

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО РЕЖУЩИМ ИНСТРУМЕНТАМ

Часть 1

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)» в качестве лабораторного практикума для студентов, обучающихся по программам высшего образования укрупненной группы специальностей и направлении 24.00.00 Авиационная и ракетно-космическая техника

САМАРА
Издательство СГАУ
2015

УДК 621.9(075)

ББК 34.63-5я7

Л 125

Авторы: ***М.Б. Сазонов, Д.Л. Скуратов, А.Н. Волков, В.Д. Смолин,
Ю.А. Шабалин, А.Н. Швецов.***

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. Н.Д. Проничев,
д-р техн. наук, проф. В.Н. Трусков

Л 125 **Лабораторный практикум по режущим инструментам. Ч.1:** лаб. практикум / [М.Б. Сазонов и др.]. – Самара: Изд-во СГАУ, 2015. – 132 с.

ISBN 978-5-7883-1021-3

В данном пособии рассмотрены металлорежущие инструменты.

Пособие предназначено для студентов специальностей 151001, 160301, 160302 и других, изучающих дисциплины «Резание металлов», «Режущий инструмент», «Обработка конструкционных материалов», выполняющих лабораторные и курсовые работы. Оно также может быть использовано студентами при выполнении дипломных проектов по технологии машиностроения.

Выполнено на кафедре механической обработки материалов СГАУ.

УДК 621.9(075)

ББК 34.63-5я7

ISBN 978-5-7883-1021-3

© СГАУ, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа №1	
ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИИ РЕЗЦОВ	4
Лабораторная работа №2	
РАСТОЧНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ	29
Лабораторная работа №3	
ОБМЕР И ЭСКИЗИРОВАНИЕ КОНЦЕВОЙ ФРЕЗЫ.....	40
Лабораторная работа №4	
ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ГЕОМЕТРИИ И КОНТРОЛЬ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ	56
Лабораторная работа №5	
ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИИ ЗЕНКЕРОВ	76
СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	100
ПРИЛОЖЕНИЕ А	
ФОРМА И РАЗМЕРЫ ПЛАСТИНОК ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ РЕЗЦОВ ...	104
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	
ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ ЗЕНКЕРОВ	107
ПРИЛОЖЕНИЕ В	
БЛАНК ОТЧЁТА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №1	111
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	
БЛАНК ОТЧЁТА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №2.....	114
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	
БЛАНК ОТЧЁТА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №3.....	116
ПРИЛОЖЕНИЕ Е	
БЛАНК ОТЧЁТА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №4.....	119
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж	
БЛАНК ОТЧЁТА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №5.....	122

Лабораторная работа №1

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИИ РЕЗЦОВ

Цель работы:

- ознакомление с конструкцией и геометрией токарных резцов;
- рассмотрение классификации токарных резцов;
- изучение координатных плоскостей и геометрии режущей части резца;
- ознакомление с маркировкой резца и пластин;
- получение навыков измерения геометрических параметров резцов.

1. КОНСТРУКЦИЯ РЕЗЦОВ И ИХ НАЗНАЧЕНИЕ

Наибольшую долю всей номенклатуры лезвийного режущего инструмента составляют токарные, строгальные, долбежные и другие резцы.

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 державкой.

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

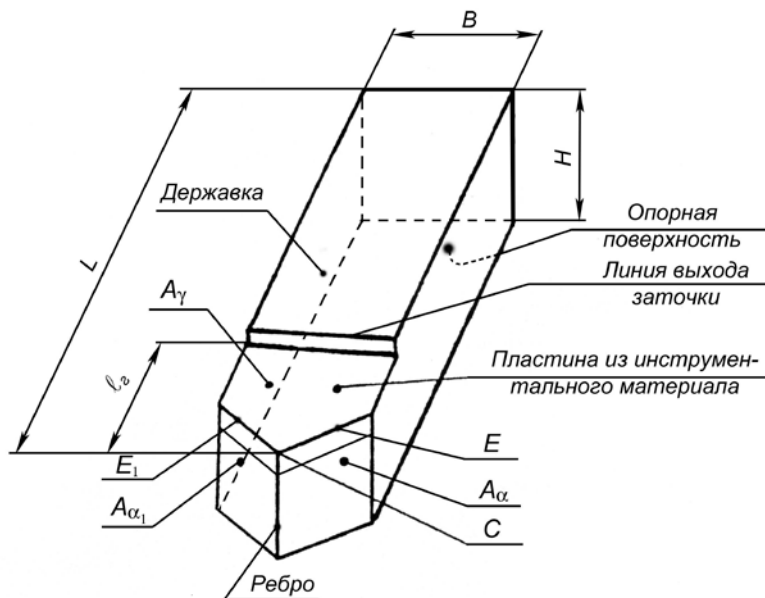


Рис. 1. Конструктивные элементы резца:

A_γ – передняя поверхность; A_α – главная задняя поверхность;

A_{α_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), обработки торцовых поверхностей (торцовые) и резцы для отрезки (отрезные).

Форма головки и режущей кромки и ее расположение относительно предполагаемого направления движения подачи, а следовательно и характера выполняемой операции, в значительной мере оп-

ределяют тип резца. В связи с этим в каждой из первых трех групп различают резцы общего назначения: проходные ($\varphi < 90^\circ$), 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. 5). 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.

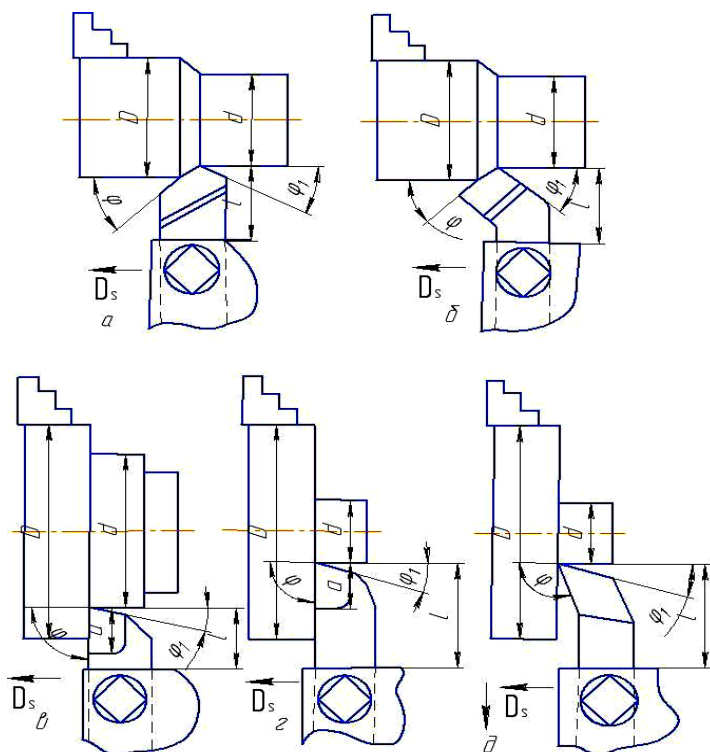


Рис. 2. Резцы для обточки:

а – прямой проходной; б – проходной отогнутый;
в – прямой упорный; г – упорный отогнутый; д – отогнутый подрезной

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).

Проходные 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 сту-

пени к другой остается коническим или затем подрезается. Прямые проходные резцы 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, а следовательно снижается точность обработки и увеличивается возможность возникновения вибраций.

Проходные резцы с отогнутой головкой, 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, а следовательно 2 вершины, – обладают большей универсальностью. Они позволяют осуществлять врезание с поперечной подачей и обрабатывать «открытые» торцовые поверхности (рис. 3, 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 должны оставаться рав-

ными 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 к кулачкам патрона или к другим выступающим частям приспособлений.

Практика показывает, что резцы с отогнутой головкой имеют также 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.

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° ($\varphi \approx 95^\circ - 105^\circ$). После прекращения продольной подачи, при достижении необходи-

мой 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 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, *з*).

Подрезные резцы (рис. 2, *д*) 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, а следовательно, стойкость этих резцов низка. Поэтому при работе на токарных станках с ручным управлением подрезка уступов часто выполняется упорными резцами, как это описано выше.

Резцы для обработки торцовых поверхностей

Торцовые поверхности деталей могут обрабатываться *торцовыми, проходными* резцами с $\varphi < 90^\circ$ (рис. 3, *а*), *торцовыми упорными* с $\varphi = 90^\circ$ (рис. 3, *б*) и *торцовыми подрезными* с $\varphi > 90^\circ$ (рис. 3, *в*). 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 (см. рис. 3, *а, б, в*). Что касается выбора проходного, упорного или подрезного резца, то все сказанное в отношении соответствующих резцов для обточки относится и к торцовым.

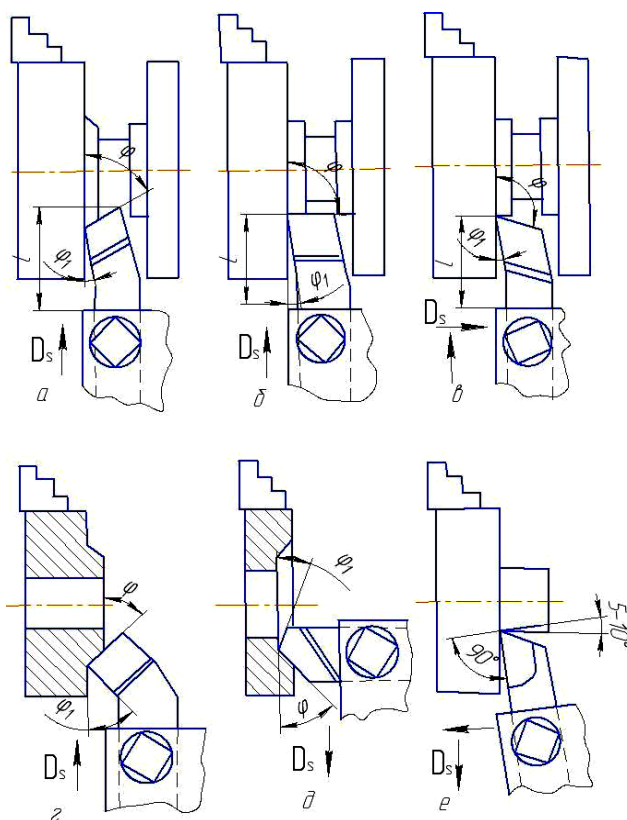


Рис. 3. Резцы для обработки торцовых поверхностей:
 а – торцевой проходной; б – торцевой упорный; в – торцевой подрезной;
 з – проходной отогнутый в качестве торцевого проходного;
 д – проходной прямой в качестве торцевого проходного;
 е – упорный взамен торцевого подрезного

«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. 3, з, 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. 3, е).

Резцы для обработки отверстий

Резцы для обработки отверстий делятся на *расточные проходные* (рис. 4, а), *расточные упорные* (рис. 4, б) и *расточные подрезные* (рис. 4, 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 и меньшее поперечное сечение, характеризуемое диаметром d_p оттянутой части, по сравнению с резцами для обработки наружных поверхностей они имеют низкую жесткость. Это приводит к необходимости более тщательного выбора конструкции и геометрии резцов. При выборе расточных резцов следует всегда ориентироваться на резцы с возможно меньшей длиной l_p и большим диаметром d_p .

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 $\varphi = 90^\circ$, то есть применять упорные резцы даже при обработке сквозных отверстий. Увеличение угла до $\varphi > 90^\circ$ эффекта не дает. Иначе говоря, применять подрезные резцы с целью уменьшения радиальной составляющей силы резания p_r не имеет смысла. При применении подрезных резцов, у которых $\varphi = 95...105^\circ$, ухудшаются условия стружкообразования, силы резания растут, а это приводит к увеличению отжимов и возникновению вибраций.

