , мм										
0,866	1,008	1,157	1,441	1,732	2,02	2,314	2,595	2,886	3,106	3,568
4,00	4,5	5,178	6,00	6,212	6,588	7,2	8,757	9,03	10,00	10,95
12,423	13,133	14,00	15,555	17,363	19,00	20,00	20,708	21,863	26,231	–

24. Диаметр метчика по роликам d_k (рис. 15.1) рассчитываем по формуле [5, с. 45–52]

$$d_k = d - \frac{P+2 \cdot (d-d_2) \cdot \operatorname{tg}^{\alpha} / 2}{\operatorname{tg} \alpha_K} + \frac{d_r}{\sin \alpha_K} + d_r, \quad (15.19)$$

$$d_k = 30,157 - 5,75 + 6,15 + 2,886 = 33,443 \text{ мм.}$$

25. Длину цапфы $L_{ц}$, рис. 15.1, принимаем равной четырем шагам нарезаемой резьбы $L_{ц} = 4 \cdot P$, $L_{ц} = 4 \cdot 3,5 = 14$ мм.

Диаметр цапфы $d_{ц}$ назначаем равным диаметру отверстия под резьбу D_0 (табл. 15.6) допуск на диаметр цапфы должен обеспечивать посадку с зазором в отверстии под резьбу (табл. 15.6).

Таблица 15.6

Диаметры отверстий под нарезание резьбы и сверл для их обработки

Номинальные размеры					
резьбы		отверстия		сверла	
D , мм	P , мм	D_0 , мм	допуск	D_{CB} , мм	допуск

1,0	0,25	0,75	<i>H11</i>	0,75	<i>h11</i>
1,2	0,25	0,95		0,95	
1,4	0,30	1,10		1,10	
1,7	0,35	1,35		1,35	<i>d11</i>
2,0	0,40	1,60		1,60	
2,3	0,40	1,90		1,90	
2,6	0,45	2,15		2,15	
3,0	0,50	2,50		2,50	
4,0	0,70	3,30		3,30	
5,0	0,80	4,20		4,20	
6,0	1,0	5,00		5,0	
7,0	1,0	6,00		6,0	
8,0	1,25	6,60	<i>H12</i>	6,60	<i>h12</i>
10,0	1,50	8,30		8,30	
12,0	1,75	10,00		10,00	
14,0	2,00	11,70		11,70	
16,0	2,00	13,70		13,70	
18,0	2,50	15,20		15,20	
20,0	2,50	17,20		17,20	
22,0	2,50	19,15		19,15	
24,0	3,00	20,60		20,60	
27,0	3,00	23,60		23,60	
30,0	3,50	26,00		26,00	
36,0	4,00	31,40		31,40	
48,0	5,00	42,20		42,20	

26. По формуле (14.28), занятие 14 определяем длину метчика

$$L = 14 + 4 + 14 + 50 + 8 + 57 = 147 \text{ мм.}$$

27. Зная длину метчика, находим величину смещения заднего центра резьбошлифовального станка для создания обратной конусности $K_o = 0,05 \dots 0,1$ мм на условной длине резьбы $L_y = 100$ мм по формуле (14.29)

$$s = \frac{147 \cdot 0,1}{100} = 0,147 \text{ мм.}$$

Расстояние до сварного шва $L_{Cш}$, рис. 15.1, рассчитываем по формуле

$$L_{Cш} = L_{Ц} + L_K + L_1 + L_2 + 10, \quad (15.20)$$

$$L_{Cш} = 14 + 4 + 14 + 7 + 10 = 49 \text{ мм.}$$

Радиус дна канавки R , диаметр дна канавки d_4 и расстояние от торца до середины дна канавки L_3 назначаем согласно ГОСТ 3266–81 ($R = 6$ мм, $d_4 = 18$ мм, $L_3 = 28$ мм). Результаты расчета метчика представлены в таблице 15.7 [5, с. 45–52].

Таблица 15.7

Результаты расчета метчика

Шаг резьбы P , мм	3,5
Средний диаметр резьбы d_2 , мм	27,884 _{–0,045}
Наружный диаметр d , мм	30,157 _{–0,067}
Внутренний диаметр d_1 , мм	26,211 _{–0,19}
Число перьев Z	4
Диаметр хвостовика d_3 , мм	25
Сторона квадрата a , мм	19
Высота квадрата h , мм	22
Подача на зуб a_z , мм	0,12
Угол профиля зуба $\frac{\alpha_K}{2}$, градус	28
Длина заборного конуса L_1 , мм	14
Угол заборного конуса φ , градус	8
Длина калибрующей части L_2 , мм	7
Ширина пера b , мм	6,33
Диаметр сердцевин d_C , мм	12,96
Передний угол γ_B , градус	8
Задний угол α_B , градус	6
Падение затылка на режущей части K , мм	2,5
Угол наклона стружечных канавок ω , градус	0
Диаметр ролика для контроля среднего диаметра резьбы метчика d_r , мм	2,886

Диаметр метчика по роликам d_K , мм	33,443
Длина цапфы L_{II} , мм	14
Диаметр цапфы d_{II} , мм	26
Ширина канавки L_K , мм	4
Расстояние до сварного шва L_C , мм	49
Длина метчика L , мм	147
Диаметр дна канавки d_4 , мм	18
Радиус дна канавки R , мм	6
Расстояние от торца до середины канавки L_3 , мм	28
Смещение заднего центра станка S , мм	0,147

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучите теорию, изложенную в работе.
2. Спроектируйте машинно-ручной корригированный метчик для нарезания однозаходной резьбы в сквозном отверстии длиной l_3 , используя варианты таблицы 15.8. Материал заготовки – легированная сталь, твердость HB 200. Шероховатость резьбы $R_z = 40$ мкм.
3. Сделайте эскиз рассчитанного метчика.
4. Назовите основные конструктивные элементы метчика и их назначение.
5. Составьте отчет по работе.

Таблица 15.8

Варианты задания

Вариант	Резьба	Длина резьбы, l_3 , мм	Материал заготовки	HB
1	$M20\ 4H$	20	Углеродистые стали	150
2	$M10\ 5H6H$	25	Легированные стали	197
3	$M16\ 7H$	40	Жаропрочные сплавы	217
4	$M8\ 6H$	50	Чугуны серые	180
5	$M10\ 5H$	60	Чугуны ковкие	163
6	$M12\ 6G$	70	Медь	50
7	$M14\ 7G$	50	Бронза	100

8	<i>M16 6G</i>	20	Латунь	70
9	<i>M18 4H</i>	40	Алюминиевые сплавы	70
10	<i>M14 5H6H</i>	15	Углеродистые стали	190
11	<i>M16 7H</i>	30	Легированные стали	269
12	<i>M8 6H</i>	20	Жаропрочные сплавы	156
13	<i>M10 5H</i>	30	Чугуны серые	160
14	<i>M12 6G</i>	64	Чугуны ковкие	190
15	<i>M14 7G</i>	54	Медь	60
16	<i>M16 6G</i>	35	Бронза	110
17	<i>M20 5H6H</i>	45	Латунь	78
18	<i>M10 5H</i>	70	Алюминиевые сплавы	50
19	<i>M12 6G</i>	75	Углеродистые стали	260
20	<i>M14 7G</i>	80	Легированные стали	240

Литература: 5.

16 ПРОВЕРКА ПРИГОДНОСТИ ЗУБОРЕЗНОГО ДОЛБЯКА ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ ПАРЫ СОПРЯГАЕМЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Цель: освоить методику оценки пригодности зуборезного долбяка для нарезания пары сопрягаемых зубчатых колес.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: принцип работы, области применения и конструктивные особенности различных видов зуборезных долбяков.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: оценивать возможность использования конкретного долбяка для обработки заданной пары зубчатых колес, а также формулировать рекомендации по корректировке его конструктивных параметров при необходимости.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методика выполнения проверки пригодности зуборезного долбяка для нарезания пары сопрягаемых зубчатых колес.

Формируемые компетенции: ОПК-5, ПК-2, ПК-6.

Актуальность темы: Зуборезные долбяки – это одни из первых инструментов для нарезания зубчатых колес, использующие метод огибания. Они выделяются своей универсальностью: в отличие от других зуборезных инструментов, ограниченных в применении к определенным типам цилиндрических колес, долбяками можно обрабатывать зубчатые колеса любого типа. Кроме того, долбяки обеспечивают более высокое качество обработки по сравнению с червячными фрезами и часто превосходят зубофрезерование по производительности, даже применительно к обработке колёс обычной дисковой формы.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Зуборезные долбяки – это универсальный инструмент для изготовления цилиндрических зубчатых колес (прямозубых, косозубых и шевронных) с наружным и внутренним зацеплением, а также зубчатых реек. Они особенно эффективны для нарезания деталей, которые сложно или нецелесообразно обрабатывать другими методами, например: колес с малым выходом инструмента (малые зубчатые венцы блочных колес, зубчатые венцы с буртами или расположенные в упор), колес с внутренними зубьями, шевронных колес и зубчатых секторов.

Зуборезные долбяки демонстрируют более высокую производительность, чем дисковые и пальцевые модульные фрезы, а также зуборезные гребенки. Однако, они уступают в этом отношении червячным зуборезным фрезам, головкам для контурного зубодолбления и зуборезным протяжкам. Исключение составляют случаи обработки зубчатых секторов, где долбление может быть более производительным, чем червячное зубофрезерование.

По точности обработки зубчатых колес долбяки превосходят дисковые и пальцевые модульные фрезы, головки для контурного зубодолбления и зуборезные протяжки. При этом они уступают зуборезным гребенкам. По сравнению с червячными фрезами, долбяки обеспечивают более высокую точность

(примерно на одну степень), но имеют более низкие показатели по некоторым параметрам, таким как радиальное биение зубчатого венца и накопленная погрешность окружного шага.

Зуборезные долбяки выпускаются трех классов точности АА, А и В по ГОСТ 9323-79. Наиболее точные долбяки – класса АА могут обеспечить обработку зубчатых колес до 6 степени точности.

По конструктивному оформлению зуборезные долбяки делятся на: дисковые (рисунок 16.1, а), чашечные (рисунок 16.1, б), хвостовые (рисунок 16.1, в) и дисковые косозубые (рисунок 16.1, г) [12, с. 4–14].

Дисковые долбяки – самый распространенный тип. Чашечные долбяки используются, когда доступ к обрабатываемой поверхности затруднен из-за крепежной гайки. Хвостовые долбяки применяются преимущественно для нарезания колес с внутренними зубьями, когда из-за малого диаметра не обеспечивается требуемая жесткость насадных долбяков. Косозубые долбяки предназначены для нарезания косозубых и шевронных зубчатых колес как с наружным, так и с внутренним зацеплением.



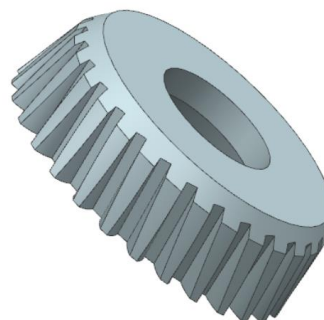
а



б



в



г

Рис. 16.1. Типы зуборезных долбяков

При нарезании зубьев на зубодолбежном станке долбяк и заготовка совершают следующие движения (рисунок 16.2) [12, с. 4–14].

1. Долбяк совершает возвратно-поступательное движение D_r , которое является главным движением резания.

2. Вращательное движение долбяка D_{w0} и кинематически связанное с ним вращательное движение заготовки D_{wi} , которые составляют движение обката. При этом начальные окружности долбяка и заготовки перекатываются друг по другу без скольжения, а поворот долбяка на один зуб соответствует повороту заготовки на один зуб колеса. Вращение долбяка, кроме того, обеспечивает его круговую подачу, определяющую параметры срезаемых слоев металла и производительность процесса

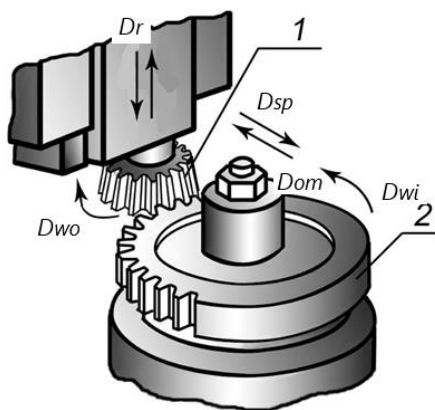


Рис. 16.2. Схема нарезания зубьев цилиндрического прямозубого колеса зуборезным долбяком

3. Для постепенного врезания долбяка на требуемую глубину необходимо движение радиальной подачи D_{sp} .

4. Отскок долбяка во время холостого хода D_{om} предотвращает контакт режущих кромок зубьев с заготовкой, что снижает износ инструмента.

Ввиду одновременного выполнения движений 1, 2 и 3, для обеспечения полной обработки всех зубьев колеса после отключения радиальной подачи D_{sp} , требуется совершение заготовкой одного полного оборота.

Зуборезный долбяк – это инструмент, выполненный в виде эвольвентного зубчатого колеса. Его конструкция включает переднюю и заднюю поверхности зубьев, которые обеспечивают передние и задние углы на режущих лезвиях.

Сами режущие лезвия расположены на производящей поверхности долбяка. Важным условием работы является обеспечение беззазорного станочного зацепления этой производящей поверхности с нарезаемым колесом. На рисунке 16.3 представлены основные элементы прямозубого долбяка [12, с. 4–14].

Исходный контур инструментальной рейки определяет размеры зубьев долбяка. Величина смещения рейки в плоскости перпендикулярной оси долбяка в различных сечениях выполняется переменной с целью образования задних углов на вершинном α_a и боковых α_b режущих лезвиях.

Сечение *I-I* проходит через вершины зубьев долбяка и называется начальным. В этом сечении коэффициент смещения исходного контура рейки является положительным и максимальным $X_1 > 0$.

Сечение *II-II* называется исходным. Здесь коэффициент смещения рейки $X_2 = 0$. В исходном сечении определяются размеры зубьев долбяка, поэтому его также называют расчетным.

Сечение *III-III* называется конечным. В этом сечении коэффициент смещения рейки имеет отрицательное значение $X_3 < 0$. С помощью этого сечения определяется максимально допустимая глубина переточки долбяка по передней поверхности, при которой сохраняется прочность его зубьев.

Исходное расстояние b_1 , являющееся существенным параметром зуборезного долбяка, представляет собой расстояние между исходным и начальным сечениями вдоль оси долбяка. Данное расстояние вычисляется согласно зависимости

$$b_1 = \frac{X_1 \cdot m}{\operatorname{tg} \alpha_a},$$

где X_1 – коэффициент смещения исходного контура в начальном сечении;

m – модуль долбяка;

α_a – задний угол на вершинном режущем лезвии долбяка.

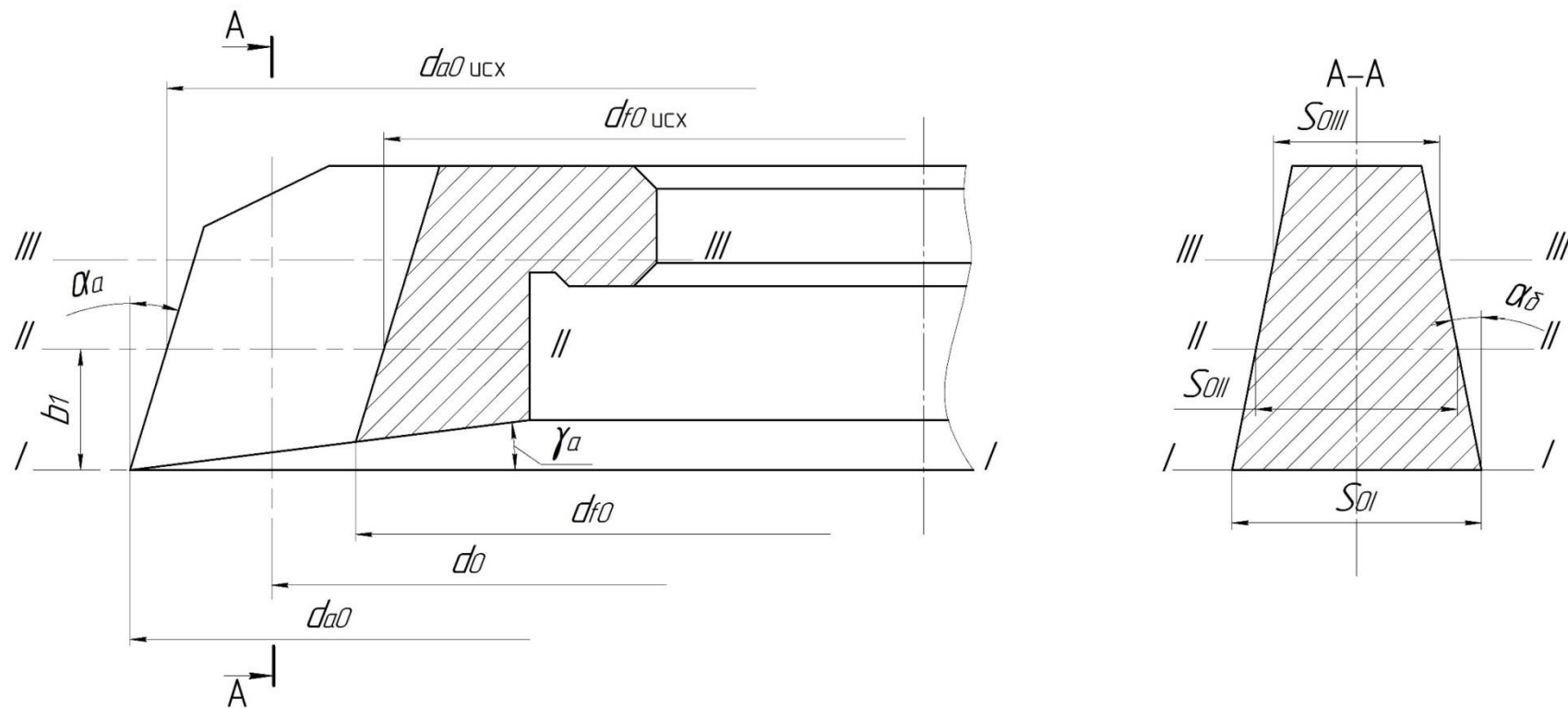


Рис. 16.3. Сечение долбяка осевой плоскостью: I-I – начальное сечение, II-II – исходное сечение, III-III – конечное сечение

При заточке долбяка обрабатывается только его передняя поверхность. У прямозубых долбяков эта поверхность имеет простую коническую форму. Каждая переточка сокращает исходное расстояние, которое может уменьшиться до нуля, т. е. до исходного сечения $II-II$ или даже стать отрицательным, переходя исходное сечение $II-II$.

Увеличение исходного расстояния нового долбяка и минимизация его сточенного состояния позволяют увеличить количество допустимых переточек, что ведет к продлению срока его эксплуатации. Однако, минимальное и максимальное значения параметра b_1 , определяющие возможность дальнейшего использования долбяка, обусловлены рядом технических условий [12, с. 4–14].

Методика оценки пригодности зуборезного долбяка для нарезания пары сопрягаемых зубчатых колес.

1. Диаметр окружности выступов зубьев d_{a0} , мм, в начальном сечении долбяка берем из исходных данных.

2. Находим расстояние от начального до исходного сечения долбяка b_1 , мм, [12, с. 4–14]

$$b_1 = \frac{d_{a0} - m \times Z_0 - 2 \times f_{a0} \times m}{2 \times \operatorname{tg} \alpha_a}, \quad (16.1)$$

где m – модуль долбяка, мм;

Z_0 – число зубьев долбяка;

$f_{a0} = 1,25$ – коэффициент высоты головки зуба долбяка в исходном сечении;

$\alpha_a = 6^\circ$ – задний угол на вершинной режущей кромке зуба долбяка.

3. Рассчитываем толщину зуба долбяка на делительном диаметре в начальном сечении S_{t0} , мм, [12, с. 4–14]

$$S_{t0} = \frac{\pi \times m}{2} + 2 \times b_1 \times \operatorname{tg} \alpha_a \times \operatorname{tg} \alpha, \quad (16.2)$$

где $\alpha = 20^\circ$ – угол исходного контура инструментальной рейки.

4. Определяем толщину зуба колеса по дуге делительной окружности S_{t1} , мм,

$$S_{t1} = \frac{\pi \times m}{2}. \quad (16.3)$$

5. Вычисляем станочный угол зацепления зуборезного долбяка и нарезаемого колеса α_{10}

$$\text{inv} \alpha_{10} = \text{inv} \alpha \pm \frac{S_{t1} + S_{t0} - \pi \times m}{m \times (Z_1 \pm Z_0)}, \quad (16.4)$$

где Z_1 – число зубьев нарезаемого колеса.

Значение эвольвентной функции $\text{inv} \alpha$ принимаем из таблицы 16.1 [12, с. 4–14].

Таблица 16.1

Значение эвольвентной функции $\text{inv} \alpha$

α	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°
0'	0,01076	0,012715	0,014904	0,017345	0,020054	0,023044	0,026350	0,029975
5'	0,010915	0,012888	0,015098	0,01756	0,020292	0,023312	0,026639	0,030293
10'	0,011071	0,013063	0,015293	0,017777	0,020533	0,023577	0,026931	0,030613
15'	0,011228	0,01324	0,01549	0,017996	0,020775	0,023845	0,027225	0,030935
20'	0,011387	0,013418	0,015689	0,018217	0,021019	0,024114	0,027521	0,03126
25'	0,011547	0,013598	0,01589	0,01844	0,021266	0,024386	0,02782	0,031587
30'	0,011709	0,013779	0,016092	0,018665	0,021514	0,02466	0,028121	0,031917
35'	0,011873	0,013963	0,016296	0,018891	0,021765	0,024936	0,028424	0,032249
40'	0,012038	0,014148	0,016502	0,01912	0,022018	0,025214	0,028729	0,032583
45'	0,012205	0,014334	0,01671	0,01935	0,022272	0,025495	0,029037	0,03292
50'	0,012373	0,014523	0,01692	0,019583	0,022529	0,025778	0,029348	0,03326
55'	0,012543	0,014713	0,017132	0,019817	0,022788	0,026062	0,02966	0,033602

В формулах (16.4), (16.5) и (16.9) знак (+) применяется для пар зубчатых колес с наружным зацеплением, а знак (–) – для пар зубчатых колес с внутренним зацеплением.

6. Вычисляем межосевое расстояние зуборезного долбяка и нарезаемого колеса A_{10} , мм, [12, с. 4–14]

$$A_{10} = \frac{m \times (Z_1 \pm Z_0) \times \cos \alpha}{2 \times \cos \alpha_{10}}. \quad (16.5)$$

7. Находим диаметр окружности впадин зубчатого колеса, нарезаемого долбяком d_{f1} , мм,

$$d_{f1} = 2 \times A_{10} \pm d_{a0}. \quad (16.6)$$

При нарезании зубчатых колес наружного зацепления в формуле (16.6) применяется знак (–), а при внутреннем – знак (+).

Наружное зацепление требует выполнения условия $d_{f1} \leq d_{fc1}$, здесь d_{fc1} – стандартный диаметр окружности впадин нарезаемого колеса.

$$d_{fc1} = m \times Z_1 - 2,5 \times m. \quad (16.7)$$

8. Определяем межосевое расстояние колес в зубчатой передаче A_{12} , мм,

$$A_{12} = \frac{d_1 + d_2}{2}, \quad (16.8)$$

где d_1 и d_2 – диаметры делительных окружностей колес зубчатой передачи, мм:

$$d_1 = m \times Z_1, \quad d_2 = m \times Z_2.$$

9. Вычисляем угол зацепления нарезаемого и сопряженного с ним колеса в зубчатой передаче [12, с. 4–14]

$$\cos\alpha_{12} = \frac{m \times (Z_1 \pm Z_2) \times \cos\alpha}{2 \times A_{12}}. \quad (16.9)$$

10. Определяем диаметр основной окружности зуборезного долбяка d_{b0} , мм, [12, с. 4–14]

$$d_{b0} = d_0 \times \cos\alpha, \quad (16.10)$$

где d_0 – диаметр делительной окружности зуборезного долбяка, мм,

$$d_0 = m \times Z_0.$$

11. Рассчитываем радиус кривизны в нижней точке активного участка эвольвентного профиля зубчатого колеса ρ_k , мм, (рис. 16.4) [12, с. 4–14]

$$\rho_k = A_{12} \times \sin\alpha_{12} - \frac{\sqrt{d_{a2}^2 + d_{b2}^2}}{2}, \quad (16.11)$$

где d_{a2} – диаметр окружности выступов зубчатого колеса, сопряженного с нарезаемым колесом, мм;

d_{b2} – диаметр основной окружности зубчатого колеса, сопряженного с нарезаемым колесом, мм;

$$d_{a2} = m \times Z_2 + 2 \times m;$$

$$d_{b2} = d_2 \times \cos\alpha.$$

12. Определяем радиус кривизны нижней точки эвольвентного профиля зуба колеса ρ_{ki} , мм,

$$\rho_{ki} = A_{10} \times \sin\alpha_{10} - \frac{\sqrt{d_{a0}^2 + d_{b0}^2}}{2}. \quad (16.12)$$

13. Выводы о возможности использования зуборезного долбяка для изготовления указанной пары зубчатых колес [12, с. 4–14]:

13.1. Требуемая высота зубьев колеса будет обеспечена при условии выполнения условия $d_{f1} \leq d_{fc1}$.

13.2. Для правильного зацепления по эвольвентной кривой зубьев пары сопряженных колес, нарезанных долбяком, необходимо, чтобы нижняя точка активного участка (точка K , рисунок 16.4) располагалась на эвольвентном профиле зуба колеса. Кроме этого должно выполняться условие $\rho_{ki} < \rho_k$.

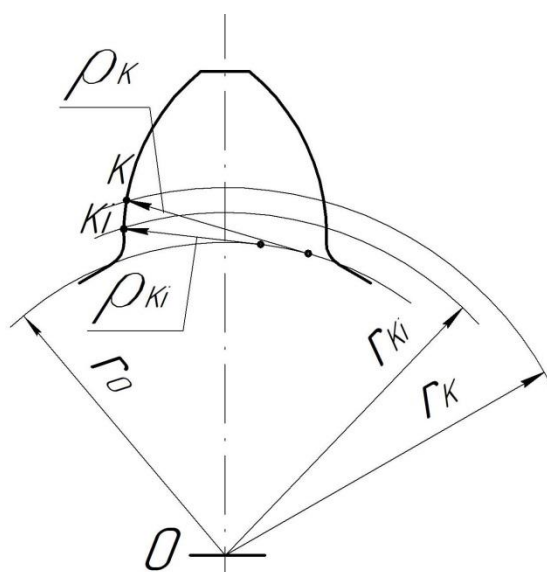


Рис. 16.4. Схема к определению условия правильного зацепления сопряженных колес, нарезанных долбяком

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучите теорию, изложенную в работе.
2. Перечислите области применения зуборезных долбяков.
3. Какие типы зубчатых колес возможно изготовить с помощью долбяка?
4. Какие существуют типы зуборезных долбяков и для каких задач они предназначены?
5. Опишите метод, которым долбяк нарезает зубья на колесах.
6. Объясните, какие движения необходимы долбяку и колесу, и каково их назначение в процессе обработки.

7. Какое место среди других зуборезных инструментов занимает долбяк по производительности и точности?

8. Дайте определения начального, исходного и конечного сечений долбяка.

9. В чем заключается разница в профиле зубьев долбяка в начальном, исходном и конечном сечениях?

10. Сколько режущих кромок имеет зуб долбяка?

11. По какой поверхности перетачивается долбяк и почему?

12. Оцените пригодность долбяка для обработки конкретной пары зубчатых колес, согласно заданию в таблице 16.2.

13. Составьте отчет по работе.

В отчете выполните: эскиз заданного зуборезного долбяка с простановкой всех измеренных и вычисленных размеров.

Таблица 16.2

Варианты задания

Вариант	m , мм	Z_0	α , град.	α_a , град.	$Z_1 = Z_2$	d_{a0} , мм	b , мм
1	1	80	20	6	20	84	7
2	2	75	20	6	21	156,7	8
3	3	60	20	6	22	189,4	9
4	4	40	20	6	23	172,1	10
5	5	28	20	6	24	153,7	6
6	6	23	20	6	25	154,7	8
7	7	22	20	6	26	173	7
8	8	20	20	6	27	181,9	9
9	1,5	70	20	6	28	109,8	5

10	2,5	65	20	6	29	170,2	7
11	3,5	50	20	6	30	185,6	9
12	4,5	30	20	6	31	148,4	10
13	5,5	27	20	6	32	163,9	8
14	6,5	22	20	6	33	161,2	9
15	7,5	21	20	6	34	177,5	6
16	2,25	72	20	6	35	168,7	5
17	2,75	65	20	6	36	187,1	7
18	3,25	58	20	6	25	198,7	10
19	3,75	45	20	6	26	179,4	6
20	4,25	36	20	6	27	165,1	7
21	4,75	33	20	6	28	170,3	8
22	5,25	27	20	6	29	155,9	5
23	5,75	25	20	6	30	160	9
24	1,75	75	20	6	31	137,1	7
25	2,5	32	20	6	37	87,5	6
26	5	39	20	6	39	209,4	9
27	3	38	20	6	38	123	7
28	4,5	41	20	6	41	197	6
29	3,5	35	20	6	35	132,3	5
30	5	39	20	6	39	208,7	6

Литература: 12.

Литература

1. Байкалова В.Н. Расчет режимов резания при точении: Методические рекомендации по курсу "Технология конструкционных материалов и материаловедение" / В.Н. Байкалова, А.М. Колокатов, И.Д. Малинина. – М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2000. – 43 с.
2. Волков А.Н. Проектирование спиральных цилиндрических фрез: Метод, указания к курсовой работе / Самар, гос. аэрокосм. ун-т. Составитель А Н. Волков. Самара, 2001. – 16 с.
3. Гречишников В.А. Проектирование режущих инструментов: учебное пособие / В.А. Гречишников, С.Н. Григорев, И.А. Коротков и др. – 2-е изд. стер. – Старый Оскол: ТНТ, 2019. – 300 с.
4. Дечко Э. М. Проектирование цельных сверл: пособие для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения», 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» / Э. М. Дечко, Е. А. Маркова, О. К. Яцкевич. – Минск: БНТУ, 2020. – 46 с. ISBN 978-985-583-188-5.
5. Киреев Г.И. Проектирование метчиков и круглых плашек: учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 107 с.
6. Кирсанов Г.Н. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов: учебное пособие для вузов / Г.Н. Кирсанов, О.Б. Арбузов, Ю.Л. Боровой и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 288 с.
7. Кожевников Д.В. Режущий инструмент: учебное пособие / Д. В. Кожевников, В. А. Гречишников, С. В. Кирсанов и др.; под общей редакцией С. В. Кирсанова. – 5 изд., стереотип. – Москва: Машиностроение, 2022. – 520 с.
8. Козлов В.Н. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Резание материалов и режущий инструмент» для студентов, обучающихся по направлению 150700 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств». – Томск: Изд. ТПУ, 2014. – 12 с.
9. Резников Л.А. Проектирование протяжек для обработки цилиндрических отверстий : метод. указания / сост. Л.А. Резников. – Тольятти: ТГУ, 2016. – 10 с.

10. Сазонов М.Б. Лабораторный практикум по режущим инструментам. Ч.1: лаб. практикум / М.Б. Сазонов, Д.Л. Скуратов, А.Н. Волков и др. – Самара: Изд-во СГАУ, 2015. – 132 с.

11. Смирнов М.Ю. Расчет и проектирование фасонных резцов: учебное пособие / М. Ю. Смирнов, Г. И. Киреев, В. В. Демидов. Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 77 с.

12. Ткаченко А.Н. Проектирование и выбор режущего инструмента. изучение конструкции и принципа работы зуборезных долбяков: методические указания по выполнению лабораторных работ. – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева. 2019. – 15 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 «РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ»
для студентов направления подготовки
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Ставрополь 2026

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Общая характеристика самостоятельной работы	4
2 План-график выполнения самостоятельной работы	8
Вопросы к собеседованию 3 семестр.....	12
Вопросы к собеседованию 4 семестр.....	14
Тесты	17

ВВЕДЕНИЕ

История возникновения и развития металлорежущих инструментов неотделима от истории возникновения и развития машиностроения и металлообработки.

Особенно интенсивное развитие вопросы расчета и конструирования металлорежущих инструментов получили в XX веке. С одной стороны это связано с бурным развитием машиностроительного производства и со все возрастающими его потребностями в точном и производительном инструменте, с другой - с развитием науки о процессе резания металлов.

Инструментальное, производство развивается по двум основным направлениям:

- производство стандартного инструмента на специализированных заводах (фирмах);
- производство специального инструмента в инструментальных цехах металлообрабатывающих заводов.

Успешное развитие инструментального производства невозможно без серьезного научного обеспечения. Инструмент - достаточно сложный научно-технический объект, включающий в сферу своих интересов не только такие дисциплины как технология машиностроения, металлорежущие станки и теория резания, но и математику, физику, термодинамику, металловедение, теорию машин и механизмов, ЭВМ и целый ряд других научных дисциплин. Важной особенностью инструмента является и то, что режущая часть его состоит из специфических инструментальных материалов, обладающих особыми физико-механическими свойствами.