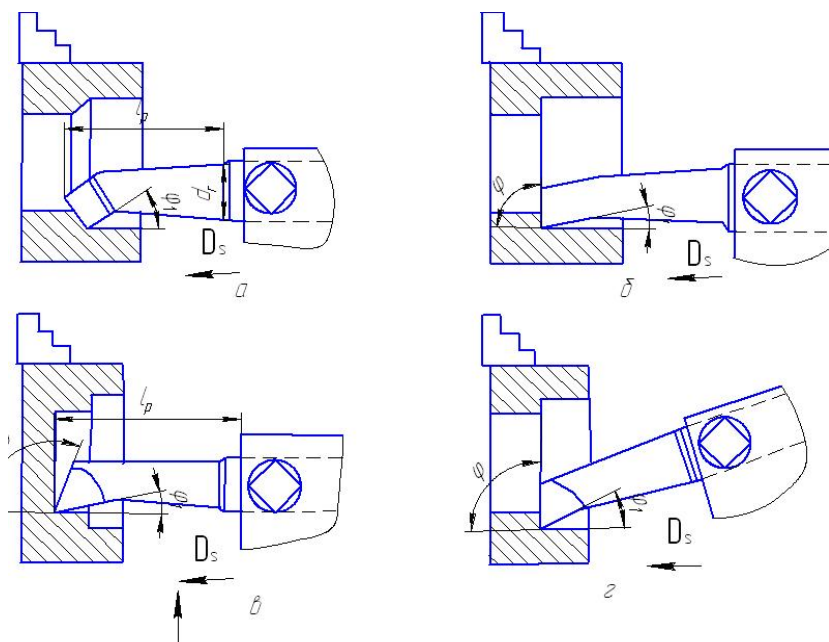


Рис. 4. Резцы для обработки отверстий:

а – расточный проходной; *б* – расточный упорный; *в* – расточный подрезной;
г – расточный подрезной в качестве упорного

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. 4, *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. 5), оттянутой вправо и симметрично. Стандартные отрезные резцы имеют головку, оттянутую влево, они чаще всего и применяются на практике.

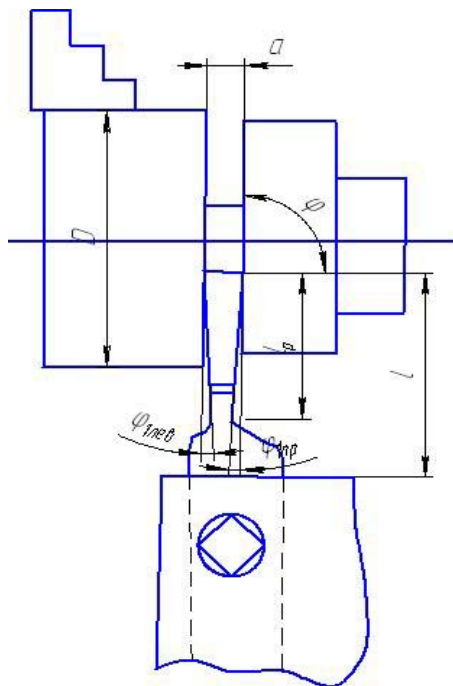


Рис. 5. Схема отрезки резцом с головкой, оттянутой влево

Соотношение размеров головки определяется зависимостью $l_p = 5 \cdot a + 5$, где l_p – длина головки резца, a – ширина головки, равная длине главной режущей кромки, которая принята равной $a \approx 0,1 \cdot D$, где D – диаметр отрезаемой заготовки. Другая распространенная конструкция резцов предусматривает цельную головку в виде пластины из быстрорежущей стали, привариваемую к боковой поверхности державки. Эта конструкция имеет головку, смещенную влево. Соотношение размеров головки резцов с $a = 1,5 \dots 3$ мм определяется зависимостью $l_p \cdot a$, а для резцов с $a > 3$ мм, как и в первой конструкции.

2. ГЕОМЕТРИЯ ГОЛОВКИ РЕЗЦА

2.1. СИСТЕМА КООРДИНАТ

Геометрия режущей части инструмента рассматривается в прямоугольной системе координат, состоящей из трех плоскостей, которые ориентированы относительно главного или результирующего движения и режущей кромки (рис. 6 и 7):

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

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 . Напомним, это плоскость, в которой лежат векторы скорости главного или результирующего движения и движения подачи.

Координатные плоскости для главного лезвия обозначаются так, как сделано в тексте (в определениях). Координатные плоскости для вспомогательных лезвий должны иметь в обозначениях «индексы» (P_{v_1} , P_{n_1} , P_{r_1}).

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

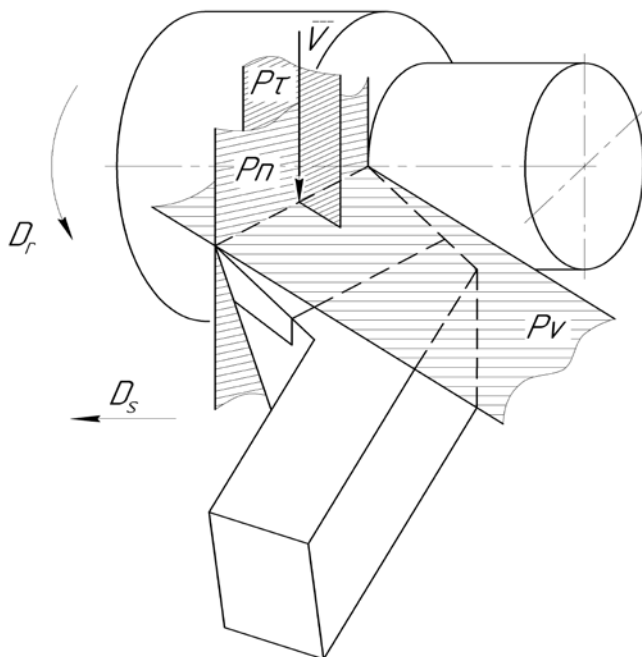


Рис. 6. Система координат (в виде заштрихованных плоскостей):

P_v – основная плоскость; P_n – плоскость резания; P_t – главная секущая плоскость

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_t . С целью ориентации основной плоскости P_v , 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.

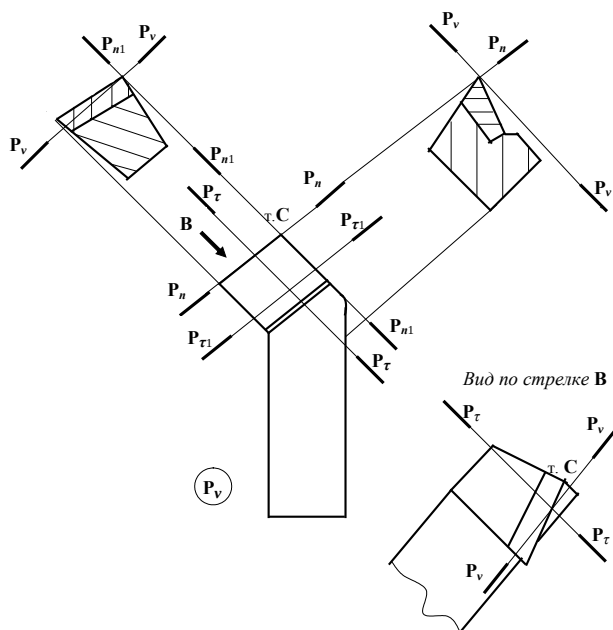


Рис. 7. Система координат, выраженная следами пересечения координатных плоскостей:

P_v – основная плоскость; P_n – плоскость резания; P_τ – главная секущая плоскость; т. С – вершина; $P_{\tau 1}$ – вспомогательная секущая плоскость; P_{n1} – плоскость, касательная к вспомогательной режущей и перпендикулярная основной

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 рис. 6 показана инструментальная система координат для главного лезвия в виде трех заштрихованных плоскостей P_v , P_n , P_τ , а на рис. 7 представлена та же система в виде следов координатных плоскостей для главного и вспомогательного лезвия, проходного резца с отогнутой головкой.

2.2. 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:

передний угол γ или γ_1 (рис. 8) – угол в секущей плоскости (P_τ или P_{τ_1}) между передней поверхностью и основной плоскостью (P_v или P_{v_1});

задний угол α или α_1 – угол в секущей плоскости (P_τ или P_{τ_1}) между задней поверхностью и плоскостью резания (P_n или P_{n_1});

угол наклона режущей кромки λ и λ_1 – угол в плоскости резания (P_n или P_{n_1}) между режущей кромкой и основной плоскостью (P_v или P_{v_1});

угол в плане (φ или φ_1) – угол в основной плоскости (P_v или P_{v_1}) между плоскостью резания (P_n или P_{n_1}) и рабочей плоскостью (P_s).

В зависимости от того, о каком лезвии идет речь, углы называются *главными* или *вспомогательными*. Давая определения, по пп.1...4 необходимо уточнять название угла (*главный* или *вспомогательный*), а по пп.1 и 2 – название секущей плоскости (*главной* или *вспомогательной*). Так, например (см. п. 1): *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* (см. п. 2) – это угол во *вспомогательной* секущей плоскости (P_{τ_1}) между *вспомогательной* задней поверхностью и плоскостью резания (P_{n_1}).

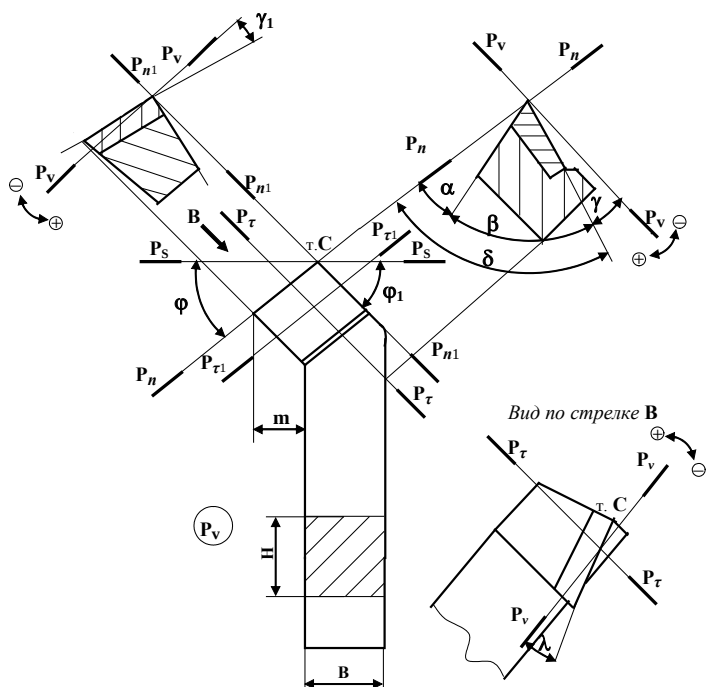


Рис. 8. Эскиз проходного резца с отогнутой головкой

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

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

В тех случаях, когда зуб (головка) имеет две вспомогательные режущие кромки (см. рис. 9), их соответственно называют левой, правой и указывают это в обозначениях углов, например, $\alpha_{1лев}$ и $\alpha_{1пр}$.

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

Таблица 1. Обозначения углов лезвия в инструментальной системе координат

№ п/п	Углы главного лезвия		№ п/п	Углы вспомогательного лезвия	
	Название	Обозначение		Название	Обозначение
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

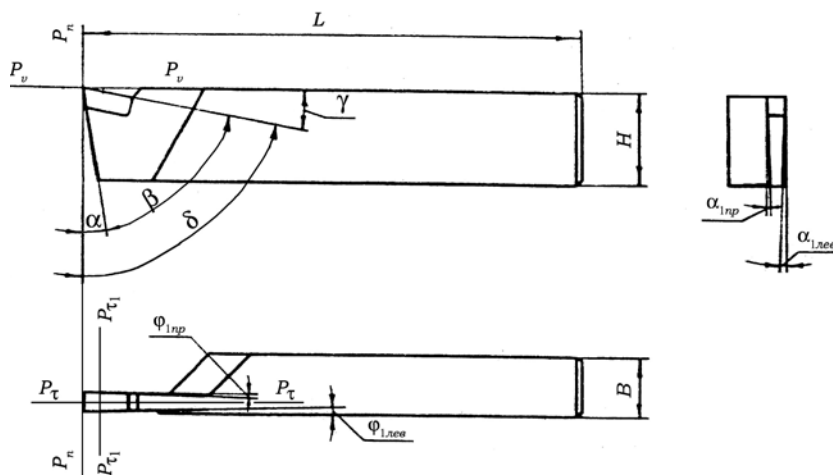


Рис. 9. Эскиз отрезного резца

3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

3.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

С целью усвоения и закрепления знаний о типах резцов и характере выполнения ими операций точения каждый студент получает задание на эскизирование 3-4 схем. Сочетание операций и типов резцов может быть различным, например: обточка – подрезным, расточка – упорным и торцовка – проходным резцом. Одной из схем обработки может быть отрезка.

На схемах указываются направление главного движения резания (D_r), направление движения подачи (D_s) и угла в плане φ и φ_1 . Одновременно с этим заданием указывается: какое определение должен дать студент двум стандартным терминам (P_v , P_n , P_r , P_s ; γ , α , φ , φ_1 , λ ; вершина зуба и др.).

Вторая часть работы связана с эскизированием и измерением геометрических параметров резцов. Каждому студенту выдается 2 резца, как правило: проходной и отрезной номера резцов фиксируются в учебной ведомости, а студенты указывают их в таблице бланка 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.

3.2. ЭСКИЗИРОВАНИЕ РЕЗЦОВ

Эскизы выполняются в соответствии с требованиями ЕСКД.

В качестве главного вида принимается проекция резца на основную плоскость. Длинная сторона державки располагается параллельно большей стороне формата (бланка отчета) главный вид размещается так, чтобы сверху его оставалось поле для свободного изображения сечений головки главной и вспомогательной секущими плоскостями.

На главном виде изображается наложенное сечение державки. Далее в правом верхнем углу изображается сечение главного режущего лезвия секущей плоскостью P_r , а в левом – сечение вспомогательного режущего лезвия плоскостью P_r . При этом предварительно необходимо изобразить следы координатных плоскостей P_v и P_n под углом 90° друг к другу, а затем следы передних и задних поверхностей режущих лезвий. Следует обратить внимание на соответствие положения передних поверхностей реальному знаку (+ или –) передних углов γ и γ_1 .

Для того чтобы показать угол наклона режущей кромки λ в истинную величину, необходимо изобразить вид головки резца со стороны главной задней поверхности по стрелке «В» (см. рис. 8).

Так как в некоторых случаях данная лабораторная работа выполняется еще до того, как соответствующий материал будет изложен на лекциях, *допускается* перечерчивание эскизов с инструкции (см. рис. 7 и 9). Однако при этом категорически *запрещается* какое-либо копирование (с помощью копировальной бумаги, «на просвет» и т.д.).

ЕСКД предусматривает выполнение эскизов «от руки», однако в данной работе целесообразно использовать линейку.

На эскизах показываются и соответствующим образом обозначаются координатные плоскости и все необходимые линейные и угловые параметры.

3.3. ИЗМЕРЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЦОВ

С помощью штангенциркуля измеряются линейные размеры:

L – общая длина резца;

L – 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, о чем говорилось ранее, 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 приложении А, 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 $B \times H = 16 \times 25$.

Результаты измерения линейных параметров заносятся в таблицу бланка отчета.

Измерение углов

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. 10) 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 совпадала с главной секущей плоскостью P_r .

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 совпадала со вспомогательной секущей плоскостью P_{τ_1} .

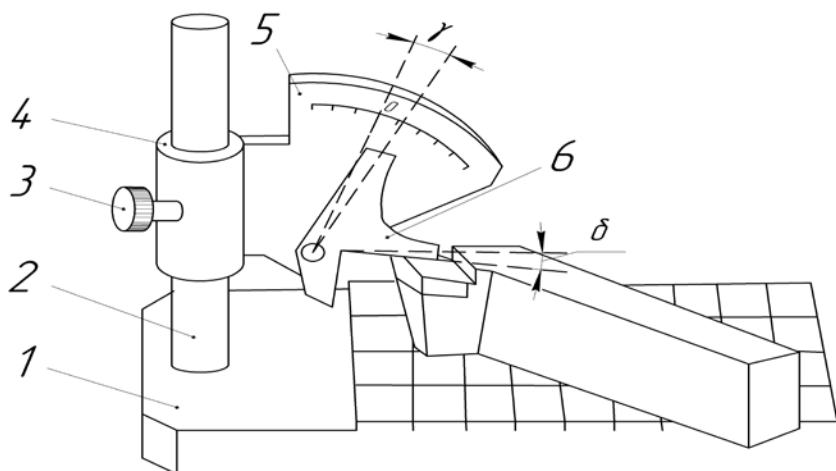


Рис. 10. Настольный угломер и измерение на нем главного переднего угла

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

Универсальный угломер (рис. 11) 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.

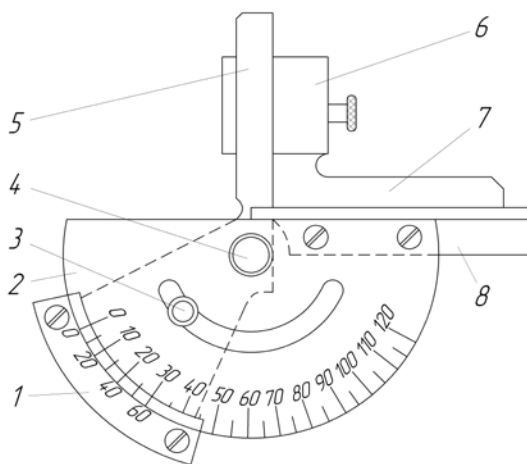


Рис. 11. Универсальный угломер

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

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. 12, затем угол при вершине ε . Главный угол в плане рассчитывается по формуле $\varphi = 180 - (\varphi_1 + \varepsilon)$.

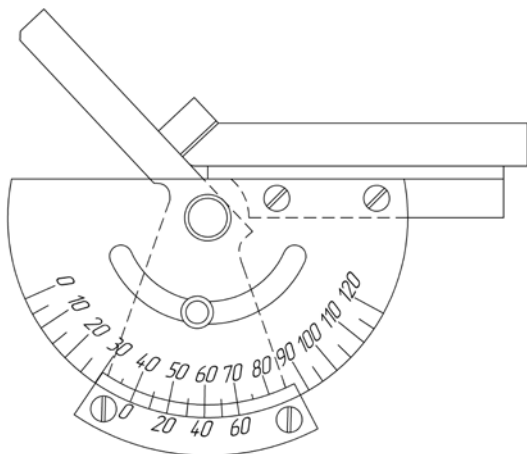


Рис. 12. Измерение вспомогательного угла в плане φ_1

У отрезного резца (см. рис. 9) 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 бланка отчета.

4. ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕННОЙ РАБОТЕ

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

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные конструктивные элементы резца.
2. Расскажите о системе координат применяемой для анализа геометрии режущего инструмента.
3. Что представляет собой инструментальная система координат?
4. Что такое основная плоскость?
5. Что такое плоскость резания?
6. Что такое секущая плоскость?
7. Что такое рабочая плоскость?
8. Что такое лезвие?
9. Сколько лезвий может быть у головки резца?

10. Какими углами характеризуется геометрия лезвия?
11. Дайте определение термину – передний угол.
12. Дайте определение термину – задний угол.
13. Дайте определение термину – угол наклона режущей кромки.
14. Дайте определение термину – угол в плане.
15. Как измеряются передние углы зуба (головки)?
16. Как измеряются задние углы зуба (головки)?
17. Как измеряются углы в плане?
18. Какими резцами обрабатываются основные поверхности деталей?
19. Классификация резцов.
20. Вершина зуба (головки), чем она отличается от вершины инструмента (например, у расточного резца)?

Лабораторная работа №2

РАСТОЧНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Цель работы:

- Изучение схемы работы, конструкций и основных геометрических параметров расточных инструментов.
- Освоение методов измерения и расчётов их основных геометрических элементов.
- Приобретение навыков применения мерительных инструментов и приспособлений, используемых при обмере и заточке расточных инструментов.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТОЧНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

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.

1.1. СТЕРЖНЕВЫЕ РЕЗЦЫ

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

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

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).

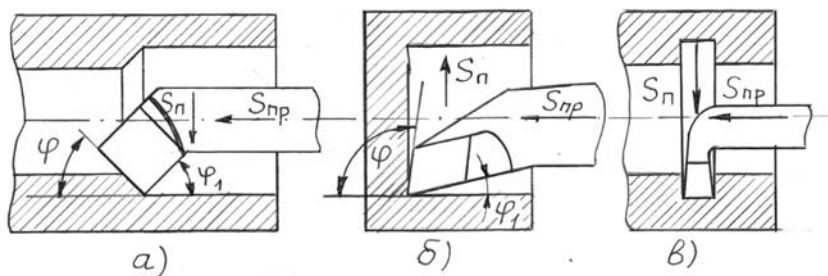


Рис. 1. Типы расточных резцов:

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

1.2. ЭЛЕМЕНТЫ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

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

$$S_{мин} = S \cdot n.$$

1.3. ОБМЕР И ЭСКИЗИРОВАНИЕ РАСТОЧНЫХ РЕЗЦОВ

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

С помощью штангенциркуля измеряют линейные размеры L , l , l_1 , t , H , B , d . Размер l_1 определяет место сварки режущей части из быстрорежущей стали (например, Р9К5) с материалом хвостовой части (ст. 45, ст. 40Х). Размер d представляет диаметр круглой части державки у головки резца.

На рис. 2 применены следующие обозначения:

ав – главная режущая кромка;

ас – вспомогательная режущая кромка;

точка *а* – вершина резца;

В – 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.

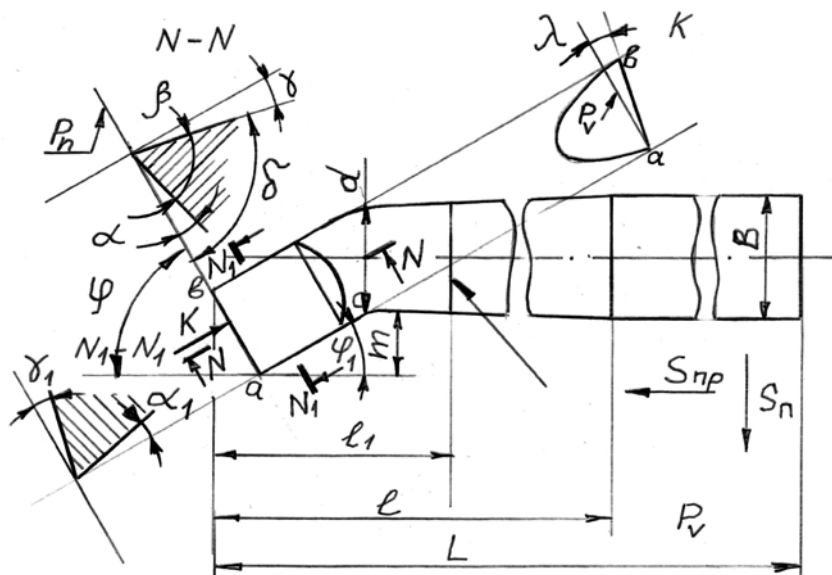


Рис. 2. Геометрия расточного резца

Измерение углов резца выполняют с помощью настольных или универсальных угломеров.

Главный угол в плане φ измеряют между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи. Аналогично определяют вспомогательный угол в плане φ_1 .

В главной секущей плоскости $N-N$ измеряют: передний угол γ между передней поверхностью и основной плоскостью P_v ; главный задний угол α между главной задней гранью и плоскостью резания P_n . Определяют угол резания δ и угол заострения β :

$$\begin{aligned}\delta &= 90 - \gamma; \\ \beta &= 90 - (\alpha + \gamma).\end{aligned}\tag{1}$$

Из формулы (1), в частности, следует, что при $\delta > 90^\circ$ передний угол отрицательный. Например, если $\delta = 100^\circ$, то $\gamma = -10^\circ$.

В плоскости $N_1 - N_1$ измеряют вспомогательные передний γ_1 и задний α_1 углы.

Угол наклона главной режущей кромки λ измеряют между самой кромкой и её проекцией на основную плоскость. Угол λ считается положительным, если вершина резца является наинизшей точкой режущей кромки. Аналогично измеряют угол наклона вспомогательной режущей кромки λ_1 .

Основными углами, определяющими геометрию резца, являются углы φ , φ_1 , γ , α , α_1 , λ . Именно эти углы проставляются на чертеже резца. Углы γ_1 и λ_1 получаются автоматически в процессе изготовления и заточки резца.

2. УГЛЫ РЕЗЦА В ПЛОСКОСТЯХ ПРОДОЛЬНОГО И ПОПЕРЕЧНОГО НАКЛОНА

В ряде случаев, в зависимости от имеющегося заточного оборудования, бывает необходимо знание углов резца в плоскостях про-

дольного 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).