1 Общая характеристика самостоятельной работы

Цель: Цель освоения дисциплины – приобретение студентами знаний о режущем инструменте, о его конструкции, геометрии, выборе и проектировании с целью совершенствования технологических процессов машиностроительного производства, изысканию новых методов формообразования поверхностей, обеспечивающих высокую производительность труда, качество выпускаемой продукции и наименьшую себестоимость. Приобретается также знания об инструментальных материалах.

Задачи дисциплины:

- изучение принципов работы и основных понятий о конструктивных элементах режущих инструментов;
- изучение прогрессивных методов эксплуатации режущего инструмента, используемого при изготовлении машиностроительных изделий;
- изучение методов рационального выбора инструмента для производства изделий машиностроения.

Цели и задачи самостоятельной работы: Самостоятельная работа направлена на решения ряда задач, к которым относятся:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умения использовать справочную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов:
- творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений.

Актуальность: Обоснована необходимостью изучения наиболее перспективных технологий обработки поверхностей и инструмента, позволяющего данную обработку производить. Знания, полученные в рамках изучения дисциплины необходимы на протяжении всей профессиональной деятельности.

Виды самостоятельной работы

Рабочей программой по дисциплине предусмотрено самостоятельное изучение материалов по темам практических работ. Для успешного выполнения данного вида работ, необходимо самостоятельно детально изучить материалы по представленным темам по рекомендуемым источникам информации:

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
		Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1	Подготовка к лекциям	1, 2	1, 2	2, 3	1-3
2	Подготовка к практическим занятиям	1, 2	1, 2	1, 2	1-3
3	Подготовка к лабораторным занятиям	1, 2	3	2, 4	1-3
4	Самостоятельное изучение литературы	1, 2	1, 2	1, 2, 3, 4	1-3

1. Перечень основной литературы:

1. Зубарев, Ю. М. Режущий инструмент : учебник для вузов / Ю. М. Зубарев, А. В. Вебер, М. А. Афанасенков ; Под общей редакцией Ю. М. Зубарева. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — 432 с. — ISBN 978-5-8114-9510-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/254675>

2. Кожевников, Д. В. Режущий инструмент : учебник для вузов / Д. В. Кожевников, В. А. Гречишников, С. В. Кирсанов и др. ; под общ. ред. С. В. Кирсанова. 5-е изд. , стереотип. - Москва : Машиностроение, 2022. - 520 с. - ISBN 978-5-907523-01-2. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785907523012.html>

2. Перечень дополнительной литературы:

1. Шаламов, В. Г. Режущий инструмент в машиностроении : учебное пособие / В. Г. Шаламов. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. — 132 с. — ISBN 978-5-9729-2078-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/428507>

2. Резников, Л. А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента : учебное пособие / Л. А. Резников. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. — 192 с. — ISBN 978-5-9729-1493-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/346952>

3. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Режущий инструмент» для студентов направления подготовки 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (рукопись) – Ставрополь, СКФУ, 2025.

2. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Режущий инструмент» для студентов направления подготовки 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (рукопись) – Ставрополь, СКФУ, 2025.

3. Конспект лекций по дисциплине «Режущий инструмент» для студентов направления подготовки 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (рукопись) – Ставрополь, СКФУ, 2025.

4. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Режущий инструмент» для студентов направления подготовки 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (рукопись) – Ставрополь, СКФУ, 2025.

4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. [http:// biblioclub.ru/](http://biblioclub.ru/) Университетская библиотека онлайн.

2. <http://www.rsl.ru> – Российская государственная библиотека.

3. <https://e.lanbook.com/> - Консорциум сетевых электронных библиотек ЭБС

"Лань"

При изучении материалов по каждой теме необходимо составить краткий конспект наиболее важной информации.

Помимо самостоятельного изучения материалов по темам к самостоятельной работе студентов относится подготовка к практическим и лабораторным занятиям по результатам которой студент представляет отчет преподавателю и проходит собеседование.

При самостоятельной подготовке к практическому и лабораторному занятию студент:

- организует свою деятельность в соответствии с методическим руководством по выполнению практических и лабораторных работ;
- изучает информационные материалы;
- подготавливает и оформляет материалы практических и лабораторных работ в соответствии с требованиями.

В результате выполнения указанных видов самостоятельной работы происходит формирование профессиональных компетенций представленных ниже:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ОПК-5 - Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда	ИД-1ОПК-5 Понимает основные закономерности протекания процессов обработки деталей машин, причин возникновения погрешностей обработки	Выбирать материалы, применяемые для изготовления режущих инструментов; знать принципы работы и основные понятия о конструктивных элементах режущих инструментов
ПК-2 - Способен обеспечивать технологическую подготовку и обеспечение производства деталей машиностроения средней сложности.	ИД-3ПК-2 Осуществляет обеспечение оснасткой производство деталей машиностроения средней сложности.	Выбирать и эксплуатировать режущие инструменты, обеспечивающие высокую производительность труда, качество выпускаемой продукции машиностроения и наименьшую себестоимость.
ПК-6 - Способен выполнять проектирование простой технологической оснастки механосборочного производства.	ИД-3ПК-6 Проектирует режущий инструмент	Проектировать режущие инструменты, обеспечивающие качество выпускаемой продукции машиностроения и наименьшую себестоимость.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код оцениваемой компетенции, инди-	Этап формирования компетенции (№ темы)	Средства и технологии оценки	Вид контроля, аттестаци-	Тип контроля	Наименование оценочного средства
------------------------------------	--	------------------------------	--------------------------	--------------	----------------------------------

катора			ция		
3 семестр					
ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	Тема 1-7	Собесе- дование	текущий	устный	вопросы для собеседова- ния
ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	Тема 1-13	Тестиро- вание	текущий	пись- менный	комплект те- стовых зада- ний
ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	Тема 1-13	Собесе- дование	проме- жуточ- ный, за- чет с оценкой	устный	вопросы для собеседова- ния

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
	3 семестр	
1	Тема 1. Роль и назначение режущих инструментов. Определение, назначение, классификация режущих инструментов.	1 неделя
2	Тема 2. Материалы, применяемые при изготовлении режущих инструментов. Материалы для рабочей части. Материалы для присоединительной части.	3 неделя
3	Тема 3. Основные принципы построения конструкций режущих инструментов. Общие принципы работы режущих инструментов и построение их конструкций. Инструменты составной и сборной конструкции. Основные цели и задачи проектирования и расчета режущих ин-	5 неделя

	струментов. Этапы проектирования. Требования к рабочим чертежам инструмента	
4	Тема 4. Резцы. Типы и назначение резцов. Геометрия токарных резцов. Выбор сечения державок. Подрезные, расточные, отрезные, строгальные и долбежные резцы.	7 неделя
5	Тема 4. Особенности конструкции резцов. Твердосплавные резцы. Резцы, оснащенные керамикой и синтетическими сверхтвердыми материалами. Способы стружкозавивания и стружколомания при конструировании токарных резцов.	9 неделя
6	Тема 5. Протяжки и прошивки. Принцип работы и их определение. Конструктивные и геометрические параметры круглых протяжек. Схемы резания.	11 неделя
7	Тема 5. Протяжки и прошивки. Конструктивные и геометрические параметры шлицевых протяжек. Схемы резания. Особенности конструкций и расчета отдельных видов протяжек.	13 неделя
8	Тема 6. Фрезы. Классификация. Форма зубьев и их геометрия. Конструктивные и геометрические параметры цилиндрических фрез. Конструктивные и геометрические параметры торцевых фрез. Затылованные фрезы. Конструктивные и геометрические параметры затылованных фрез.	15 неделя
9	Тема 7. Инструменты для обработки отверстий. Сверла. Конструктивные и геометрические параметры. Зенкеры. Конструктивные и геометрические параметры. Развертки. Конструктивные и геометрические параметры.	17 неделя
	4 семестр	
10	Тема 8. Инструменты для обработки резьбы. Принципы работы и общие положения проектирования. Резцы и гребенки.	1 неделя
11	Тема 8. Инструменты для обработки резьбы Метчики и их проектирование. Плашки и их проектирование	3 неделя
12	Тема 9. Инструменты для обработки зубьев цилиндрических колес. Основные вопросы проектирования. Инструменты, работающие по методу фасонного копирования. Инструменты, работающие по методу огибания. Гребенки, долбяки. Червячные фрезы. Шеверы	5 неделя
13	Тема 10. Инструменты для обработки зубьев конических колес. Основные вопросы проектирования	7 неделя
14	Тема 11. Резцы. Резцы фасонные. Классификация. Методы определения габаритных размеров. Методы профи-	9 неделя

	лирования фасонных резцов.	
15	Тема 12. Особенности конструкций инструментов для автоматизированного производства	11 неделя
16	Тема 13. Абразивные инструменты. Материалы, применяемые в абразивных инструментах.	13 неделя

Технологическая карта самостоятельной работы обучающегося

Коды реализуемых компетенций, индикаторов	Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Объём часов, в том числе		
				СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
3 семестр						
ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	Подготовка к лекционным занятиям	Конспект лекций	Собеседование	1,62	0,18	1,8
ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	Подготовка к практическим занятиям	Отчет по практическим занятиям	Собеседование	3,24	0,36	3,6
ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	Подготовка к лабораторным занятиям	Отчет по лабораторным работам	Собеседование	4,86	0,54	5,4
ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	Самостоятельное изучение тем	Собеседование	Вопросы к собеседованию	38,88	4,32	43,2
Итого за 3 семестр				48,6	5,4	54
4 семестр						
ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	Подготовка к лекционным занятиям	Конспект лекций	Собеседование	1,26	0,14	1,4
ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	Подготовка к практическим занятиям	Отчет по практическим занятиям	Собеседование	2,52	0,28	2,8
ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	Самостоятельное изучение тем	Собеседование	Вопросы к собеседованию	35,82	3,98	39,8
Итого за 4 семестр				39,6	4,4	44
Итого				88,2	9,8	98

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.

Учебным планом предусмотрены практические и лабораторные занятия. Допуск к практическим занятиям и лабораторным работам происходит при наличии у студентов оформленного варианта отчета. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Максимальное количество баллов студент получает, если оформление отчета соответствует установленным требованиям государственных стандартов и ЕСКД, а отчет полностью раскрывает суть работы. Основанием для снижения оценки являются:

- Бессистемность и разрозненность теоретических знаний;
- Решение типовых задач с ошибками;
- Отступление от требований государственных стандартов и единой системы конструкторской документации

Отчет может быть отправлен на доработку в следующих случаях:

- Допущения при выполнении работы ошибок.
- Имеются грубые нарушения требований государственных стандартов и единой системы конструкторской документации к текстовым или графическим документам

При подготовке к защите отчета по практическим занятиям студенту предоставляется право использования любых источников информации.

Критерии оценивания

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы:

владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в не полном объеме; владение умениями и навыками реализуются не в полном объеме.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками.

Вопросы к собеседованию (3 семестр)

Базовый уровень

Тема 1

1. Роль и назначение режущих инструментов.
2. Классификация режущих инструментов.

Тема 2

3. Материалы, применяемые при изготовлении режущих инструментов.
4. Материалы для рабочей части.
5. Материалы для присоединительной части.

Тема 3

6. Основные принципы построения конструкций режущих инструментов.
7. Общие принципы работы режущих инструментов и построение их конструкций.
8. Инструменты составной и сборной конструкции.
9. Основные цели и задачи проектирования и расчета режущих инструментов.
10. Этапы проектирования.

Тема 4

11. Классификация резцов.
12. Геометрические параметры токарных резцов.
13. Типы и назначение резцов.
14. Выбор сечения державок.

Тема 5

15. Отличия между протяжками и прошивками.
16. Схемы резания протяжками.
17. Принцип работы протяжек и их определение.

Тема 6

18. Классификация фрез.
19. Геометрические параметры цилиндрических фрез.
20. Форма зубьев и их геометрия.
21. Конструктивные и геометрические параметры торцевых фрез.

Повышенный уровень

Тема 1.

1. Кодификация режущего инструмента.

2. Современные методы проектирования режущего инструмента

Тема 2.

3. Факторы, принимаемые во внимание при выборе инструментального материала
4. Алгоритмы выбора инструментального материала

Тема 3

5. Конструирование инструмента с помощью САПР
6. Требования к рабочим чертежам режущего инструмента

Тема 4

7. Конструктивные элементы фасонных резцов, улучшающие характеристики процесса резания.
8. Методы профилирования круглых фасонных резцов.

Тема 5

9. Методы создания высокопроизводительных конструкций протяжек.
10. Конструктивные и геометрические параметры круглых протяжек.
11. Схемы резания круглых протяжек.
12. Конструктивные и геометрические параметры шлицевых протяжек.
13. Схемы резания шлицевых протяжек.
14. Особенности конструкций и расчета отдельных видов протяжек.

Тема 6

15. Затылованные фрезы.
16. Конструктивные и геометрические параметры затылованных фрез.

Тема 7

17. Зенкеры. Конструктивные и геометрические параметры.

Критерии оценивания компетенций*

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, студент осуществляет инструментальное обеспечение машиностроительного производства и проектирует режущий инструмент безошибочно.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; студент осуществляет инструментальное обеспечение машиностроительного производства с неточностями, ориентируется в возможностях режущего инструмента. Проектирует режущий инструмент с несущественными неточностями

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в не полном объеме; студент осуществляет инструментальное обеспечение машиностроительного производства, имеет общее представление о режущем инструменте. Не корректно проектирует режущий инструмент.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; студент не осуществляет инструментальное обеспечение машиностроительного производства, не проектирует режущий инструмент.

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 студент должен выполнить и защитить практические работы.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить ИД-1_{ОПК-5}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-6} компетенции и индикаторы. Освоение компетенций на повышенном уровне предполагает изучение дополнительной научной и учебной литературы и четкие ответы на вопросы без оши-

бок. 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 и выполнить практические работы по темам дисциплины.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования своими конспектами лекций, методическими указаниями по дисциплине, тетрадями по практическим занятиям, 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.

Вопросы к собеседованию (4 семестр)

1. Что такое инструменты?
2. Что такое «стойкость инструмента»?
3. Какие Вы знаете группы инструментов?
4. Назовите марки углеродистых сталей, которые используются для изготовления режущих инструментов (РИ).
5. Преимущества и недостатки быстрорежущих сталей.
6. Преимущества и недостатки твердых сплавов.
7. Применение сверхтвердых материалов.
8. Поясните схему области применения режущих материалов.
9. Применение абразивных материалов.
10. Как правильно выбрать и эффективно использовать инструментальные материалы?
11. Какие Вы знаете направления развития инструментального производства?
12. Какие факторы определяют производительность стойкость РИ?
13. За счет чего прогрессивные РИ обеспечивают высокую производительность?
14. Что такое красностойкость инструментального материала?
15. Какие Вы знаете термические свойства инструментальных материалов?
16. Какие конструктивные элементы резца вы знаете?
17. Какие резцы применяют для обработки наружных поверхностей?
18. Какие резцы применяют для обработки торцовых поверхностей?
19. Какие резцы применяют для обработки отверстий?
20. В каких случаях применяют отрезные резцы?
21. Какие резцы применяют для нарезания резьбы?
22. Как правильно выбрать и эффективно использовать режущие инструменты?
23. Расскажите о системе координат применяемой для анализа геометрии режущего инструмента.
24. Что представляет собой инструментальная система координат?
25. Какими углами характеризуется геометрия лезвия?
26. Кинематика формообразования РИ.
27. Основные закономерности конструирования РИ.
28. Назовите типы расточных резцов.
29. На какие углы необходимо повернуть расточной резец для заточки передней поверхности?