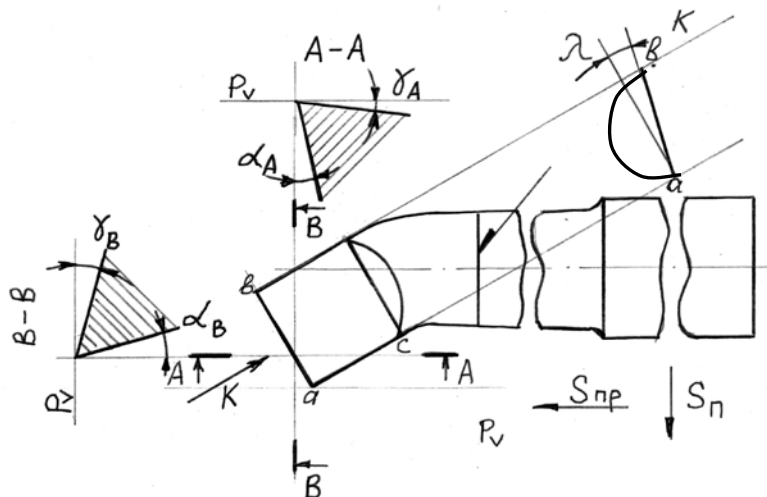


Рис. 3. Углы расточного резца в плоскостях продольного и поперечного наклона

Тригонометрические зависимости между углами в разных секущих плоскостях имеют вид

$$\operatorname{tg} \gamma_A = \operatorname{tg} \gamma \cdot \sin \varphi + \operatorname{tg} \lambda \cdot \cos \varphi, \quad (2)$$

$$\operatorname{tg} \gamma_B = \operatorname{tg} \gamma \cdot \cos \varphi - \operatorname{tg} \lambda \cdot \sin \varphi. \quad (3)$$

В формулах (2) и (3) угол λ подставляется со своим знаком. По углам γ_A и γ_B производится установка резца для заточки передней поверхности.

Формулы для задних углов:

$$\operatorname{tg} \alpha_A = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \varphi},$$

$$\operatorname{tg} \alpha_B = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \varphi},$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{1A} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\sin \varphi_1},$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{1B} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\cos \varphi_1}.$$

Расчётные и замеренные величины углов представляют в виде таблицы (см. табл. 1).

Таблица 1. Углы в плоскостях продольного и поперечного наклона

Углы	γ_A	γ_B	α_A	α_B	α_{1A}	α_{1B}
Расчёт						
Измерение						

Для контроля заточенных углов применяют формулы

$$\operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} \gamma_A \cdot \sin \varphi + \operatorname{tg} \gamma_B \cdot \cos \varphi,$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} \gamma_A \cdot \cos \varphi - \operatorname{tg} \gamma_B \cdot \sin \varphi.$$

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УНИВЕРСАЛЬНО-ЗАТОЧНОГО СТАНКА 3А64D

Наибольший диаметр шлифовального круга в мм	175
Число оборотов шлифовального шпинделя в об/мин	2240, 3150 4500, 6300
Точность поперечных подач в мм	0,01
Угол поворота оси шлифовального шпинделя в горизонтальной плоскости в град	350
Угол поворота стола в горизонтальной плоскости в град	90
Перемещение стола в мм:	
продольное	400
поперечное	230

Предоставляем студентам самостоятельно решить формообразование передней и вспомогательной задней поверхностей.

5. ВЫБОР ХАРАКТЕРИСТИК КРУГОВ ДЛЯ ЗАТОЧКИ РЕЗЦОВ

Для быстрорежущего инструмента: Тип ЧК, электрокорунд 12А–25А, зернистость 63 – 40, твёрдость С1 – СМ2, связка К.

Для твёрдосплавного инструмента: Тип ЧЦ, карбид кремния 63С–64С, зернистость 40 – 25, твёрдость М3 – М2, связка К, Б.

Элементы режима резания при заточке:

$V = 20 - 25$ м/с; $S_{np} = 0,01 - 0,04$ мм/дв.ход; $S_n = 3 - 5$ м/мин.

Расход охлаждающей жидкости $Q = 6 - 8$ л/мин.

При заточке без охлаждения режимы уменьшают на 25%.

6. РАСТОЧНЫЕ ДЕРЖАВОЧНЫЕ РЕЗЦЫ

Применяют для растачивания отверстий диаметром свыше 40 мм в корпусных деталях. Резцы закрепляются в гнёздах расточных оправок перпендикулярно ($\xi = 90^\circ$) или наклонно ($\xi = 45, 60^\circ$) по отношению к оси оправки (рис. 5).

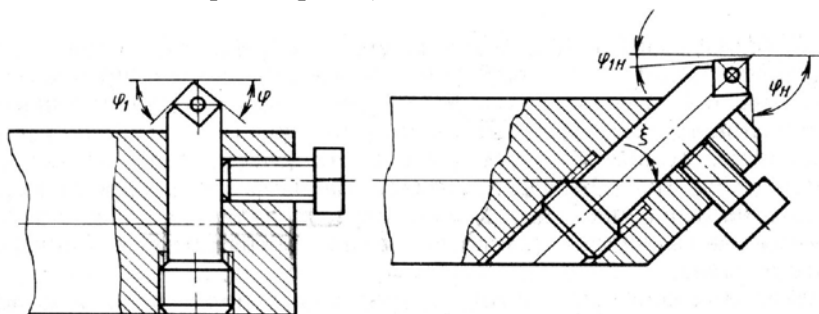


Рис. 5. Расположение расточных державочных резцов в оправках

Крепление державочных резцов в гнёздах оправок и борштанг выполняется нерегулируемым или регулируемым с точностью установки до 0,005 мм. Широкое применение находят расточные державочные резцы с напайными твёрдосплавными пластинами. Существует большое количество конструктивного исполнения точного регулирования положения резцов в оправках и борштангах, обеспечивающих обработку отверстий до 6 качества точности. При наклонном расположении резца относительно оси отверстия под некоторым углом ξ углы в плане у резца меняются: $\varphi_H = \varphi + \xi$; $\varphi_{1H} = \varphi_1 - \xi$. Это надо учитывать при проектировании резца.

7. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- Сделать эскизы расточного резца.
- Измерить углы резца.
- Произвести расчёты углов.
- Выполнить настройку станка для заточки резца.
- Представить отчёт преподавателю.

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение плоскости резания.
2. Что такое основная плоскость?
3. Какой угол называется передним?
4. Какой угол называется главным задним?
5. Перечислите углы, необходимые для заточки резца.
6. Как проходят главная и вспомогательная секущие плоскости?
7. Для чего нужно знание углов в плоскостях продольного и поперечного наклона?
8. Назовите типы расточных резцов.
9. На какие углы необходимо повернуть расточной резец для заточки передней поверхности?

10. Как осуществляют формообразование главной задней поверхности резца?
11. Как готовят формообразование вспомогательной задней поверхности расточного резца?
12. Какие движения предусмотрены в заточном станке 3А64D?
13. Какой выбрать круг для заточки быстрорежущего резца?
14. Назовите характеристики круга для заточки твёрдосплавного инструмента.
15. Как используют расточные державочные резцы?
16. Какова точность регулирования на размер расточных державочных резцов?
17. Как изменяются углы в плане при наклонном закреплении расточного державочного резца?
18. Какой квалитет точности обеспечивают расточные инструменты?
19. Когда угол λ считается положительным?
20. Назовите элементы режима резания при растачивании.
21. Каковы примерные параметры режима заточки инструментов?
22. Как проходят плоскости продольного и поперечного наклона?
23. Что такое угол резания?
24. Где расположен главный угол в плане?
25. Укажите зависимости между углами в разных секущих плоскостях.

Лабораторная работа №3

ОБМЕР И ЭСКИЗИРОВАНИЕ КОНЦЕВОЙ ФРЕЗЫ

ВВЕДЕНИЕ

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.

Цель работы:

- изучение конструкций и геометрии фрез;
- ознакомление с конструкцией фрезерного станка;
- определение параметров режима резания;
- подготовка и проведение операции фрезерования поверхности детали на станке.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Обмер и эскизирование концевых фрез.
2. Подготовка ответов на контрольные вопросы.
3. Отчет по лабораторной работе.

1. 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.

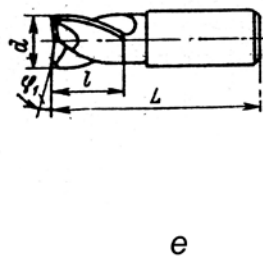
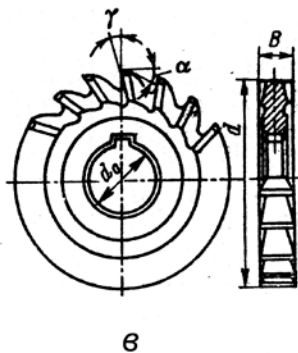
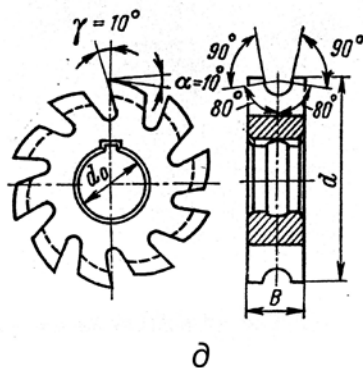
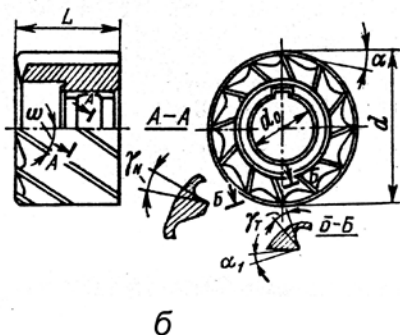
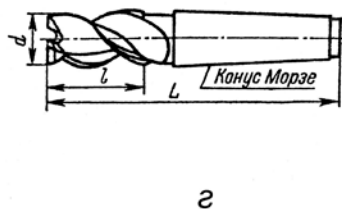
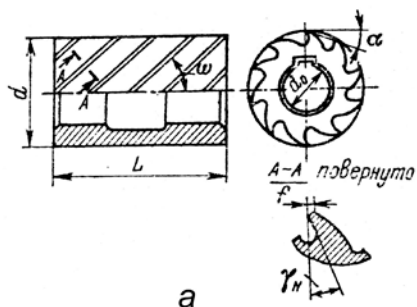


Рис. 1. Некоторые виды конструкций фрез:

а – цилиндрическая; б – торцовая; в – дисковая; з – концевая;
 д – фасонная; е – шпоночная

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. 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.

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.

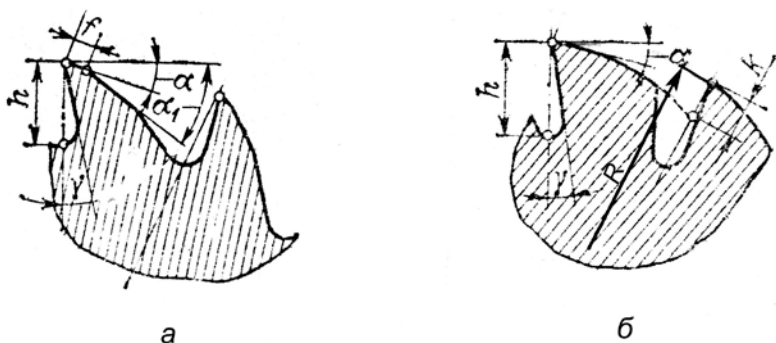


Рис. 2. Формы профилей зубьев:

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

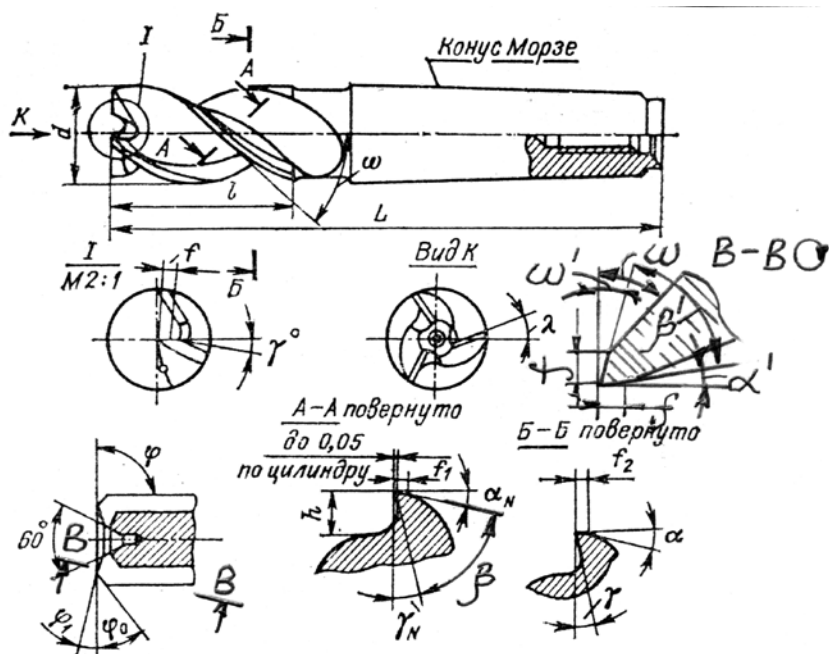


Рис. 3. Конструкция концевой фрезы

На рис. 3 приведены элементы конструкции 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 — γ_N , задний угол — α , угол спирали зуба — ω , вспомогательные углы в плане — φ_0 и φ_1 , угол наклона режущей кромки на торце фрезы — λ . 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.