30. Заточка режущего инструмента.
31. Как используют расточные державочные резцы?
32. Что такое «расточная головка» ?
33. Принцип работы борштанги.
34. Классификация инструментов для обработки резьбы
35. Геометрические параметры метчиков.
36. Резцы и гребенки.
37. Основные виды фрез и их параметры.
38. Назовите формы профилей зубьев фрез.
39. Укажите типовые поверхности деталей, обрабатываемые фрезерованием.
40. В чем заключается различие двух методов фрезерования?
41. Назовите параметры режима фрезерования и формулы для их расчета.
42. Приведите схемы установки и закрепления фрез на станке.
43. Перечислите способы закрепления заготовок.
44. Как проверяют биение зубьев фрезы?
45. Перечислите углы заточки концевых фрез.
46. Каково назначение спирального сверла?
47. Какие движения необходимы для осуществления процесса сверления?
48. Какие инструментальные материалы используются для изготовления спиральных сверл?
49. Какие типы стандартных спиральных сверл выпускаются промышленностью?
50. Типовые конструкции зенкеров.
51. Элементы геометрии зенкеров. Назовите основные части зенкеров.
52. Как измерить передний угол зенкера? Как измерить задний угол зенкера? Как измерить угол спирали зенкера?
53. Типовые конструкции разверток.
54. Элементы геометрии разверток.
55. Назовите основные части разверток
56. Виды резцов, применяемых а станках с ЧПУ.
57. Фрезерные инструменты для станков с ЧПУ.
58. Какие Вы знаете особенности подбора инструментов для станков с ЧПУ?
60. Преимущества и недостатки устройств АСИ перед револьверными головками.
61. Какие Вы знаете компоненты устройства АСИ многоцелевых станков?
62. Основные требования, предъявляемые к инструментальным магазинам.
63. Преимущества и недостатки АСИ с револьверными головками.
64. Преимущества и недостатки устройств АСИ с магазином шпиндельных гильз.
65. Планирование инструментального обеспечения.
66. Какова основная задача вспомогательного инструмента?
67. Вспомогательный инструмент к токарным станкам. Вспомогательный инструмент к фрезерным станкам. Вспомогательный инструмент к сверлильным станкам.
68. Какие Вы знаете требования к режущим инструментам?
69. Какие Вы знаете материалы, применяемые для изготовления режущих инструментов?
70. Какие условия обработки влияют на выбор формы многогранной пластинки?
71. По каким показателям оценивают качество инструментальных материалов?
72. Инструментальная система координат для главного лезвия.
73. Какой Вы знаете высокопроизводительный режущий инструмент?
74. Какие Вы знаете виды расточных головок?
75. Назовите основные виды режущих инструментов для образования резьбы на деталях.

76. Назовите основные конструктивные элементы резьбонарезных плашек и определите их назначение.
77. Назовите основные конструктивные элементы метчиков и определите их назначение.
78. Метчики и их проектирование.
79. Плашки и их проектирование.
80. Приведите схемы торцевой и концевой фрезы.
84. Что такое затылование фрез?
85. Перечислите способы улучшения геометрии спиральных сверл путем заточки.
86. Основные конструктивные и геометрические параметры разверток.
87. Как проконтролировать качество развертки?
88. Какие особенности инструмента для работы в автоматическом цикле?
89. Как осуществляется хранение и складирование инструмента?
90. Устройство автоматической смены инструментов станка ТМС-450.

Критерии оценивания компетенций*

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, студент осуществляет инструментальное обеспечение машиностроительного производства и проектирует режущий инструмент безошибочно. Компетенции ИД-1_{ОПК-5}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-6} освоены на повышенном уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; студент осуществляет инструментальное обеспечение машиностроительного производства с неточностями, ориентируется в возможностях режущего инструмента. Проектирует режущий инструмент с несущественными неточностями. Компетенции ИД-1_{ОПК-5}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-6} освоены на базовом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в не полном объеме; студент осуществляет инструментальное обеспечение машиностроительного производства, имеет общее представление о режущем инструменте. Не корректно проектирует режущий инструмент. Компетенции ИД-1_{ОПК-5}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-6} частично освоены.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; студент не осуществляет инструментальное обеспечение машиностроительного производства, не проектирует режущий инструмент. Компетенции ИД-1_{ОПК-5}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-6} не освоены

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 экзаменом студент должен выполнить и защитить практические работы.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить ИД-1_{ОПК-5}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-6} 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 и выполнить практические работы по темам дисциплины.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования своими конспектами лекций, методическими указаниями по дисциплине, тетрадями по практическим занятиям, спра-

вочными 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.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-1 _{ОПК-5} , ИД-3 _{ПК-2} , ИД-4 _{ПК-6}	последовательность и рациональность изложения	
	степень усвоения программного материала	
	знание материала, рекомендованного по теме;	
	соответствие содержания теме	
	умение использовать методическую, научную и техническую литературу	
	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	Тема 1. Роль и назначение режущих инструментов.	ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	18	-	4	-
2	Тема 2. Материалы применяемые при изготовлении режущих инструментов.	ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	11	-	1	-
3	Тема 3. Основные принципы построения конструкций режущих инструментов.	ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	9	2	5	-
4	Тема 4. Резцы.	ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	5	-	3	-

5	Тема 5. Протяжки и прошивки.	ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	-	3	2	-
6	Тема 6. Фрезы.	ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	3	2	-	-
7	Тема 7. Инструменты для обработки отверстий.	ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	7	3	1	-
8	Тема 8. Инструменты для обработки резьбы.	ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	13	2	3	-
9	Тема 9. Инструменты для обработки зубьев цилиндрических колес.	ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	3	3	-	-
10	Тема 10. Инструменты для обработки зубьев конических колес.	ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	2	-	-	-
11	Тема 11. Фасонные резцы	ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	3	1	-	-
12	Тема 12. Особенности конструкций инструментов для автоматизированного производства	ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	4	-	-	-
13	Тема 13. Абразивные инструменты	ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	3	1	1	-
	Всего	118	81	17	20	-

* 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. Роль и назначение режущих инструментов.

I:

S: Срезая тонкие слои металла, придает заготовке нужную форму, размеры и шероховатость поверхности

- + : режущий инструмент
- : слесаросборочный инструмент
- : гибочный инструмент
- : профилограф-профилометр

I:

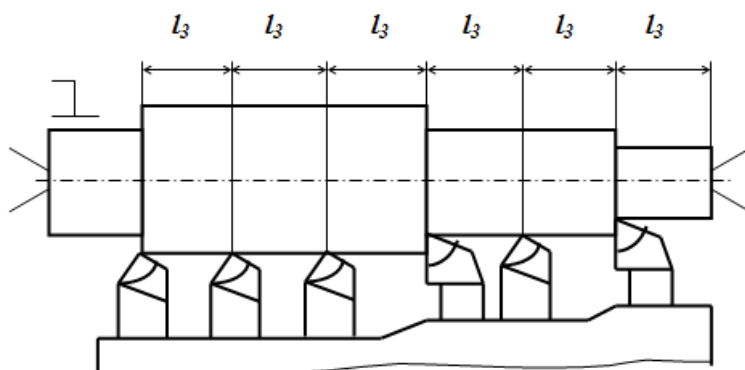
S: Орудие, с помощью которого обрабатываются предметы или производятся какие-либо работы

- : СОЖ
- : заготовка
- + : инструмент
- : технологический процесс

I:

S: На схеме показана

- : обработка вала на гидрокопировальном автомате
- + : обработка вала на многолезцовом станке
- : обработка вала фасонным резцом
- : обработка вала расточным резцом



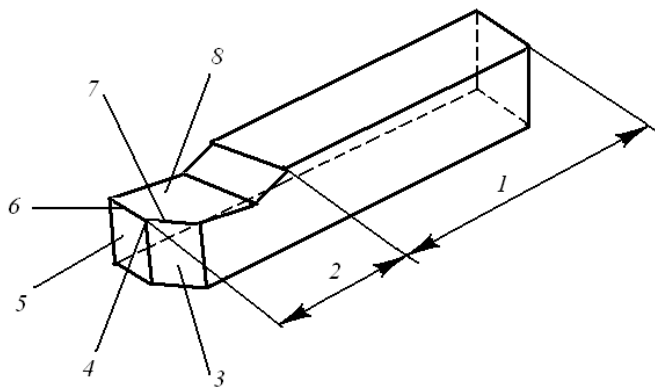
I:

S: В процессе литья инструментом, создающим конфигурацию получаемой заготовки, в которую заливают жидкий металл для затвердевания является

- : СОЖ
- + : форма
- : муфельная печь
- : заготовка

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

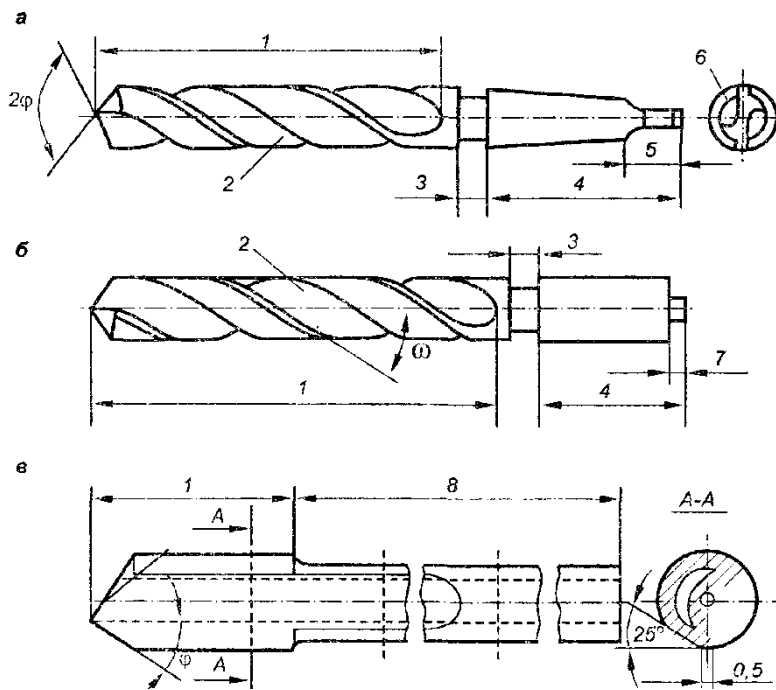
L4: 4

R1: рабочая часть

R2: спиральная канавка

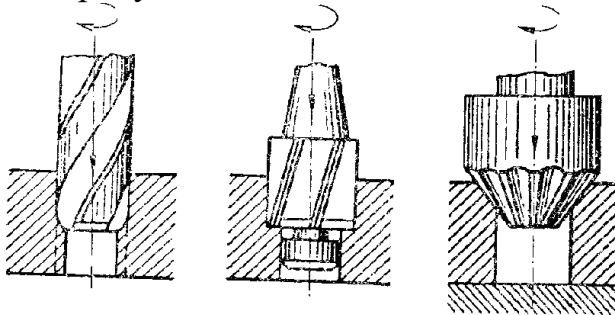
R3: шейка

R4: хвостовик



I:

S: На рисунке показаны

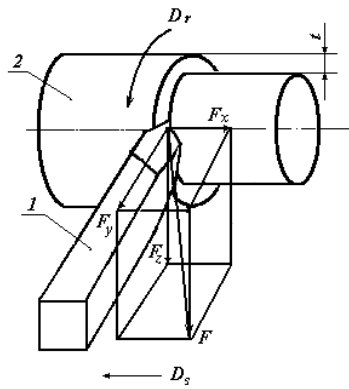


- + : Схемы обработки отверстий зенкерами
- : Схемы обработки отверстий свёрлами
- : Схемы обработки отверстий фрезами
- : Схемы обработки отверстий развертками

I:

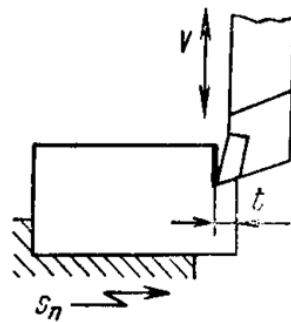
S: На рисунке показана схема сил, действующих на

- + : резец
- : долбяк
- : фрезу
- : приспособление



I:

S: На рисунке схема обработки плоскостей на станке



-: поперечно-строгальном

+: долбежном

-: фрезерном

-: шлифовальном

I:

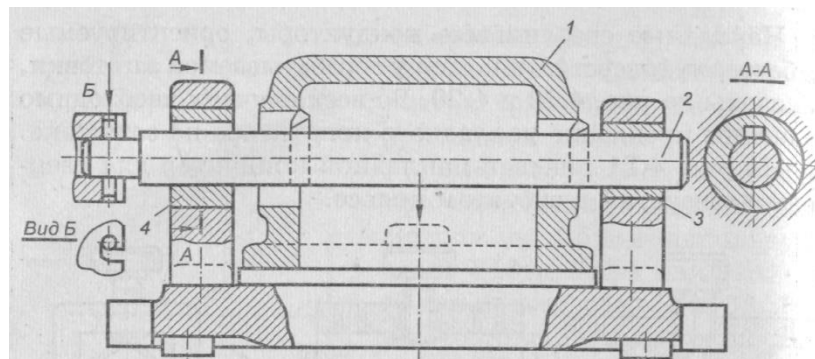
S: На схеме расточки отверстий в корпусной заготовке позиция 2 это

-: заготовка

+: борштанга

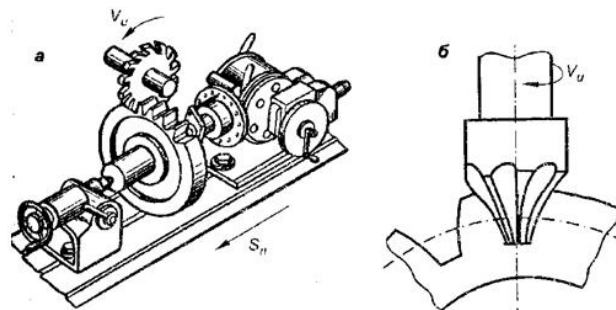
-: направляющая втулка

-: подшипник



I:

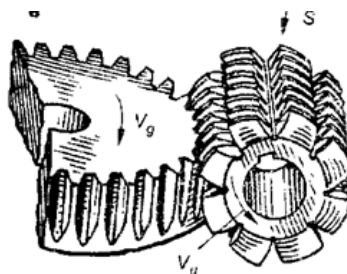
S: На рисунке представлена схема нарезания зубьев по схеме



- : обкатки
- +: копирования
- : огибания
- : деления

I:

S: На рисунке представлена схема нарезания зубьев по схеме

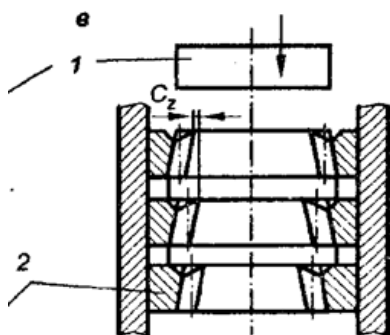


- +: обкатки
- : копирования
- : огибания
- : деления

I:

S: Позволяют вести обработку сразу всех зубьев колес протяжки

- +: охватывающего типа
- : охватываемого типа
- : 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: Для нарезания внутренней резьбы в деталях применяют

+: метчики

-: плашки

-: сверла резьбовые

-: развертки

I:

S: При зубодолблении режущим инструментом служит представляющий собой зубчатое колесо с эвольвентным профилем зубьев

-: фасонный резец

-: фреза

-: зубчатый пуансон

+: долбяк

I:

S: Установите соответствие между названиями резцов и их назначением

L1: отрезные

L2: подрезные

L3: расточные

L4: резьбовые

L5: фасонные

R1: для проточки канавок и отрезки

R2: для подрезки торцовых плоскостей

R3: для растачивания сквозных и глухих отверстий

R4: для нарезания наружных и внутренних резьб

R5: наружных фасонных (сложных) поверхностей

I:

S: Инструменты для нарезания резьбы, основными из которых являются

-: резьбовые сверла

-: торцовые фрезы

-: пуансоны и матрицы

+: метчики и плашки

I:

S: Окончательная обработка поверхности протяжкой, как правило, осуществляется

+: за один рабочий ход

-: за половину рабочего хода

-: за пять рабочих ходов

-: бесконтактной обработкой

I:

S: Соответствие при классификации токарных резцов

L1: по направлению подачи

L2: по конструкции головки

L3: по роду материала

L4: по способу изготовления

L5: по сечению стержня

L6: по виду обработки

R1: правые и левые

R2: прямые, отогнутые и оттянутые

R3: из быстрорежущей стали, из твердого сплава, из сверхтвердого материала (СТМ), алмазные резцы, и т. п.

R4: цельные и составные

R5: прямоугольные, квадратные и круглые

R6: проходные, подрезные, отрезные, прорезные, расточные, фасонные, резьбонарезные

I:

S: Различают метчики:

+: ручные, машинные, гаечные и плашечные

-: ручные, машинные, гаечные и болтовые

-: автоматические, машинные, винтовые и болтовые

-: шайбовые, винтовые, гаечные и болтовые

I:

S: Процесс образования задней поверхности зуба фрезы по некоторой кривой (обычно спираль Архимеда) для получения задних углов при заточке по передней поверхности

-: фасонирование

+: затылование

-: заточка

-: искривление

Тема 2. Материалы применяемые при изготовлении режущих инструментов.

I:

S: К материалам для лезвийных инструментов не относятся

- : инструментальные стали
- : быстрорежущие стали
- +: конструкционные стали
- : твердые сплавы
- : минералокерамические материалы
- : сверхтвердые материалы

I:

S: Теплостойкость углеродистых инструментальных сталей

- +: 200...250 °C
- : 400...600 °C
- : 100...200 °C
- : 800...1000 °C

I:

S: быстрорежущая сталь P18 содержит вольфрама в процентах

- : 0,18
- : 1,8
- +: 18
- : 0

I:

S: Материалы, состоящие из карбидов вольфрама (однокарбидные), вольфрама и титана (двухкарбидные) и с добавлением тантала, ниобия и др. (трикарбидные), связанных между собой связкой – кобальтом это

- : инструментальные стали
- : быстрорежущие стали
- : конструкционные стали
- +: твердые сплавы

I:

S: Связка создается на основе огнеупорной глины, обладает высокой прочностью, жесткостью, теплопроводностью и химической стойкостью, хорошо сохраняет профиль круга

- : бакелитовая
- +: керамическая
- : вулканиловая
- : металлическая

I:

S: Связка создается на основе сплава меди, олова, цинка, никеля и других элементов и используется, в основном, для алмазных и эльборовых кругов, обладает высокой стойкостью, прочностью и теплопроводностью

- : бакелитовая
- : керамическая
- : вулканитовая
- +: металлическая

I:

S: Производительность и стойкость режущего инструмента не определяет

- : вид режущего материала инструмента
- : количество и длина режущих кромок
- : объем стружечных канавок
- : конструкционные и геометрические элементы режущей части
- : стружкозавивание и стружколомение
- : охлаждение инструмента в процессе резания
- +: лицензия завода-изготовителя

I:

S: Наибольшее влияние на производительность и стойкость инструмента оказывает

- +: материал режущей части
- : количество и длина режущих кромок
- : объем стружечных канавок
- : конструкционные и геометрические элементы режущей части
- : стружкозавивание и стружколомение
- : охлаждение инструмента в процессе резания

I:

S: Из перечисленных марок инструментальных сталей самая хрупкая

- : У7А
- : У8А
- : У8ГА
- : У9А
- : У10А
- : У11А
- : У12А
- +: У13А

I:

S: Легированные инструментальные стали применяются для изготовления инструментов, работающих вручную, либо

- +: с невысокими скоростями резания

- : с высокими скоростями резания
- : при высоких температурах
- : при отрицательных температурах

I:

S: Увеличение длины активной части режущих кромок инструмента, одновременно участвующих в работе и их количества приводит в значительной степени к

- +: повышению производительности труда
- : снижению производительности труда
- : охлаждению инструмента в процессе резания
- : увеличению объема стружечных канавок

I:

S: По сравнению с конструкционными материалами, к материалам режущего инструмента предъявляются требования

- : одинаковые
- : менее жесткие
- +: более высокие
- : нет требований

I:

S: Соответствие между названием и обозначением инструментальной стали

L1: вольфрамовые стали

L2: вольфрамо-молибденовые стали

L3: вольфрамо-ванадиевые стали

L4: вольфрамо-ванадиевые кобальтовые

L5: вольфрамо-молибденовые кобальтовые

R1: P18, P12, P9

R2: P6M5, P6M3

R3: P18Ф2, P14Ф4, P9Ф5

R4: P18K5Ф2, P10K5Ф2, P10K5Ф5

R5: P9K5, P9K10, P9M5K5, P9M4K8

Тема 3. Основные принципы построения конструкций режущих инструментов.

I:

S: Соответствие между названием и обозначением угла инструмента

L1: γ

L2: α

L3: φ

L4: λ

L5: β

R1: передний угол
 R2: задний угол
 R3: угол в плане
 R4: угол наклона режущей кромки
 R5: угол заострения

I:

S: Соответствие между названием и изображением стружки

L1:



L2:



L3:



L4:



R1: элементная стружка
 R2: суставчатая стружка
 R3: сливная стружка
 R4: стружка надлома

I:

S: Затылование производится

-: по прямой линии

+: по винтовой поверхности

-: перпендикулярно оси инструмента

-: по окружности

I:

S: Методы крепления режущего инструмента

-: для инструментов составной конструкции

-: для комбинированных инструментов

+: для насадных и концевых инструментов

-: для высоко- и низкоскоростных инструментов

I:

S: Любой из режущих инструментов имеет

-: хвостовик и шейку

+: рабочую (режущую) и крепежную части

-: калибрующую и направляющую части

-: систему внутреннего подвода СОЖ

I:

S: Оформленная в виде корпуса или хвостовика, служит для установки, базирования и закрепления инструмента на станке

+: крепежная часть

-: режущая часть

-: направляющая часть

-: шейка инструмента

I:

S: Ограничен двумя поверхностями: передней, по которой сходит стружка, и задней, обращенной к поверхности резания, которая образуется после снятия стружки

-: направляющий клин

+: режущий клин

-: стружечный клин

-: разделительный клин

I:

S: Различают ### и вспомогательную режущие кромки. Первая служит для срезания основной части припуска, а вторая – лишь частично участвует в этом

процессе и служит для зачистки и окончательного формирования обработанной поверхности.

+: главную

I:

S: Режущая часть служит для снятия основного припуска, а ### – для окончательного формирования (калибровки) обработанной поверхности и восполнения режущей части инструмента при переточках.

+: калибрующая

I:

S: Для предотвращения защемления инструментов в отверстиях и снижения сил трения на ленточках вследствие упругой деформации обработанных поверхностей, как правило, предусматривается небольшая

+: обратная конусность

-: выточка на хвостовике

-: стружечная канавка

-: бочкообразность

I:

S: Соответствие между обозначением на рисунке и названием

L1: P_v

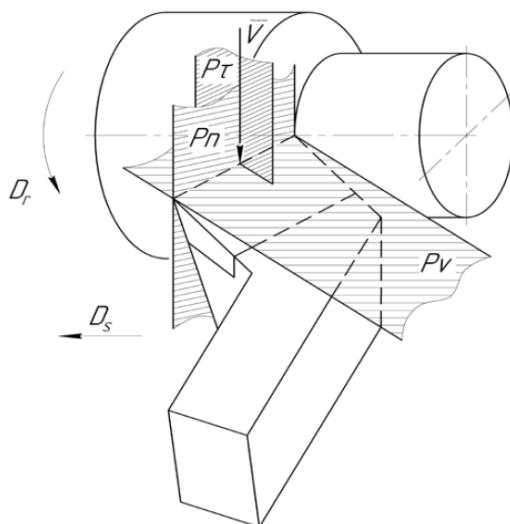
L2: P_n

L3: P_r

R1: основная плоскость

R2: плоскость резания

R3: главная секущая плоскость



I:

S: Угол между передней плоскостью и плоскостью, перпендикулярной к плоскости резания это

-: задний угол

+: передний угол

-: угол в плане

-: угол резания

I:

S: Угол зазора между задней поверхностью и плоскостью резания это

+: задний угол

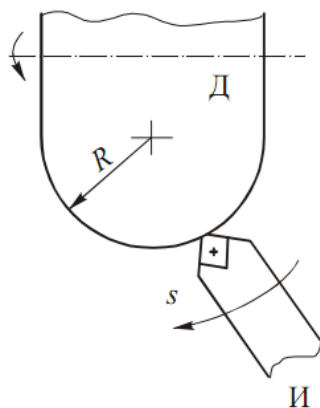
-: передний угол

-: угол в плане

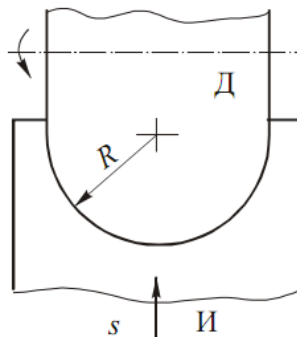
-: угол резания

I:

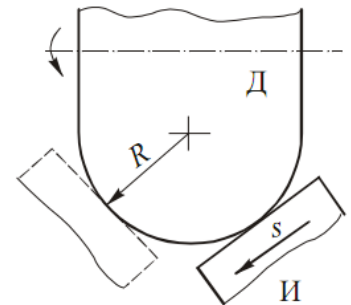
S: Соответствие между обозначением на рисунке и названием метода формообразования инструментом (И) поверхности детали (Д) при точении



а)



б)



в)

L1: а

L2: б

L3: в

R1: по следу

R2: копирования

R3: огибания или обката

I:

S: В конструкциях режущих инструментов не применяется схема резания

-: профильная

-: генераторная

-: комбинированная

+: многофункциональная

- : одинарного резания
- : группового резания

I:

S: Соответствие между изображением на рисунке и названием схемы резания при протягивании

L1: а

L2: б

L3: в

L4: г

L5: д

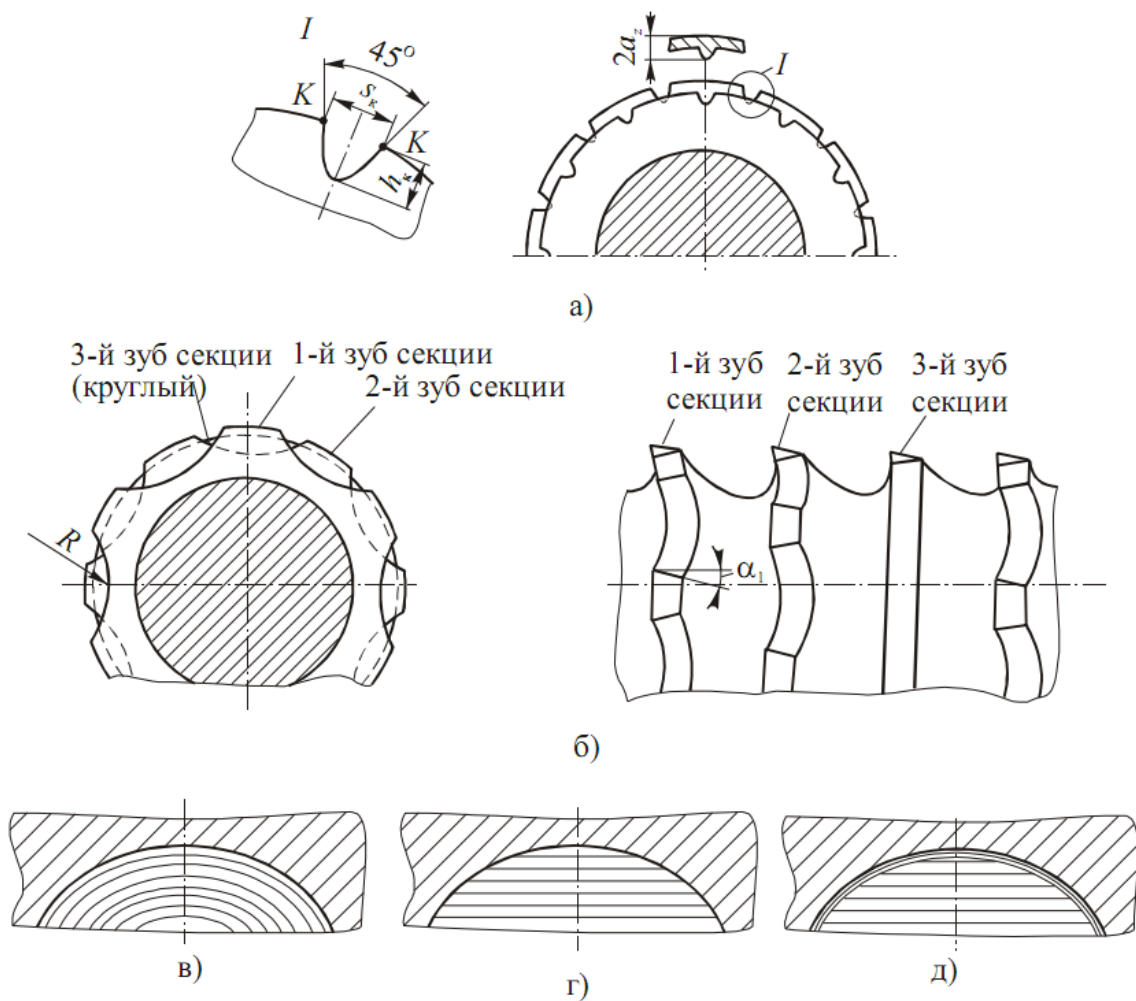
R1: одинарная

R2: групповая

R3: профильная

R4: генераторная

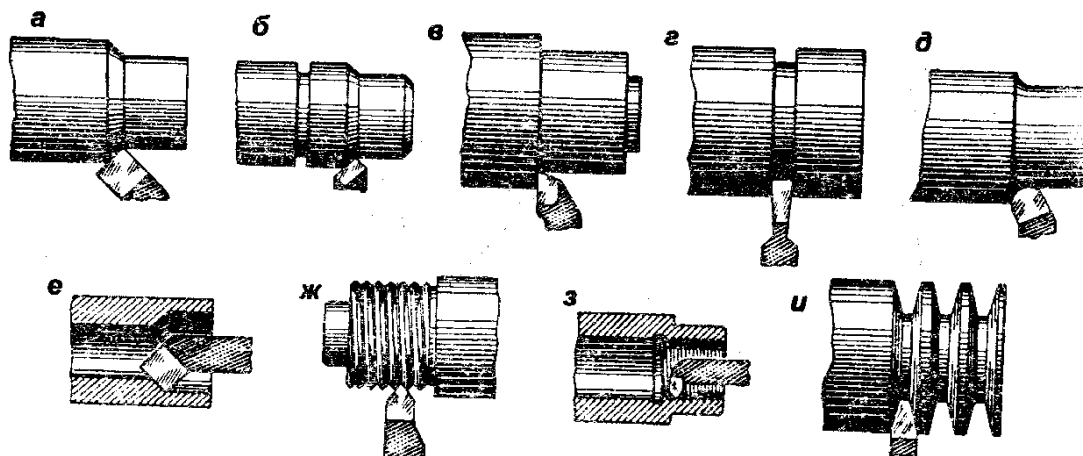
R5: комбинированная



Тема 4. Резцы.

I:

S: Соответствие между изображением на рисунке и названием токарного резца



L1: а

L2: б

L3: в

L4: г

L5: д

L6: е

L7: ж

L8: з

L9: и

R1: проходной отогнутый для наружного точения

R2: проходкой прямой для наружного точения

R3: проходной упорный для наружного точения с подрезанием уступа

R4: прорезной для точения канавок

R5: фасонный для точения радиусной галтели

R6: расточной для растачивания отверстия

R7: резьбовой для нарезания резьбы наружной

R8: резьбовой для нарезания резьбы внутренней

R9: резьбовой для нарезания резьбы специальной

I:

S: Поверхность резца, по которой сходит стружка

-: задняя грань

-: боковая грань

-: вершина резца

+: передняя грань

I:

S: Поверхность, обращенная к обрабатываемой детали

+: задняя грань

- : боковая грань
- : вершина резца
- : передняя грань

I:

S: Угол между проекцией главной режущей кромки на основной плоскости и направлением подачи

- : главный задний угол
- : главный передний угол
- + : главный угол в плане
- : главный угол резания

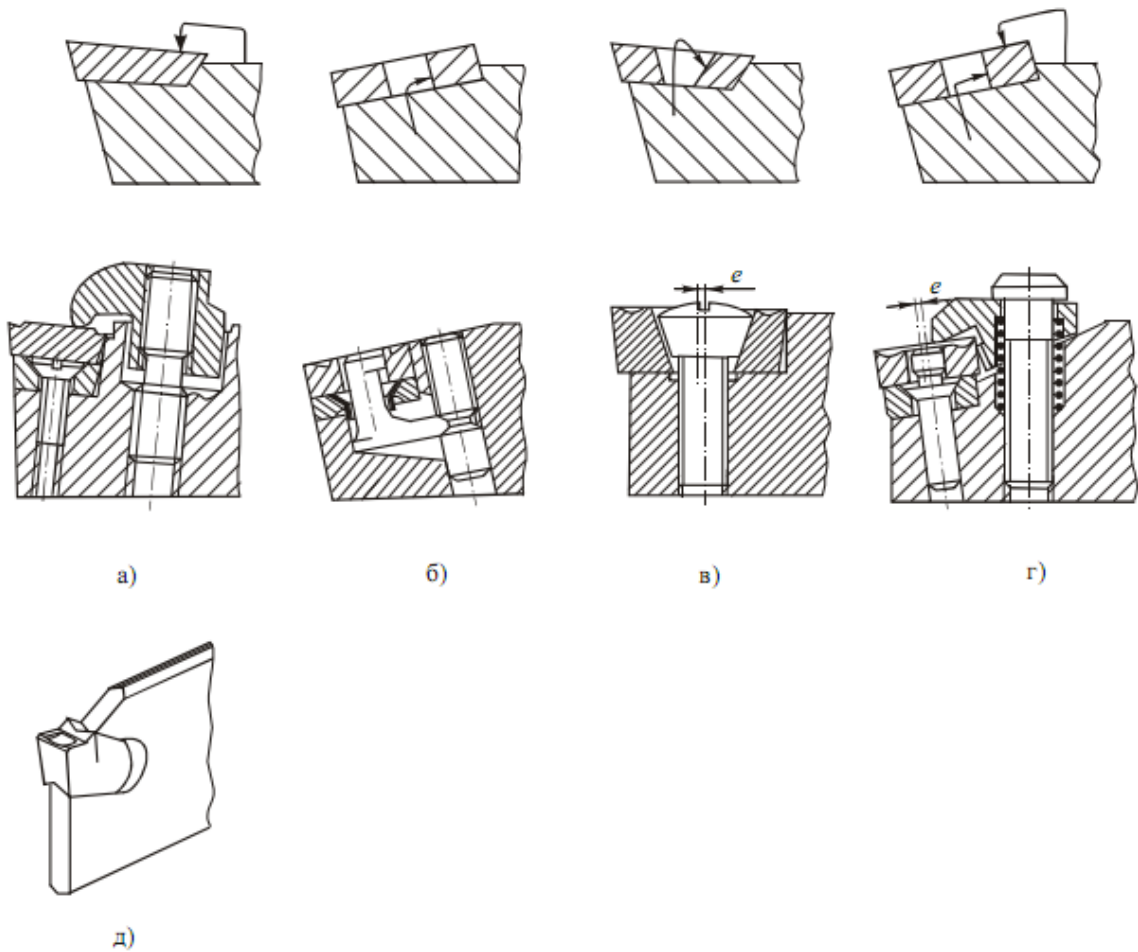
I:

S: Выберите правильные ответы. Инструменты, оснащенные СМП, по сравнению с напайными имеют следующие преимущества:

- + : более высокая прочность, надежность и стойкость;
- + : меньше расходы на смену и утилизацию пластин;
- + : меньше простои оборудования при замене и наладке инструмента;
- + : более благоприятные условия для нанесения на пластины износостойких покрытий;
- : повышенные габариты корпусов инструментов из-за необходимости размещения в них элементов крепления пластин;
- + : меньше потери остродефицитных материалов (вольфрама, кобальта, тантала и др.) за счет увеличения возврата пластин на переработку.
- : все ответы правильные

I:

S: Соответствие между изображением на рисунке и названием схемы механического крепления твердосплавных СМП



L1: а

L2: б

L3: в

L4: г

L5: д

R1: прихватом сверху

R2: рычагом через отверстие

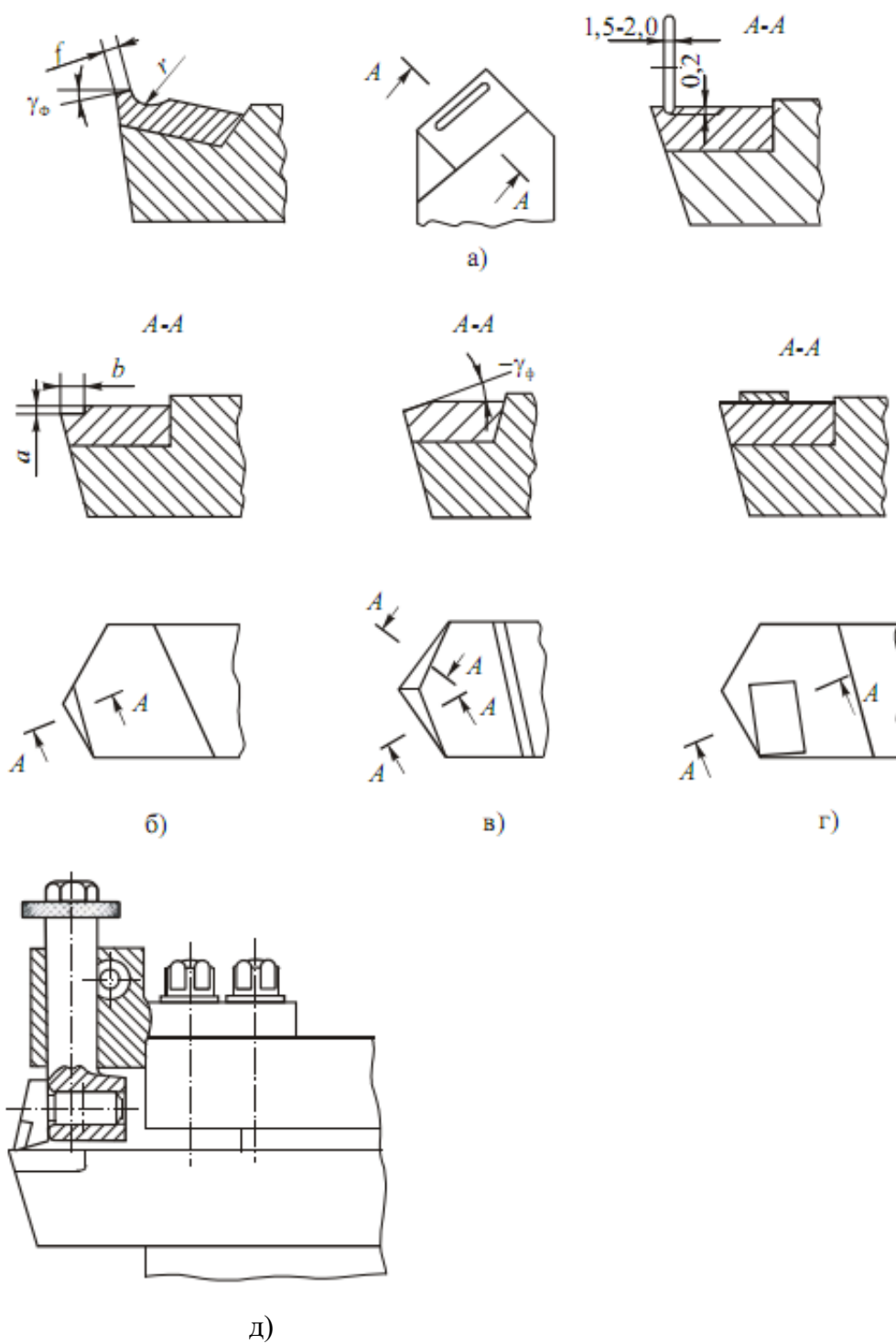
R3: винтом с конической головкой

R4: штифтом через отверстие и прихватом сверху

R5: за счет упругой деформации стенки паза

I:

S: Соответствие между изображением на рисунке и названием способа стружколомания и стружкозавивания



- д)
- L1: а
 - L2: б
 - L3: в
 - L4: г
 - L5: д
 - R1: лунки
 - R2: уступ
 - R3: фаски с $\gamma_\phi < 0$

R4: накладной нерегулируемый стружколом

R5: регулируемый стружколом

I:

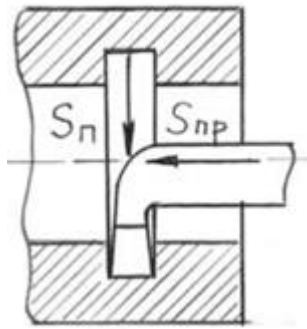
S: На рисунке показан резец расточной

-: для глухих отверстий

-: для сквозных отверстий

+: канавочный

-: разрезной



Тема 5. Протяжки и прошивки.

I:

S: Протяжки различаются также по способу приложения силы к ним. Если сила приложена к хвостовику протяжки, то такая протяжка называется ###

+: прошивкой

+: прошивка

I:

S: Деление припуска между зубьями протяжки осуществляется за счет превышения по высоте или ширине каждого последующего зуба относительно предыдущего. Превышение по высоте, определяющее толщину срезаемого слоя a_z , называется подъемом или подачей на ###

+: зуб

I:

S: Соответствие между изображением на рисунке и названием схемы протягивания

L1: а

L2: б

L3: в

L4: г

L5: д

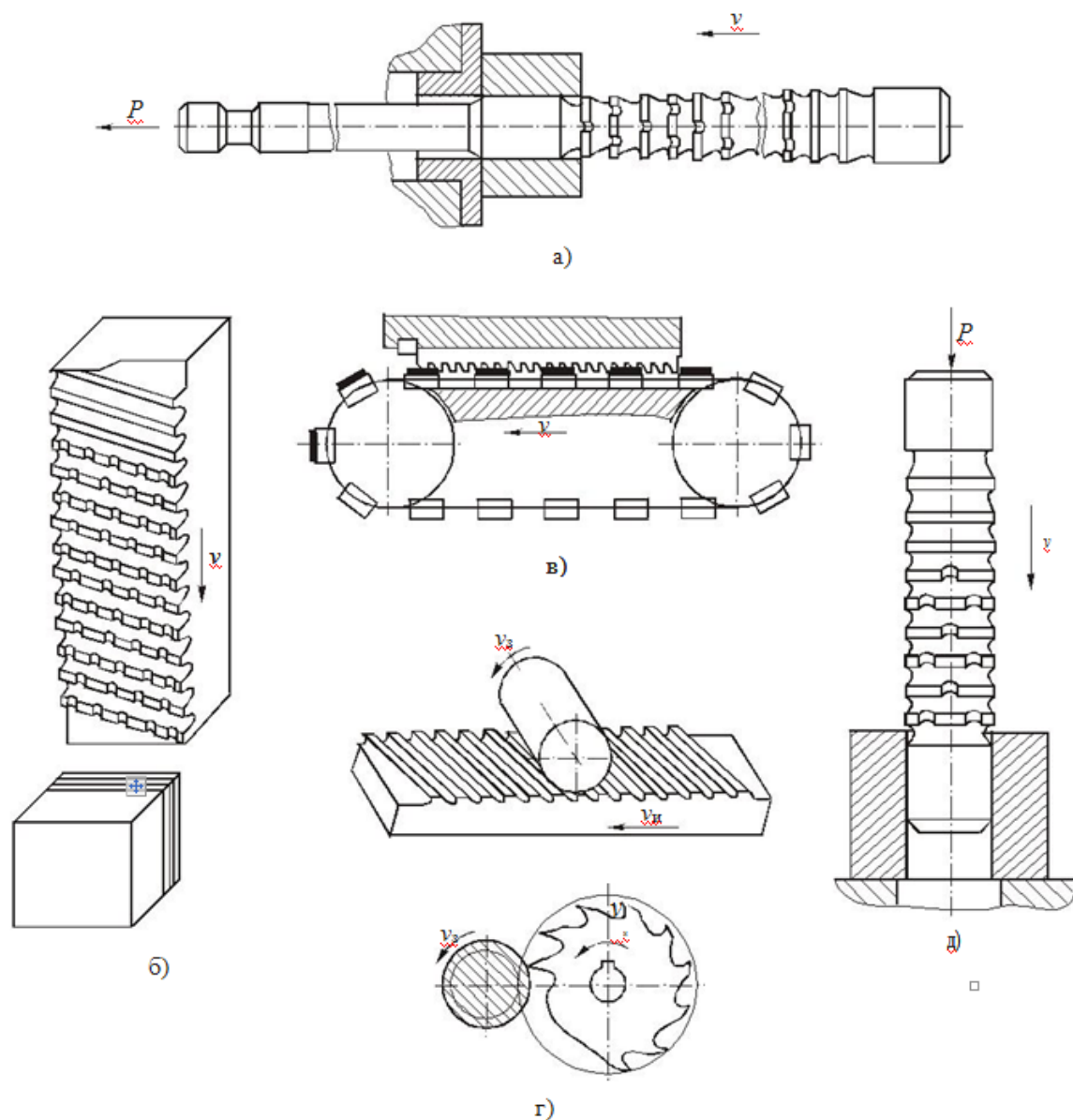
R1: протягивание отверстий

R2: протягивание плоскостей

R3: непрерывное притягивание наружной поверхности

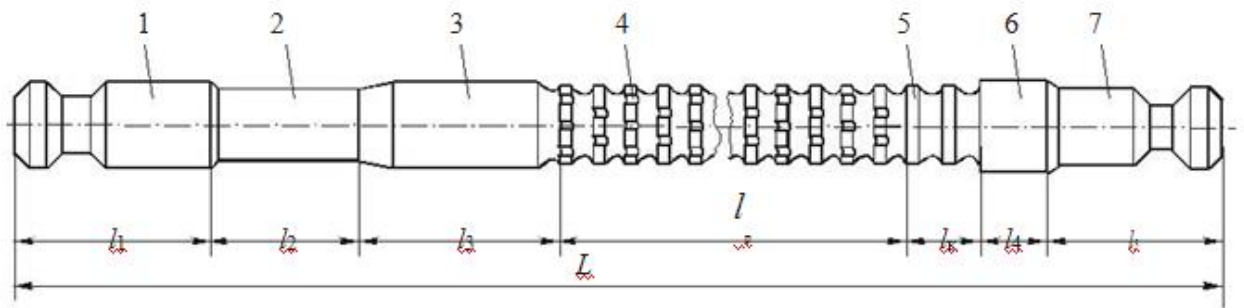
R4: обработка цилиндрической поверхности плоской и круглой протяжками

R5: обработка отверстия прошивкой



I:

S: Соответствие между изображением на рисунке и названием конструктивных элементов протяжки



L1: 1

L2: 2

L3: 3

L4: 4

L5: 5

L6: 6

L7: 7

R1: хвостовик

R2: шейка

R3: передняя направляющая

R4: режущая часть

R5: калибрующая часть

R6: задняя направляющая

R7: задний хвостовик

I:

S: Одним из важных этапов проектирования внутренних протяжек является проверка стружечных канавок на помещаемость снимаемой ###

+: стружки

Тема 6. Фрезы.

I:

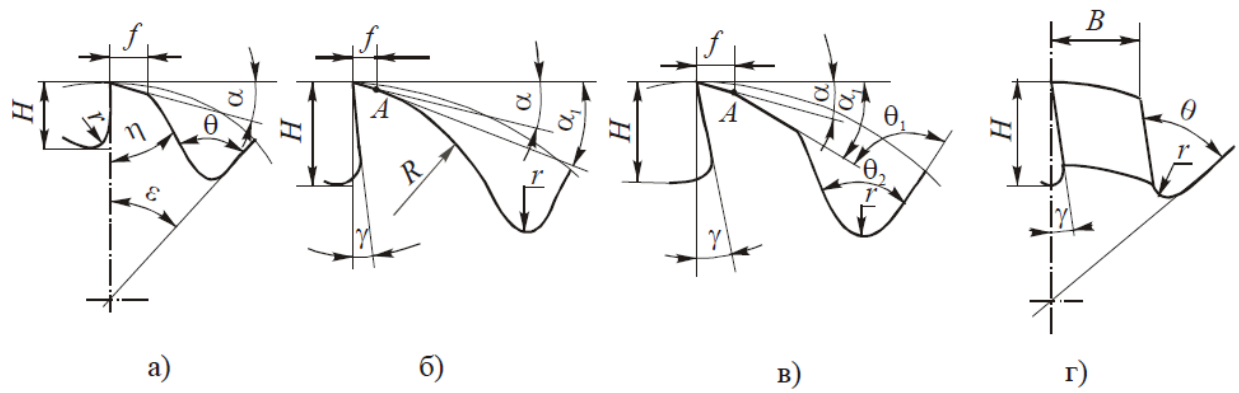
S: ### — многозубый режущий инструмент, который применяют для обработки на фрезерных станках наружных цилиндрических и фасонных поверхностей, пазов, лысок, канавок и др.

+: Фрезы

+: Фреза

I:

S: Соответствие между изображением на рисунке и названием формы зубьев фрез



L1: 1

L2: 2

L3: 3

L4: 4

R1: трапецевидная

R2: параболическая

R3: усиленная

R4: затылованный зуб

I:

S: Два метода фрезерования: *a* – попутное; *б* – ###

+: встречное

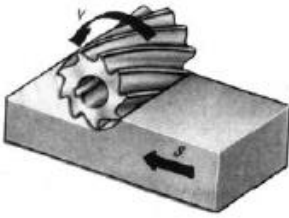
I:

S: ### фрезы применяются для обработки пазов, уступов с взаимно перпендикулярными поверхностями и для контурной обработки заготовок.