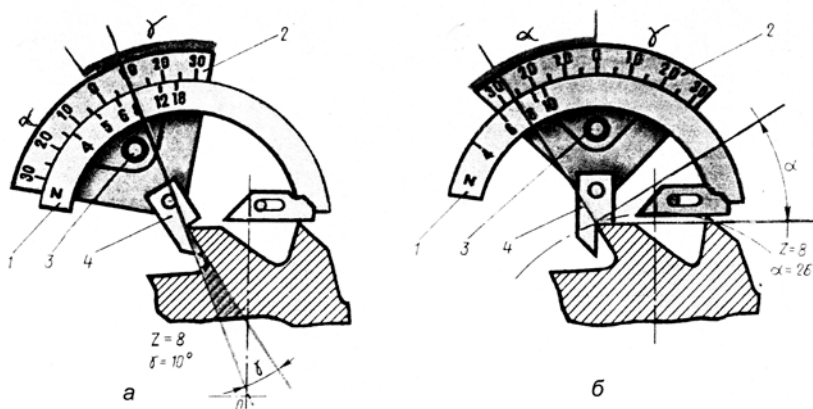


Рис. 4. Схемы измерения переднего γ и заднего α углов фрезы:
1 – сектор z ; 2 – сектор γ и α ; 3 – ось; 4 – измеряющий нож

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 z 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 .

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

$$P_s = \pi D / z \cdot \tan \omega.$$

В качестве инструментальных материалов для фрез используют быстрорежущие стали Р6М5, Р9К5, Р9Ф5, Р18, Р9, Р6М5К5, Р9М4К8, твердые сплавы ВК8, ВК10-ОМ, Т5К10, Т15К6 и другие. Для корпусов и хвостовиков фрез применяют стали 45, 40Х.

2. СХЕМЫ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ

Наиболее распространенными поверхностями деталей, обрабатываемыми в процессе фрезерования, являются плоские поверхности, уступы, канавки, пазы, прорезы, фасонные профили. Некоторые схемы фрезерования приведены на рис. 5.

Фрезерование плоских поверхностей наиболее часто выполняют цилиндрическими или торцовыми фрезами (рис. 5, а, б). Пазы, уступы, канавки обрабатывают дисковыми или концевыми фрезами (рис. 5, в, г). Фасонные профили деталей изготавливают фасонными фрезами на универсальных фрезерных станках (рис. 5, д).

На рис. 5, е приведена схема обработки паза шпоночной фрезой.

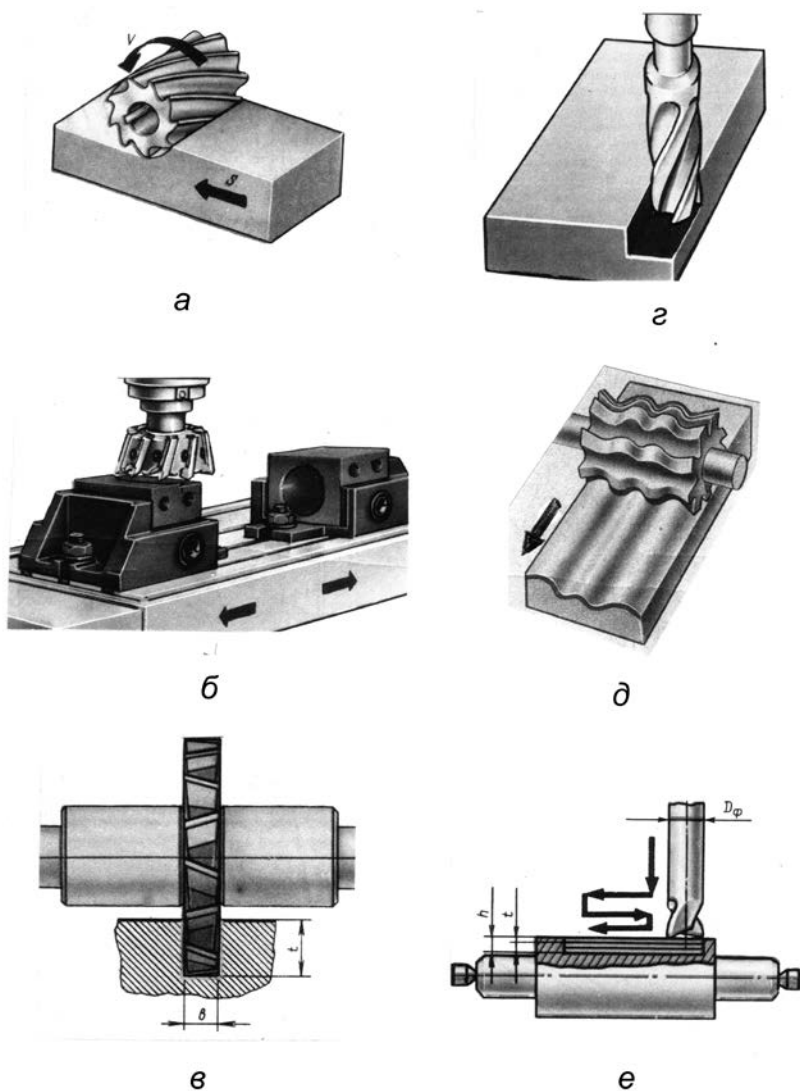


Рис. 5. Обработка типовых поверхностей разными видами фрез:
 а – цилиндрической; б – торцевой; в – дисковой;
 г – концевой; д – фасонной; е – шпоночной

Приведенные на рис. 5 буквы означают: v – скорость резания; S – движение подачи; t – глубина резания; B – ширина фрезерования; D – диаметр фрезы; h – глубина шпоночного паза.

Различают два метода фрезерования:

- попутное (по подаче) (рис. 6, а);
- встречное (против подачи) (рис. 6, б).

При попутном фрезеровании направление вращения фрезы в зоне контакта с заготовкой совпадает с направлением ее подачи, а при встречном – противоположное.

При попутном фрезеровании резание начинается с максимальной толщины среза, что уменьшает влияние наклепа поверхности резания на износ зубьев фрезы. Этим объясняется увеличением стойкости фрезы при попутном фрезеровании жаропрочных и титановых сплавов, склонных к получению наклепа. Также благоприятно и то, что фреза прижимает заготовку к столу станка. Однако следует иметь в виду, что фреза может потянуть заготовку вместе со столом станка в направлении подачи, выбирая при этом зазор в передаче ходовой винт-гайка механизма подачи фрезерного станка. С целью устранения люфта в передаче ходовой винт-гайка на ходовом винту фрезерного станка могут устанавливаться две гайки, регулировкой положения которых относительно друг друга можно устранить указанный выше люфт.

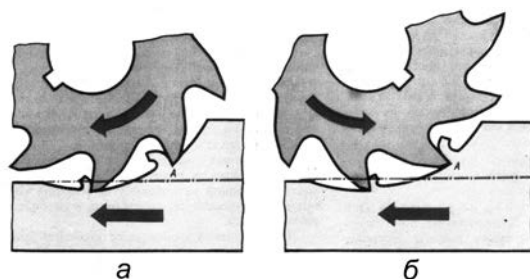


Рис. 6. Два метода фрезерования:
а – попутное; б – встречное

При встречном фрезеровании подхвата фрезой заготовки быть не может, так как в этом случае горизонтальная составляющая силы резания всегда направлена против подачи стола.

3. ПАРАМЕТРЫ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Глубина резания t представляет собою расстояние между обрабатываемой 1 и уже обработанной 2 поверхностями, т.е. припуск на сторону (рис. 7).

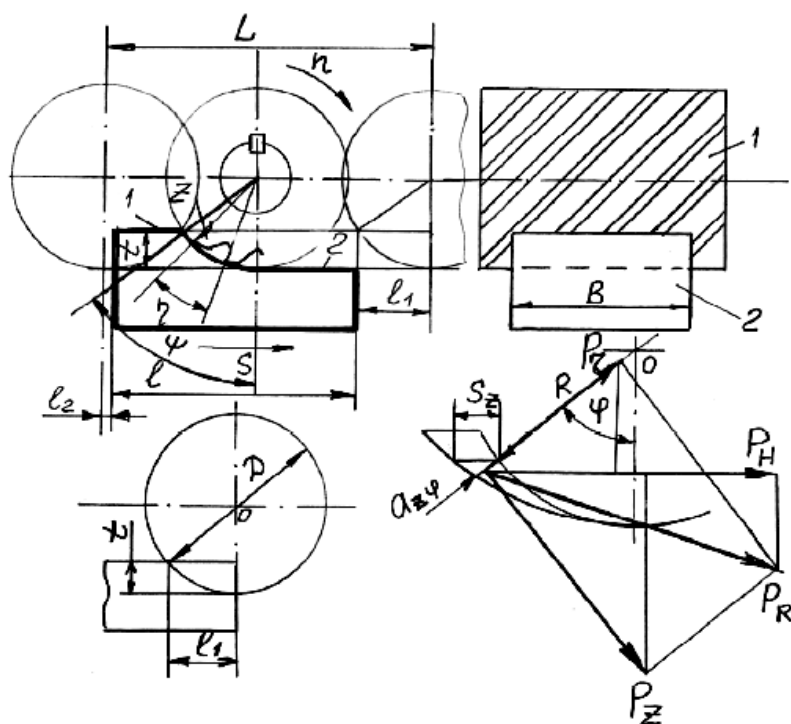


Рис. 7. Элементы режима резания при фрезеровании

Величину t принимают максимально допустимой, стараясь снять весь припуск за один проход. Ограничением здесь может быть недостаточная жесткость или прочность фрезы, оправки, заготовки, приспособления, мощность электродвигателя станка. Во всех видах фрезерования, за исключением торцового, глубина фрезерования t определяет продолжительность контакта зуба фрезы с заготовкой и измеряется в направлении, перпендикулярном оси фрезы (рис. 8).

Ширина фрезерования B определяет длину лезвия зуба фрезы, участвующего в резании. Ширину фрезерования B измеряют в направлении параллельном оси фрезы. При торцовом фрезеровании эти понятия меняются местами (рис. 8). Ширина фрезерования B определяет один из элементов сечения среза. Другим является толщина среза $\alpha_{z\varphi}$, которая измеряется в направлении радиуса фрезы к поверхности резания. Сечение среза $F_{z\varphi} = B \cdot \alpha_{z\varphi}$ (рис. 7).