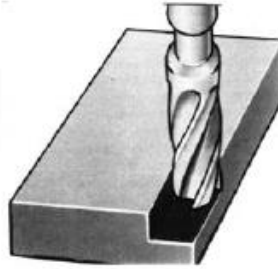
+: Концевые

I:

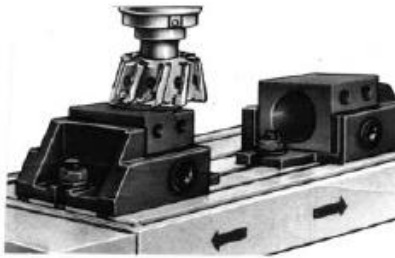
S: Соответствие между изображением на рисунке и названием видов фрез



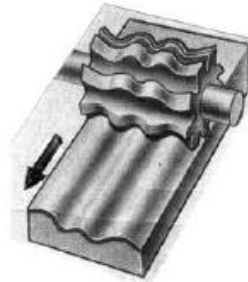
а



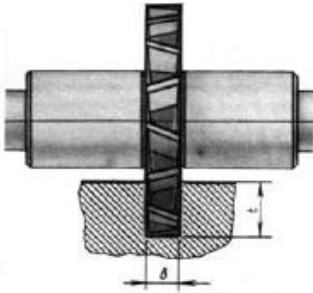
г



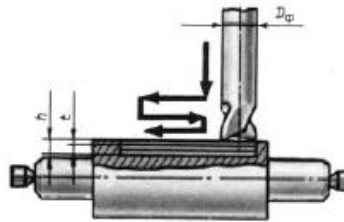
б



д



в



е

L1: а

L2: б

L3: в

L4: г

L5: д

L6: е

R1: цилиндрической

R2: торцовой

R3: дисковой

R4: концевой

R5: фасонной

R6: шпоночной

Тема 7. Инструменты для обработки отверстий.

I:

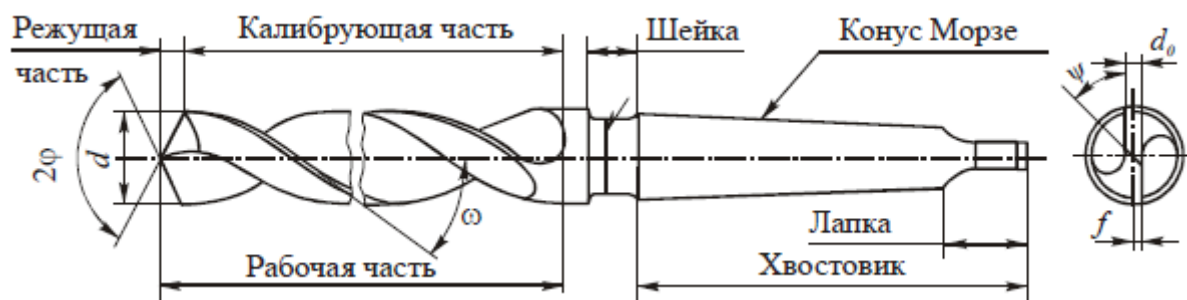
S: ### – это осевые режущие инструменты, предназначенные для образования отверстий в сплошном материале, а также для обработки (рассверливания) отверстий, предварительно изготовленных ковкой, штамповкой, литьем или сверлением.

Сверла

I:

S: На рисунке показано

- : перовое сверло
- +: спиральное сверло
- : специальное сверло
- : развертка



I:

S: У стандартных сверл при обработке конструкционных сталей

- : $2\varphi = 130...140^\circ$
- : $2\varphi = 150...180^\circ$
- +: $2\varphi = 116...120^\circ$
- : $2\varphi = 90...110^\circ$

I:

S: Можно представить следующим образом уравнение для расчета углов сверла

$$\gamma_{N_i} = \arctg \left(\frac{\tg \omega \sqrt{(r_i/r)^2 - c^2}}{\sin \varphi - c \tg \omega \cos \varphi} \right) - \arctg \frac{c \cos \varphi}{\sqrt{(r_i/r)^2 - c^2}},$$

- +: передних
- : задних
- : в плане
- : наклона винтовой канавки
- : наклона поперечной режущей кромки

I:

S: Можно представить следующим образом уравнение для расчета углов сверла

$$\sin \lambda_i = \frac{r_o}{r_i} \sin \varphi .$$

- : передних
- : задних
- : в плане
- : наклона винтовой канавки
- +: наклона главной режущей кромки

I:

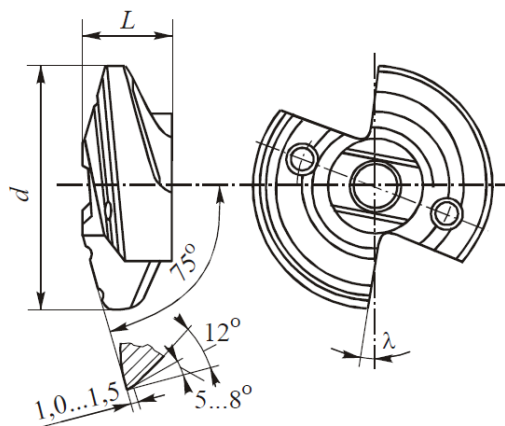
S: Осевые многолезвийные режущие инструменты, которые применяются для промежуточной или окончательной обработки отверстий, полученных предварительно сверлением, литьем, ковкой или штамповкой

- : долбяки
- +: зенкеры
- : расточные резцы
- : фрезы

I:

S: На рисунке показан

- : перовое сверло
- +: двузубый зенкер-улитка
- : шевёр
- : фасонный резец



I:

S: В конструкциях зенковок для цилиндрических углублений и подрезки торцов предусмотрены направляющие ###, выполненные либо за одно целое с корпусом у зенковок малых диаметров, либо вставными, сменными, у зенковок больших диаметров

- +: цапфы

I:

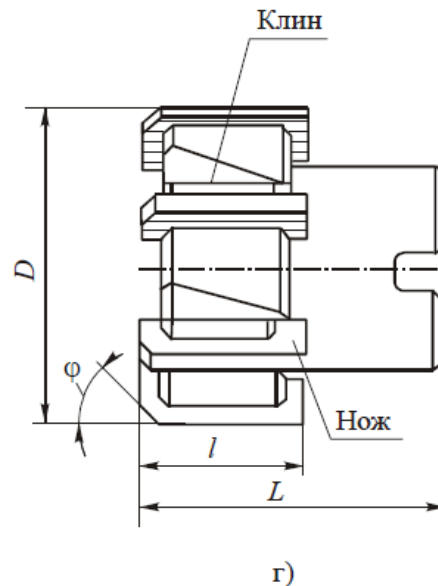
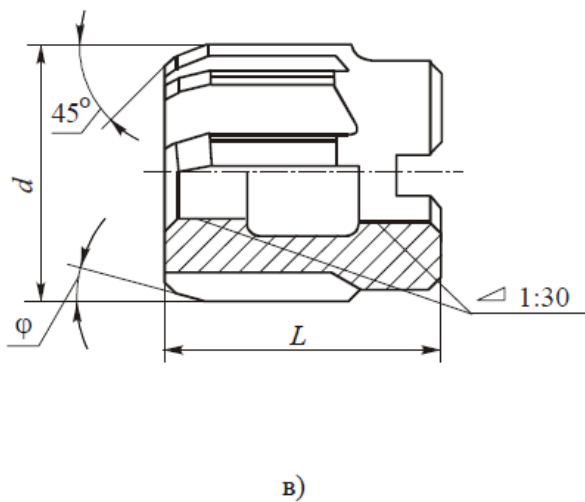
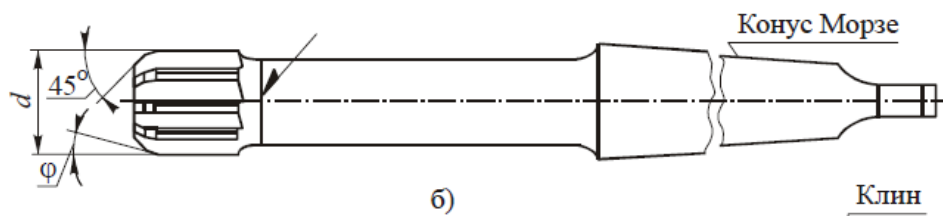
S: ### – это осевые многолезвийные режущие инструменты, применяемые для чистовой обработки отверстий. Точность отверстий после обработки составляет $IT8...IT6$, а шероховатость поверхности – $Ra1,25...0,32$ мкм.

+: Развертки

+: развертки

I:

S: Соответствие между изображением на рисунке и названием видов разверток



L1: а

L2: б

L3: в

L4: г

R1: ручная

R2: машинная

R3: насадная

R4: сборная

I:

S: Допуски на диаметр развертки в связи с тем, что развертки являются чистовым инструментом, обеспечивающим высокую точность по диаметру (JT8...JT6), должны быть примерно

+: в 3 раза меньше, чем допуски на обрабатываемое отверстие

-: в 3 раза больше, чем допуски на обрабатываемое отверстие

- :такими же, как допуски на обрабатываемое отверстие

-: в 10 раз меньше, чем допуски на обрабатываемое отверстие

Тема 8. Инструменты для обработки резьбы.

I:

S: Выберите неправильный ответ.

Инструменты для образования резьбы весьма разнообразны по конструкции.

Их можно разделить на три группы:

-: лезвийные инструменты, формирующие резьбу путем снятия припуска режущими кромками

-: бесстружечные инструменты, формирующие резьбу методом холодного пластического деформирования

-: абразивные инструменты, работающие методом вышлифовывания профиля резьбы

+: долбежные инструменты, формирующие резьбу в процессе долбления

I:

S: Резьбовые резцы работают по методу ###, поэтому профиль их режущих кромок должен соответствовать профилю впадины нарезаемой резьбы.

+: копирования

+: копирование

I:

S: Резьбовые резцы в основном применяются в

+: единичном и мелкосерийном производствах

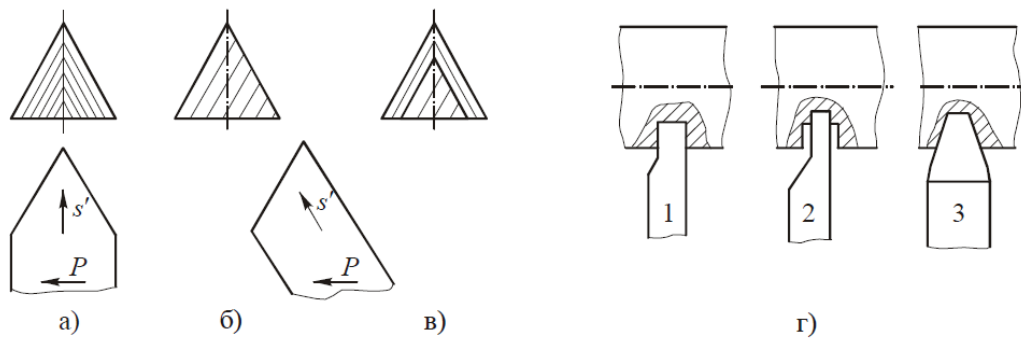
-: массовом и крупносерийном производствах

-: среднесерийном и крупносерийном производствах

-: поточном производстве

I:

S: Соответствие между изображением на рисунке и названием схемы резания, применяемой при нарезании резьбы



L1: а

L2: б

L3: в

L4: г

R1: профильная

R2: генераторная

R3: комбинированная

R4: для нарезания трапецеидальной резьбы

I:

S: Гребенки — это многозубчатые фасонные резцы, которые могут быть стержневыми; призматическими;

+ : круглыми

- : треугольными

- : квадратными

- : ромбическими

I:

S: В практике машиностроения применяются следующие основные виды резбонарезных фрез: гребенчатые, дисковые и головки для

- : спокойного нарезания резьбы

+ : вихревого нарезания резьбы

- : бесшумного нарезания резьбы

- : горячего нарезания резьбы

I:

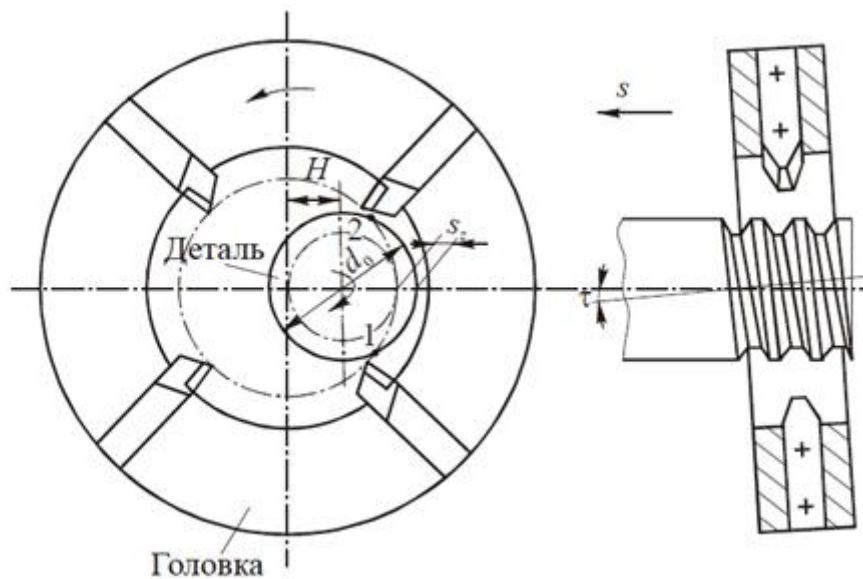
S: На рисунке показана схема

+ : вихревого резбонарезания многолезцовыми головками

- : заточки резцов многолезцовой головки

- : обработки детали по копиру головкой

- : так детали не обрабатывают



I:

S: Винт, превращенный в инструмент путем прорезания стружечных канавок и создания на режущих зубьях передних, задних и других углов это

-: плашка

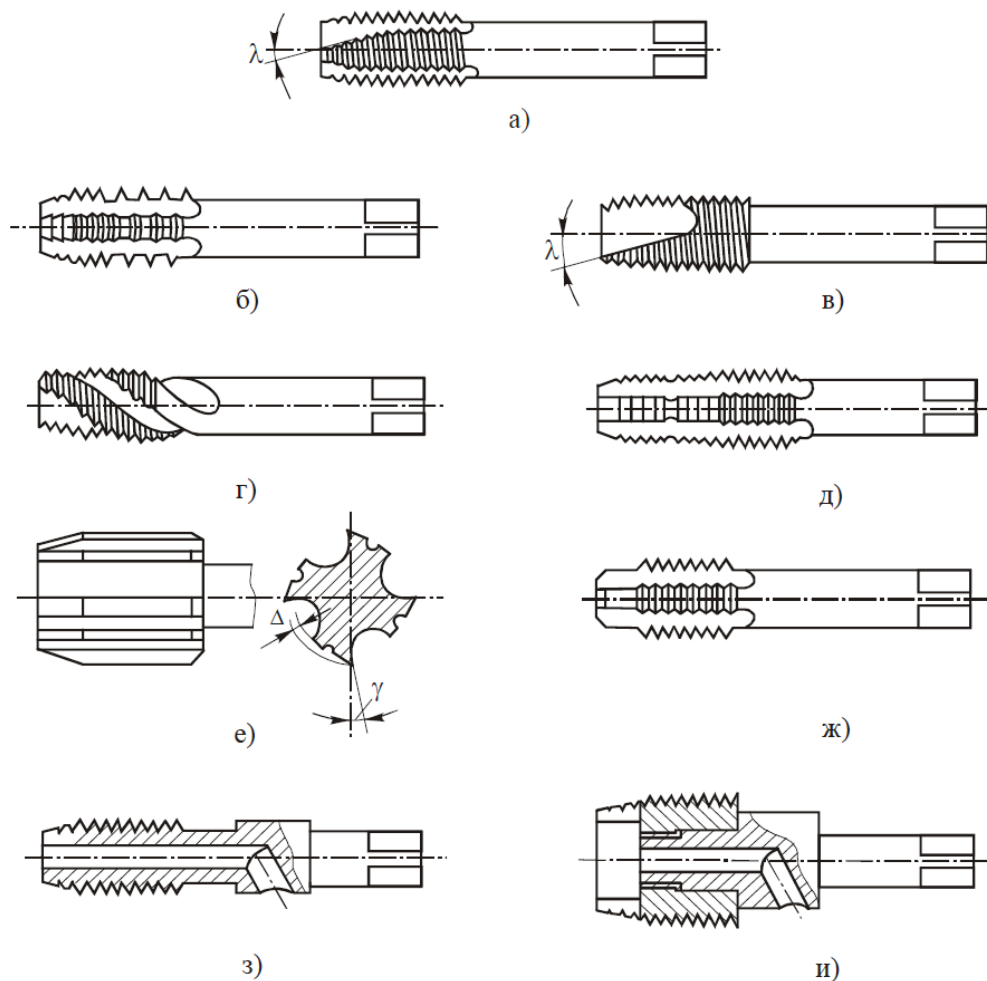
+: метчик

-: развертка

-: протяжка

I:

S: Соответствие между изображением на рисунке и конструкцией некоторых типов метчиков



L1: а

L2: б

L3: в

L4: г

L5: д

L6: е

L7: ж

L8: з

L9: и

R1: слесарный (ручной)