Подача на зуб S_z есть величина перемещения стола фрезерного станка за время поворота фрезы на центральный угол между зубьями η (рис. 7), который находят по формуле $\eta = 360^\circ/z$. Величина S_z зависит от многих факторов (инструментальный и обрабатываемый материалы, диаметр фрезы, глубина и ширина фрезерования, жесткость системы станок - приспособление - инструмент - деталь) и определяется по нормативам режимов резания при фрезеровании. При этом все обрабатываемые материалы классифицируют в несколько определенных групп, выделяют виды фрезерования и материал режущей части фрезы – быстрорежущая сталь или твердый сплав. Далее производят расчет подачи по формулам [7, 15]

$$S_z = \frac{C_s \cdot D^\mu \cdot K_s}{t^p \cdot B^w} \quad \text{или} \quad S_z = S_{zT} \cdot K_s$$

в зависимости от приведенных в нормативах данных, где

C_s – коэффициент пропорциональности;

D – диаметр фрезы;

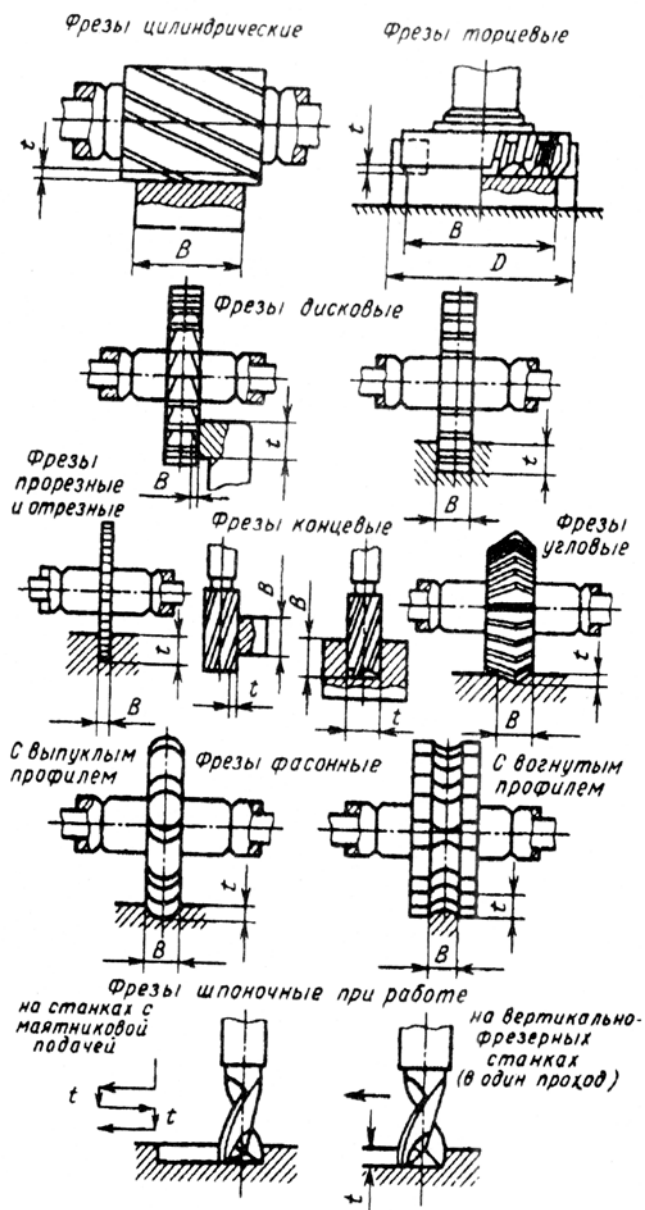


Рис. 8. Определение ширины B и глубины t резания при различных видах фрезерования

K_s – коэффициент, учитывающий дополнительные условия на обработку;

t – глубина фрезерования;

B – ширина фрезерования;

S_{zT} – табличное значение подачи;

μ , p , w – показатели степеней.

Конкретные значения коэффициентов и показателей степеней определяют по таблицам нормативов режимов резания [1].

Скорость резания при фрезеровании может быть определена по формулам [1]

$$v = v_T \cdot K_v \quad \text{или} \quad v = \frac{C_v D^q}{T^m \cdot B^r \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot z^u}$$

в зависимости от приведенных нормативных данных различных видов фрезерования, инструментальных и обрабатываемых материалов [1]. В этих формулах введены дополнительные обозначения:

v_T – табличное значение скорости резания;

K_v – поправочный коэффициент на измененные условия резания;

C_v – коэффициент пропорциональности;

T – стойкость фрезы (мин);

q , m , r , x , y , u – показатели степеней.

В таблицах нормативов могут также быть указаны непосредственные значения скорости резания для конкретных значений параметров режима фрезерования.

Фактическая линейная скорость вращения фрезы, m/min , определяемая по формуле

$$v_\phi = \frac{\pi D n}{1000},$$

не должна превышать скорость резания, найденную по нормативам:

$$v_\phi \leq v.$$

Отсюда находим допустимую частоту вращения фрезы

$$n \leq \frac{1000\nu}{\pi D}.$$

Рассчитанное значение n сравнивают с паспортными данными станка и принимают ближайшее меньшее число оборотов шпинделя:

$$n_{cm} \leq n.$$

Находят минутную подачу

$$S_M = S_z \cdot z \cdot n_{cm}$$

и принимают ее ближайшее меньшее значение по паспорту станка

$$S_{Mcm} \leq S_M.$$

Определяют действительные значения параметров режима резания:

$$N_{td} = n_{cm}; \nu_d = \pi D \cdot n_d / 1000; S_{Md} = S_{Mcm}; S_{zd} = S_{Md} / n_d \cdot z.$$

Толщина среза $a_{z\varphi}$ определяется по формуле (рис.7)

$$\alpha_{z\varphi} = S_z \cdot \sin \varphi,$$

где φ – текущее значение угла положения зуба фрезы на поверхности резания.

Толщина среза при фрезеровании – величина переменная и изменяется (при встречном фрезеровании) от нуля до некоторого максимального значения, соответствующего положению зуба на угле контакта ψ , определяемого радиусами фрезы, направленными в точку входа и выхода зуба из контакта с заготовкой. Величина угла контакта рассчитывается по формуле $\psi = 2 \arcsin \left(\frac{t}{D} \right)^{0,5}$.

При попутном фрезеровании толщина среза изменяется наоборот, т.е. от максимального своего значения до нуля.

Число одновременно работающих зубьев цилиндрической и концевой фрез

$$z_0 = \frac{\psi}{\eta} + \frac{B}{P_s}.$$

Машинное время обработки (рис.7)

$$T_M = \frac{L \cdot i}{S_{M\delta}} + \frac{L(i-1)}{S_{M\delta}},$$

где $L = l + l_1 + l_2$ – общая длина перемещения стола;

l – длина обрабатываемой поверхности;

l_1 – длина врезания, $l_1 = \sqrt{t(D-t)}$;

$l_2 = 2 - 2,5$ (мм) – длина перебега;

i – число проходов;

$S_{M\delta}$ – быстрая установочная подача.

4. УСТАНОВКА ФРЕЗ И ЗАГОТОВОК НА СТАНКЕ

Фрезы устанавливают на оправках, которые затем вставляют в коническое отверстие шпинделя и затягивают шомполом 7 (рис. 9), проходящим внутри полого шпинделя. Так создается момент трения, противодействующий моменту резания.

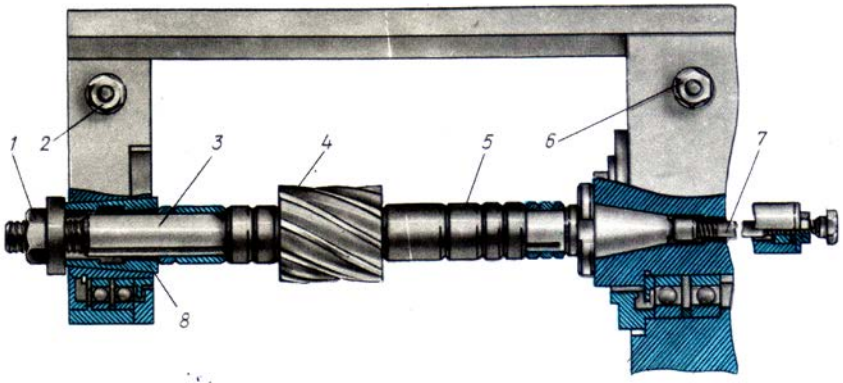


Рис. 9. Схема установки цилиндрической фрезы на горизонтально-фрезерном станке: 1, 2, 6 – гайки; 3 – оправка; 4 – фреза; 5 – кольца; 7 – шомпол

Надежность закрепления обеспечивается установкой дополнительных торцевых шпонок. Другой конец оправки может быть консольным или иметь вторую опору в серьге, устанавливаемой на хоботе (балке) станка. На оправку 3 устанавливают кольца 5, фрезу 4, конусную втулку 8 под серьгу и все затягивается гайкой 1. Серьга и хобот стопорятся гайками 2 и 6.

На станке 6Т82Г-1 имеется специальное устройство для электромеханического зажима инструмента.

После закрепления оправки с фрезой в шпинделе станка проверяют биение зубьев фрезы с помощью магнитной стойки с индикатором. Для этого медленно вращают шпиндель, предварительно отсоединив его от коробки скоростей, снимая показания индикатора. Ножка индикатора должна быть направлена по радиусу фрезы и упираться в заднюю поверхность зуба с небольшим натягом. Биение зубьев фрезы не должно превышать 0,05 мм.

Для закрепления заготовок на фрезерных станках применяют машинные тиски, угловые плиты, прихваты и пр.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные виды фрез и их параметры.
2. Назовите формы профилей зубьев фрез.
3. Укажите типовые поверхности деталей, обрабатываемые фрезерованием.
4. В чем заключается различие двух методов фрезерования?
5. Назовите параметры режима фрезерования и формулы для их расчета.
6. Приведите схемы установки и закрепления фрез на станке.
7. Перечислите способы закрепления заготовок.
8. Как проверяют биение зубьев фрезы?
9. Как производят выверку установки заготовки?

10. Перечислите углы заточки концевых фрез.
11. Как производится измерение переднего и заднего углов концевой фрезы?
12. Что такое угол контакта?
13. Как определить число одновременно работающих зубьев?
14. Как определить мощность резания при фрезеровании?
15. Как определить толщину среза?
16. Что такое затылование фрез?
17. Какие факторы влияют на величину подачи на зуб?
18. Какие факторы влияют на шероховатость обработанной поверхности?
19. Как определяют машинное время обработки?
20. От каких параметров зависит коэффициент равномерности фрезерования?
21. Как уменьшить вибрации концевых фрез?
22. Как увеличивают прочность зуба концевой фрезы на торце?

Лабораторная работа №4

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ГЕОМЕТРИИ И КОНТРОЛЬ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ

Цель работы:

- Изучение конструкции и геометрии спиральных сверл.
- Контроль геометрических параметров сверл и ознакомление с применяемыми средствами измерений.
- Выполнение эскизов сверл в соответствии с правилами ЕСКД и стандартов на сверла.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ СВЕРЛЕНИЯ И КОНСТРУКЦИИ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ

1.1. НАЗНАЧЕНИЕ СВЕРЛ.

КИНЕМАТИКА ПРОЦЕССА СВЕРЛЕНИЯ

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 $R_z = 32...80$ мкм [2, 3, 6]. Свёрла с пластинами из твердых сплавов, работающие на более высоких скоростях резания, обеспечивают обработку отверстий с точностью по 8–11 квалитетам и шероховатостью поверхности $R_z = 20...40$ мкм [2, 3].

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.

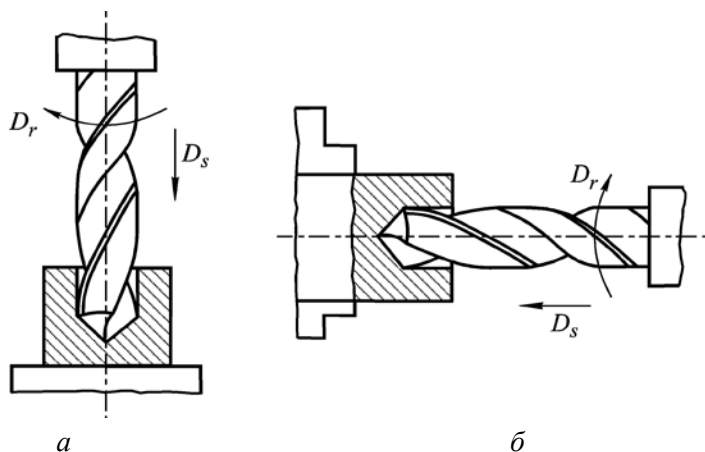


Рис. 1. Схемы обработки отверстий на сверлильных (а) и токарных (б) станках

1.2. ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ

Наибольшее распространение при обработке отверстий глубиной до $(5...10)d$ получили спиральные или винтовые сверла (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 .