R2: с шахматным расположением зубьев

R3: бесканавочный

R4: с винтовыми канавками

R5: ступенчатый

R6: с режуще-выглаживающими зубьями

R7: с направляющей частью

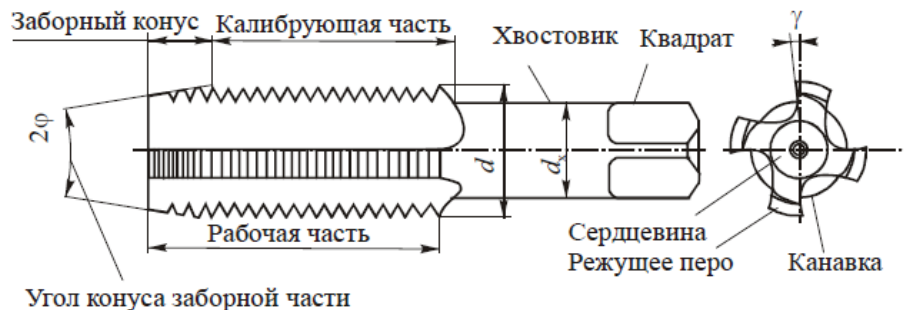
R8: с внутренним подводом СОЖ

R9: колокольного типа с внутренним подводом СОЖ

I:

S: На рисунке показан инструмент

- : плашка
- +: метчик
- : протяжка
- : сверло



I:

S: Предназначены для нарезания резьб вручную метчики

- : машинные
- +: слесарные
- : с внутренним подводом СОЖ
- : гаечные

I:

S: Метчики с шахматным расположением зубьев рекомендуется использовать для нарезания резьбы

- +: в вязких материалах
- : в хрупких материалах
- : ручную
- : на станках-автоматах

I:

S: По сравнению с обычными метчиками эти метчики из-за большого поперечного сечения более прочные

- +: бесканавочный
- : с винтовыми канавками
- : с режуще-выглаживающими зубьями
- : с направляющей частью

I:

S: Применяют при нарезании резьб в сквозных отверстиях крупных диаметров $d = 50 \dots 400$ мм в тяжелом машиностроении. Они выполняются цельными или составными

- : с шахматным расположением зубьев

- : бесканавочный
- : с винтовыми канавками
- : ступенчатый
- : с режуще-выглаживающими зубьями
- +: колокольного типа

I:

S: Позволяет нарезать в сквозных отверстиях резьбу любых профилей и длины, с любым числом заходов метчик-

- : бесканавочный
- : с винтовыми канавками
- : ступенчатый
- : с режуще-выглаживающими зубьями
- +: протяжка

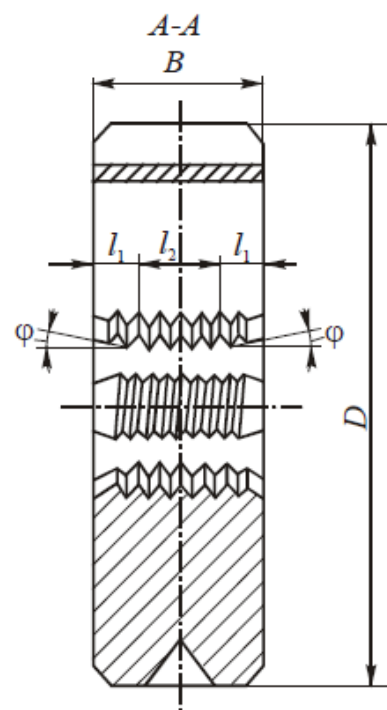
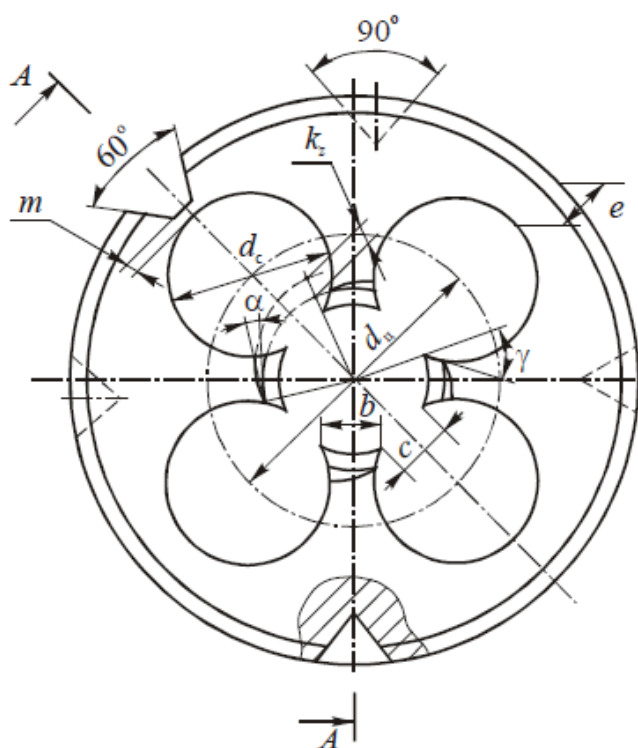
I:

S: Резьбонарезная ### – это гайка, превращенная в режущий инструмент путем сверления стружечных отверстий и формирования на зубьях режущих перьев передних и задних углов.

- +: плашка

I:

S: Соответствие между названием конструктивного элемента плашки и его обозначением



L1: D

L2: B

L3: d_c

L4: $d_{\text{ц}}$

L5: c

L6: b

L7: e

L8: γ

L9: α

L10: ϕ

L11: m

R1: наружный диаметр плашки

R2: толщина

R3: диаметры стружечных отверстий

R4: диаметр окружности центров стружечных отверстий

R5: ширина просвета

R6: ширина пера

R7: минимальная толщина стенки

R8: передний угол

R9: задний угол

R10: угол заборного конуса

R11: перемычка, которую после двух–трех переточек плашки разрезают

I:

S: Применяют такие плашки на revolverных станках и станках-автоматах. Их преимущества: 1) лучшие условия отвода стружки; 2) меньшее коробление при термообработке; 3) высокая технологичность из-за простой переточки по передней грани; 4) возможность регулирования диаметра резьбы при износе.

-: круглая

+: трубчатая

-: для конических резьб

-: слесарная винторезная дощечка

Тема 9. Инструменты для обработки зубьев цилиндрических колес.

I:

S: При методе ### профиль режущих кромок полностью соответствует профилю впадин между зубьями колеса.

+: копирования

+: копирование

I:

S: При методе обкаточного ### центроиды инструмента и нарезаемого колеса катятся друг по другу без скольжения, а профиль нарезаемых зубьев колеса формируется как огибающая различных положений режущих кромок при зубонарезании.

+: огибания

+: огибание

I:

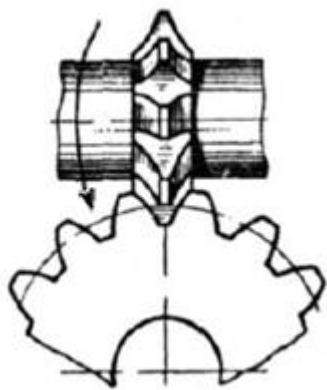
S: На рисунке показано нарезание зубьев колес методом копирования

+: дисковой модульной фрезой

-: пальцевой модульной фрезой

-: резцовой головкой

-: зубчатым копиром



I:

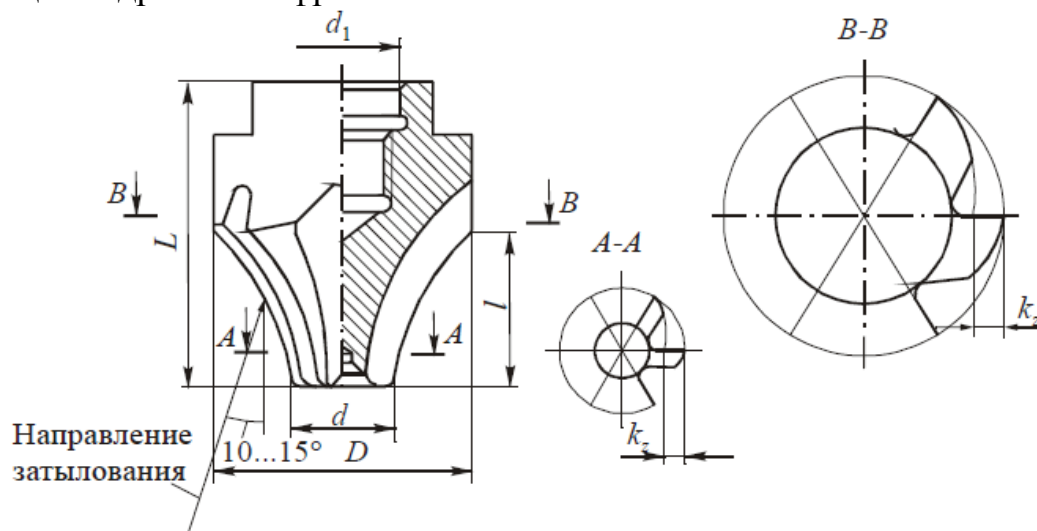
S: На рисунке показана

-: дисковая зуборезная фреза

+: пальцевая зуборезная фреза

-: шпоночная фреза

-: цилиндрическая фреза



I:

S: В случае нарезания шевронных колес без канавки для выхода инструмента в месте изменения наклона зубьев, они являются единственно возможным зуборезным инструментом.

-: дисковая зуборезная фреза

+: пальцевая зуборезная фреза

-: шпоночная фреза

-: цилиндрическая фреза

I:

S: Круговые ### обеспечивают наибольшую производительность при зубонарезании.

+: протяжки

Тема 10. Инструменты для обработки зубьев конических колес.

I:

S: Получили наибольшее применение для нарезания прямозубых конических колес. Они применяются на чистовых операциях и работают по методу обката, а также на черновых операциях – по методу копирования.

-: дисковые зуборезные фрезы

+: зубострогальные резцы

-: круговые протяжки

-: цилиндрические фрезы

I:

S: На рисунке показана

-: дисковая зуборезная фреза

+: круговая протяжка для нарезания прямозубых конических колес

-: дисковая отрезная фреза

-: цилиндрическая фреза



Тема 11. Фасонные резцы

I:

S: ### резцы применяются для обработки тел вращения, имеющих наружные или внутренние фасонные поверхности.

+: Фасонные

I:

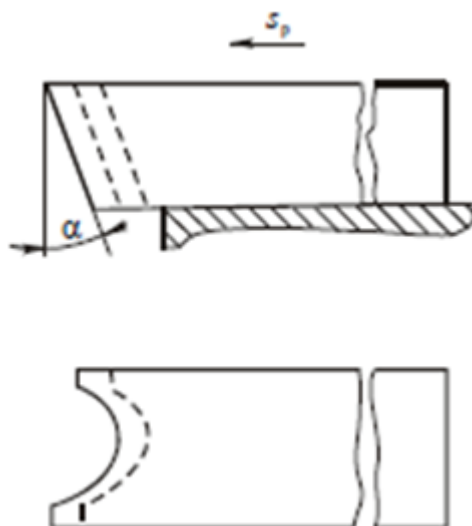
S: На рисунке показан резец

-: круглый фасонный

+: стержневой фасонный

-: призматический фасонный

-: прямой проходной



I:

S: На рисунке показан

+: резец круглый фасонный

-: стержневой фасонный резец

-: фреза

-: шевёр фасонный



I:

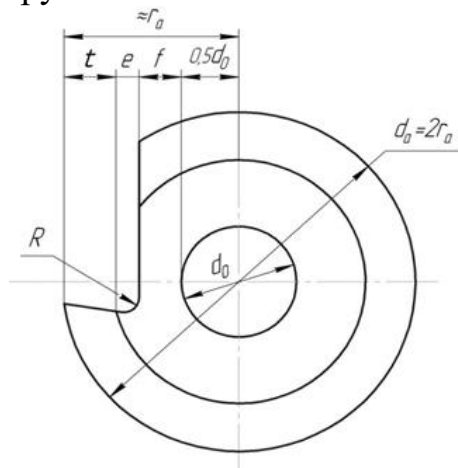
S: На рисунке показана схема к расчету

+: наружного диаметра круглого фасонного резца

-: наружного диаметра фрезы

-: посадочного отверстия диска

-: скола шлифовального круга



Тема 12. Особенности конструкций инструментов для автоматизированного производства

I:

S: различного вида резцедержатели, патроны, оправки, удлинители и переходники, специальные блоки и др. это инструменты

-: основные

+: вспомогательные

-: специальные

-: автоматизированные

I:

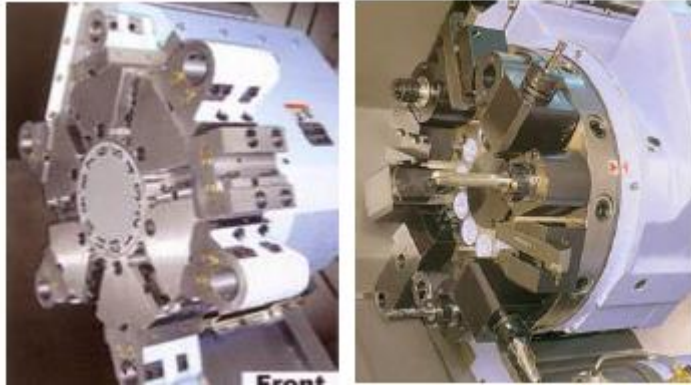
S: На рисунке изображение

-: карусельного стола

+: многопозиционной револьверной головки

-: суппорта станка

-: делительной головки



I:

S: Инструментальный магазин – револьверная головка, и является рабочим органом станка, воспринимающим силы резания, следовательно, к нему предъявляются требования

-: высокой прочности, гибкости и универсальности

-: высокой эргономичности, гибкости и точности крепления

-: высокой стоимости, гибкости и точности крепления

+: высокой прочности, жесткости и точности позиционирования

I:

S: АСИ во многом определяют работоспособность станков и к ним не предъявляется следующее требование:

-: обеспечивать минимальное время смены инструмента

-: иметь необходимое количество инструментов для обработки сложных деталей

+: должны быть сложными по конструкции

-: безопасными в работе

-: обладать высокой надежностью

-: обеспечивать высокую точность позиционирования инструмента в шпинделе станка

Тема 13. Абразивные инструменты

I:

S: ### инструменты – это режущие инструменты, изготовленные из зерен шлифовальных материалов, сцепленных между собой связующим веществом (связкой) и разделенных друг от друга порами.

+: Абразивные

I:

S: В зависимости от требований к зерновому составу, предельным отклонениям поверхностей, их взаимному расположению, наличию сколов, трещин и раковин шлифовальные круги выпускают

-: двух классов точности

+: трех классов точности

-: пяти классов точности

-: четырех классов точности

I:

S: Соответствие между обозначением и расшифровкой маркировки шлифовального круга. Пример маркировки абразивного круга:

ПП 500×50×305 24А 10-П С2 7 К5 35м/с А 1 кл ГОСТ 2424-83

L1: ПП

L2: 500×50×305

L3: 24А

L4: 10-П

L5: С2

L6: 7

L7: К5

L8: 35м/с

L9: А

L10: 1 кл

R1: тип круга

R2: наружный диаметр×высота×диаметр посадочного отверстия

R3: марка шлифовального материала

R4: зернистость

R5: степень твердости

R6: номер структуры

R7: марка связки

R8: рабочая окружная скорость

R9: класс точности круга

R10: класс неуравновешенности.

I:

S: Формообразующая операция, предназначенная для исправления погрешностей геометрической формы круга и установки правильного положения его режущих поверхностей это

- : правка круга
- +: профилирование круга
- : очистка круга
- : заточка круга

I:

S: Процесс обновления режущей поверхности круга с целью повышения его режущих свойств и снижения шероховатости шлифуемой поверхности.

- +: правка круга
- : профилирование круга
- : очистка круга
- : балансировка круга

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в не полном объеме; владение умениями и навыками реализуются не в полном объеме.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками.

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: ответ студентом на вопросы по темам дисциплины. Перед тестированием по теме студент должен выполнить и защитить практические и лабораторные работы.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенции ИД-1_{ОПК-5}, ИД-3_{ПК-2}, ИД-4_{ПК-6}. 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;
- способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников;
- правильность ответов;
- способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса;

- умение использовать методическую, научную и техническую литературу;
- инициативность в поиске информации.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-1 _{ОПК-5} ИД-3 _{ПК-2} ИД-3 _{ПК-6}	степень усвоения программного материала	
	способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников	
	способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса	
	правильность ответов	
	умение использовать методическую, научную и техническую литературу	
	инициативность в поиске информации	