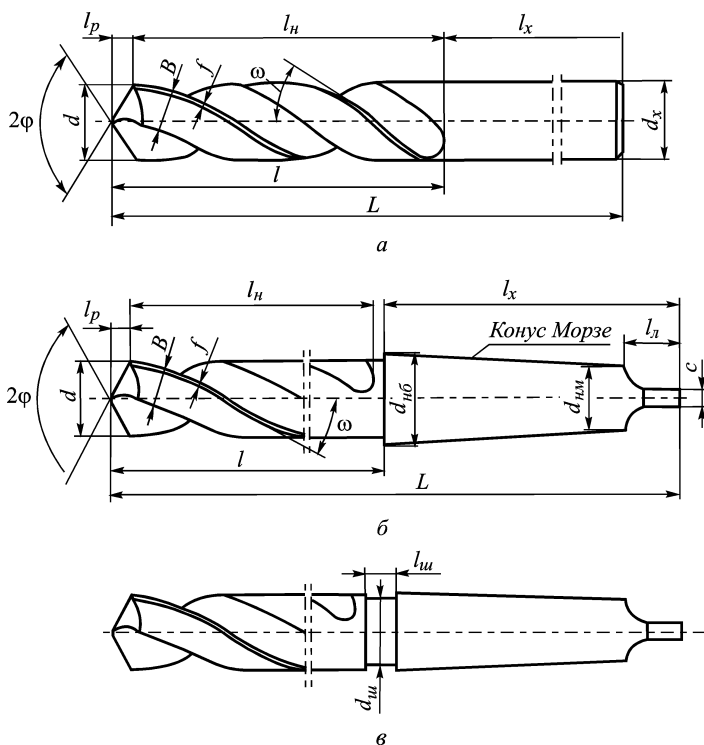


Рис. 2. Конструкции цельных спиральных сверл:
 а – с цилиндрическим хвостовиком; б – с коническим хвостовиком;
 в – с коническим хвостовиком и шейкой

Спиральные сверла изготавливают либо цельными из быстрорежущих сталей Р6МЗ, Р6М5, Р12, Р9К5, Р9Ф5К5, Р18 и др., либо составными, оснащенными пластинками или коронками из твердых сплавов ВК8, ВК10-М, ВК15-М и др. Сверла малых диаметров могут изготавливаться также из пластифицированных твёрдых сплавов. Для экономии инструментальных материалов сверла часто выполняют сварными: рабочую часть изготавливают из быстрорежущей стали или твердого сплава, а хвостовую – из сталей 45, 40Х, 9ХС, Р6М5 (только у твердосплавных сверл).

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), удлинённые (ГОСТ 2092–77) и длинные (ГОСТ 12121–77).

Режущая часть спирального сверла (рис. 3, *a*) выполнена в виде усечённого конуса и имеет два режущих лезвия и соответственно две передние поверхности A_γ , две главные задние поверхности A_α и две вспомогательные задние поверхности A'_α .

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' .

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 $116...120^\circ$, коррозионно-стойких 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) $2\varphi = 118...140^\circ$ [6,

21]. 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: $2\varphi = 116^\circ$, $2\varphi_o = 70...90^\circ$, с шириной дополнительной заточки по уголкам $b = (0,1...0,2)d$ [21].

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 [2] 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).

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'_α . 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 па 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.

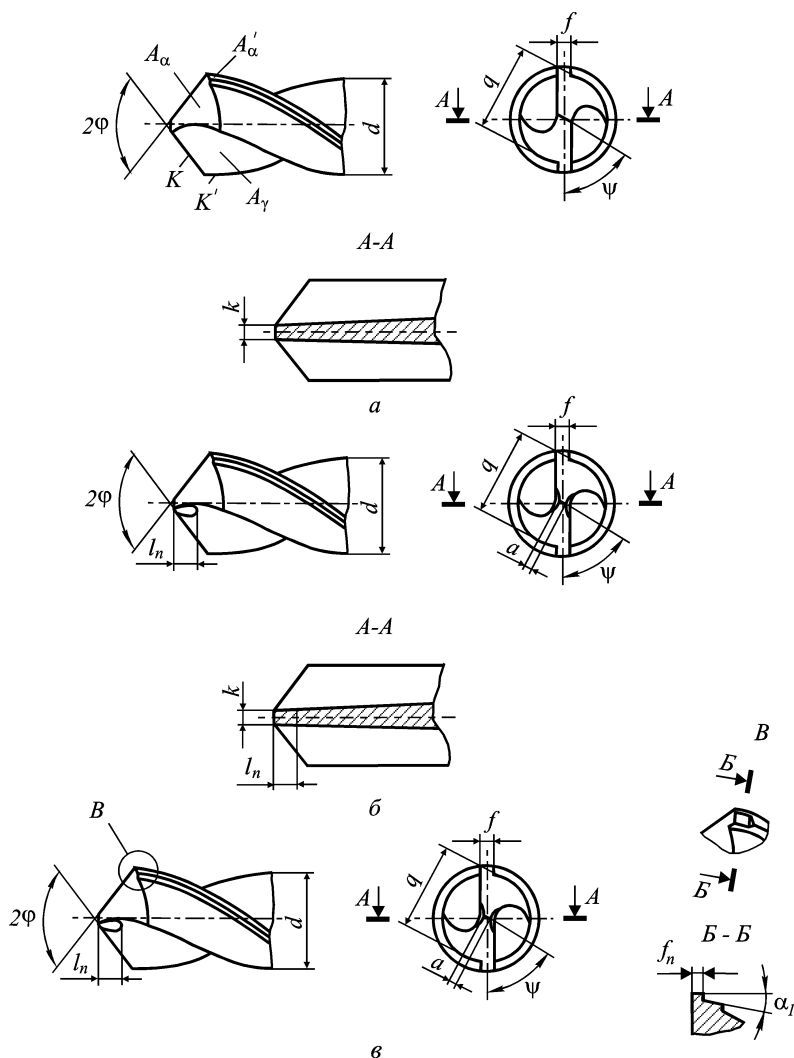


Рис. 3. Режущая часть сверла при нормальной заточке:

a – без подточек; b – с подточкой поперечной кромки (НП);

$в$ – с подточкой поперечной кромки и направляющей ленточки (НПЛ)

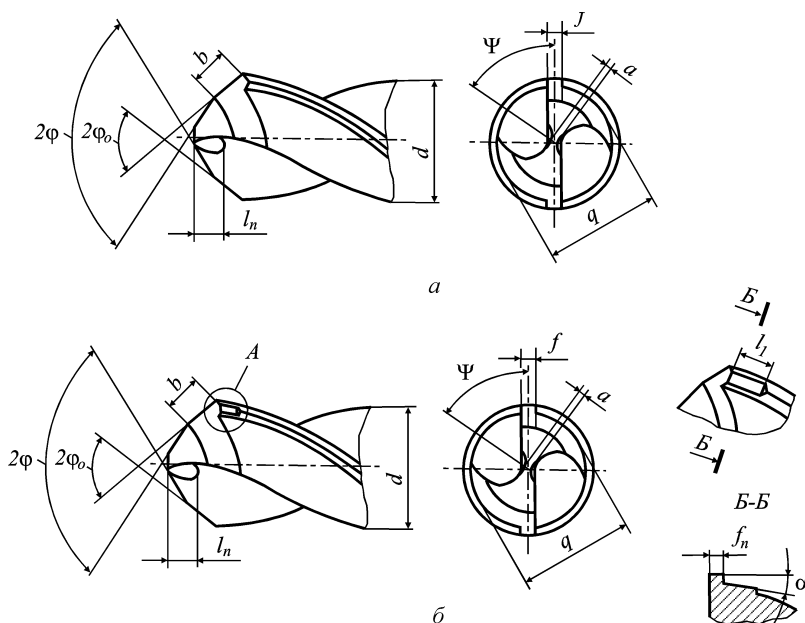


Рис. 4. Режущая часть сверла при двойной заточке:

a – с подточкой поперечной кромки (ДП); *б* – с подточкой поперечной кромки и направляющей ленточки (ДПЛ)

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

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

где $d_{\text{нач}}$ и $d_{\text{кон}}$ – 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 $\omega = 18 \dots 30^\circ$.

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 $55 \dots 65^\circ$. Сверла с такими углами получили название шнековых.

При известном шаге сверла P угол ω определяют по формуле [21]

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

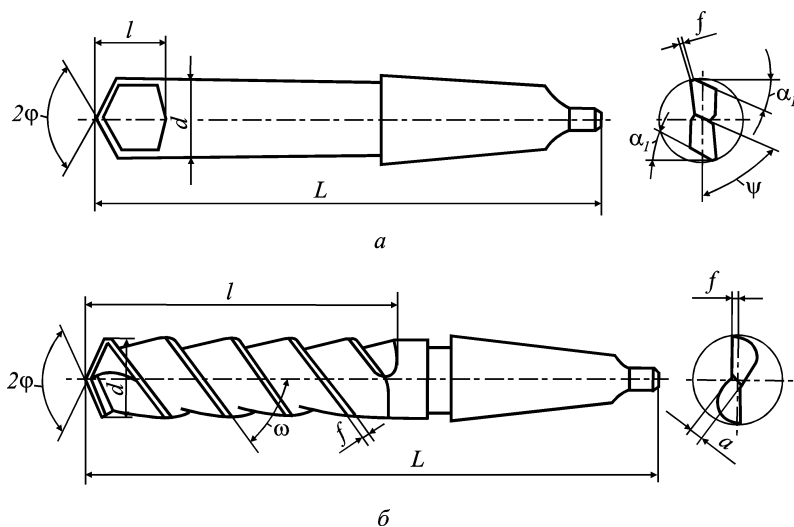


Рис. 5. Перовое (а) и шнековое (б) сверла

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.

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.

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

Между рабочей частью и коническим хвостовиком сверла довольно часто имеется переходная часть в виде шейки l_w (рис. 2, б), служащей для выхода абразивного круга при шлифовании направляющей части и конуса сверла. На ней маркируются диаметр сверла, материал режущей части и товарный знак завода-изготовителя.

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

1.3. 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_{π} 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_{π} 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 поверх-

ность 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 формуле¹ [21]

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

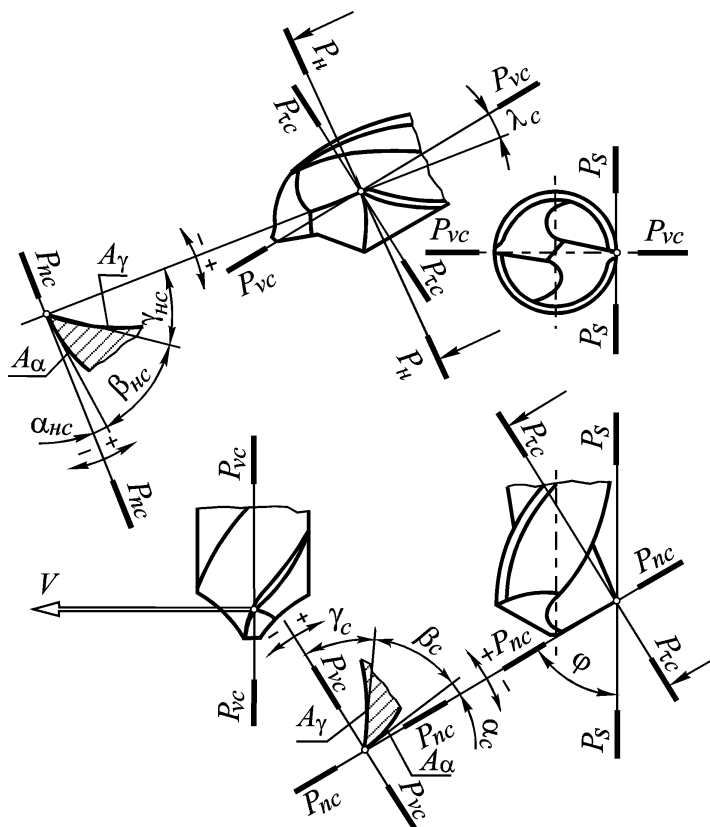


Рис. 6. Геометрия режущего лезвия сверла в статической системе координат

¹ Индекс «С» при передних и задних углах для удобства написания в данной и последующих формулах – опущен.

где d_i – диаметр окружности, на которой расположена рассматриваемая i точка 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 [21]

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

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

Нормальный задний угол определяется по формуле [22]

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

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.

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 значительнее, 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.

2. ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

2.1. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИИ СПИРАЛЬНОГО СВЕРЛА

Руководствуясь материалом, приведенным в предыдущем разделе, необходимо изучить конструкцию и геометрию одного спирального сверла с цилиндрическим или коническим хвостовиком, с одинарной или двойной заточкой режущей части, с подточенной или неподточенной поперечной кромкой.

В ходе изучения определяются диаметр и тип сверла, материал режущей части, устанавливаются конструктивные и геометрические параметры сверла и их числовые значения, полученные в результате измерений, а именно:

- номинальный диаметр сверла – d ;
- диаметры сверла в начале и в конце направляющей части – $d_{нач}$, $d_{кон}$;
- общая длина сверла – L ;
- длина рабочей части – l ;
- длина режущей части – l_p ;
- длина направляющей части – l_n ;
- длина хвостовика – l_x ;
- диаметр хвостовика, если он цилиндрический – d_x ;
- наибольший и наименьший диаметры конического

- хвостовика $d_{к.нб}$ и $d_{к.нм}$, номер конуса Морзе;
- длина лапки – l_d ;
 - толщина лапки – c ;
 - длина шейки – $l_{ш}$;
 - диаметр шейки – $d_{ш}$;
 - диаметр спинки – q ;
 - ширина пера – B ;
 - ширина направляющих ленточек – f ;
 - толщина сердцевины сверла – k ;
 - длина поперечной кромки без подточки – $l_{нк}$
и с подточкой – a ;
 - длина подточки – l_n ;
 - угол наклона поперечной кромки – ψ ;
 - угол при вершине сверла – 2φ ;
 - угол между переходными режущими кромками
при двойной заточке режущей части – $2\varphi_0$;
 - длина переходной режущей кромки – b ;
 - угол наклона винтовой канавки – ω ;
 - шаг винтовой канавки – P ;
 - обратная конусность Δd – (угол обратного конуса
на рабочей части сверла – φ_1);
 - передний угол сверла на периферии режущей кромки – γ_o ;
 - задний угол сверла на периферии режущей кромки – α_o .

2.2. ВЫПОЛНЕНИЕ ЭСКИЗОВ СВЕРЛА

Эскизы должны содержать общий вид сверла в двух проекциях и увеличенное изображение режущей части с сечениями нормальной секущей плоскостью $P_{нс}$ и осевой (рабочей) плоскостью P_s , каса-

тельной к цилиндрической поверхности, на которой лежит рассматриваемая точка режущей кромки (см. рис. 2 - 4 и 6).

На эскизах должны быть указаны: основные конструктивные и геометрические параметры сверла и материал, из которого изготовлена режущая часть сверла.

2.3. ИЗМЕРЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СВЕРЛА

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: $d, q, d_{ш}, d_x, d_{к.нб}, d_{к.нм}$ – измеряют с помощью штангенциркуля, а $d_{нач}$ и $d_{кон}$ с помощью микрометра.

Угловые размеры: $2\varphi, 2\varphi_0, \omega, \alpha_o$ (на периферии сверла), а также линейные размеры B, f, l_n можно измерить с помощью большого инструментального микроскопа БМИ.

Углы при вершине сверла $2\varphi, 2\varphi_0$ и ψ могут быть также измерены с помощью 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.

Перед измерением угловых размеров сверло 1 помещается на призмы 2, установленные на основании 3, в свою очередь закреплённом на столе микроскопа 4 (рис. 7). Перемещением стола в продольном и поперечном направлениях режущую часть сверла вводят в поле зрения окуляра микроскопа и добиваются резкого его изображения. После чего сверло поворачивают в призмах таким образом, чтобы режущие кромки сверла заняли положение, параллельное плоскости стола (см. рис. 7). Затем путем поворота и перемещения стола при нулевом отсчете по угловым шкалам совмещают горизонтальную визирную (штриховую) линию с боковой стороной направляющей части сверла, закрепляют стол микроскопа в данном угловом положении и приступают к измерению углов $\varphi, \varphi_0, \omega$.

Для измерения угла φ стол микроскопа вместе со сверлом перемещают так, чтобы перекрестие линий в поле зрения основного окуляра микроскопа совместились с изображением режущей кромки сверла (рис. 8, а). Затем горизонтальную визирную линию в поле зрения окуляра поворачивают до ее совмещения с режущей кромкой сверла (рис. 8, б) и снимают показания по угловым шкалам окулярной головки микроскопа.

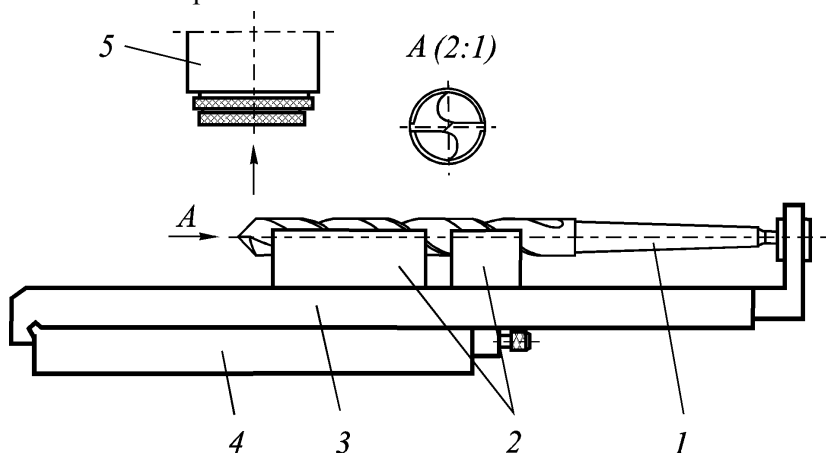


Рис. 7. Схема установки сверла перед измерением геометрии на большом инструментальном микроскопе БМИ:
1 – сверло; 2 – призмы; 3 – основание; 4 – стол микроскопа;
5 – тубус микроскопа

Величина этого показания будет соответствовать углу φ , удвоив значение которого, можно получить угол при вершине сверла 2φ . Аналогично измеряют углы φ_0 и $2\varphi_0$.

Для измерения угла наклона винтовой канавки ω совмещают перекрестие линий в поле зрения основного окуляра с винтовой кромкой ленточки в точке, проекция которой лежит на оси сверла (рис. 9, а), и поворачивают окулярную сетку так, чтобы горизонтальная визирная линия заняла положение касательной к винтовой линии (рис. 9, б). Отсчет по угловым шкалам даст величину ω .

Схема измерения угла 2φ с помощью универсального угломера УМ приведена на рис. 10. В связи с тем, что угол 2φ является тупым углом, угломер используется без угольника. Как видно из рис. 10, величина угла $2\varphi = 90^\circ + 25^\circ = 115^\circ$. При измерении угла $2\varphi_0$ на подвижную линейку угломера устанавливается угольник, так как величина угла $2\varphi_0$ меньше 90° .

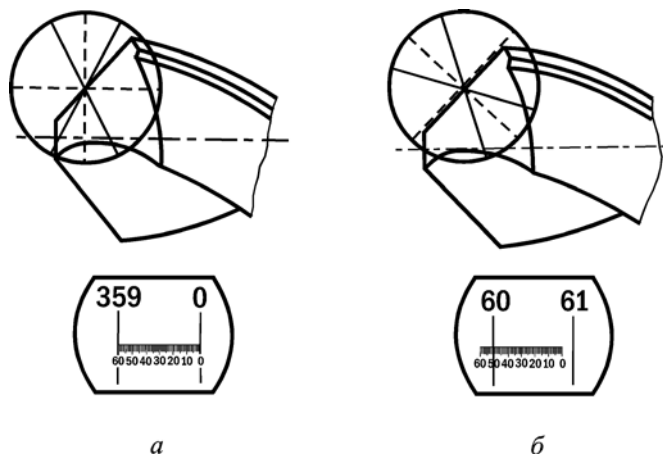


Рис. 8. Схема измерения главного угла в плане φ :

а – исходное положение; *б* – положение при измерении угла φ

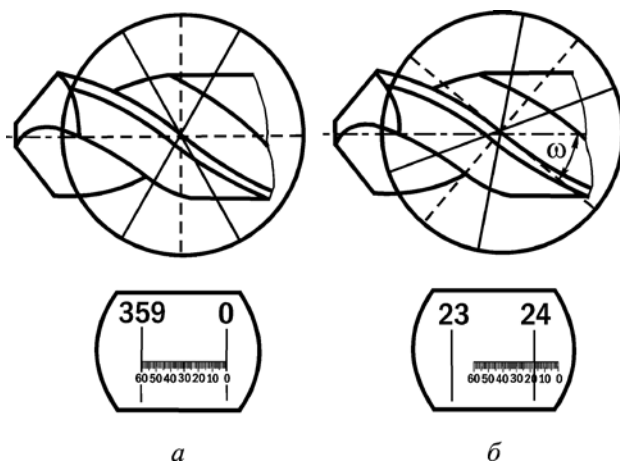


Рис. 9. Схема измерения угла наклона винтовой канавки ω :

а – исходное положение; *б* – положение при измерении угла ω

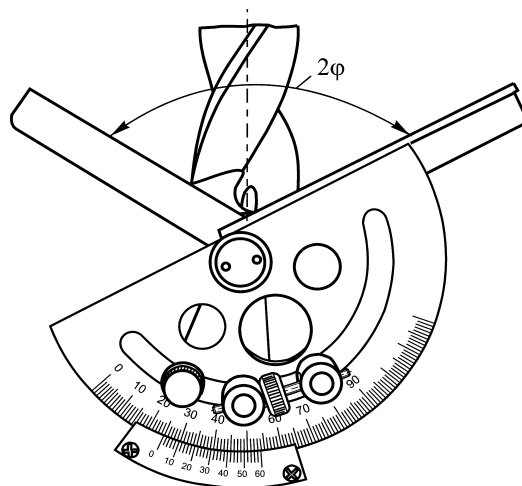


Рис. 10. Схема измерения угла 2φ при вершине сверла

Измерение угла наклона поперечной кромки ψ осуществляется при помощи универсального угломера УН. Схема измерения угла ψ приведена на рис. 11. Как видно из рис. 11, основная линейка устанавливается на главную режущую кромку, а съемная линейка совмещается с поперечной кромкой сверла. Показания угла ψ определяют по угловой шкале угломера. На рис. 11 величина угла $\psi = 50^\circ$.

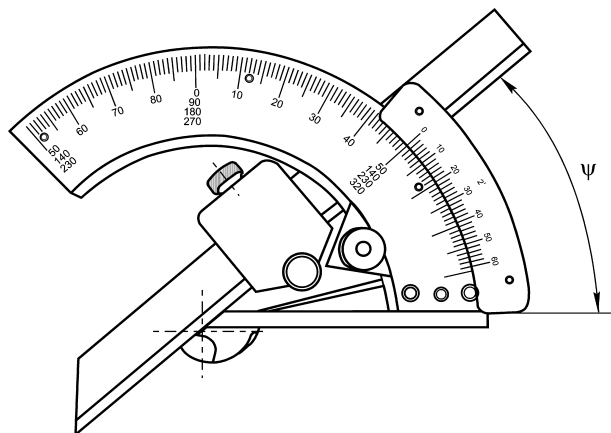


Рис. 11. Схема измерения угла наклона поперечной кромки ψ

Для измерения заднего угла сверла на периферии режущей кромки α_o сверло в призмах поворачивают вокруг своей оси на 90° по отношению к положению, представленному на рис. 7, т.е. таким образом, чтобы главная режущая кромка измеряемого лезвия располагалась в вертикальной плоскости (рис. 12). Затем, после настройки микроскопа на резкость, путем перемещения стола в продольном и поперечном направлениях перекрестие линий в поле зрения окуляра микроскопа устанавливают на периферийную точку режущей кромки сверла (рис. 12, а). При этом на угловых шкалах микроскопа должно быть нулевое значение. После чего вертикальную визирную линию путем поворота окулярной сетки устанавливают таким образом, чтобы она заняла положение касательной к главной задней поверхности сверла (рис. 12, б). По угловым шкалам производится отсчет величины угла α_o .

2.4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В процессе выполнения работы оформляется отчет. В отчете приводятся: эскизы сверла и его режущей части; таблица с замеренными значениями отдельных параметров сверла; результаты расчетов и схемы, поясняющие методику измерений. Бланк отчета приведен в приложении.

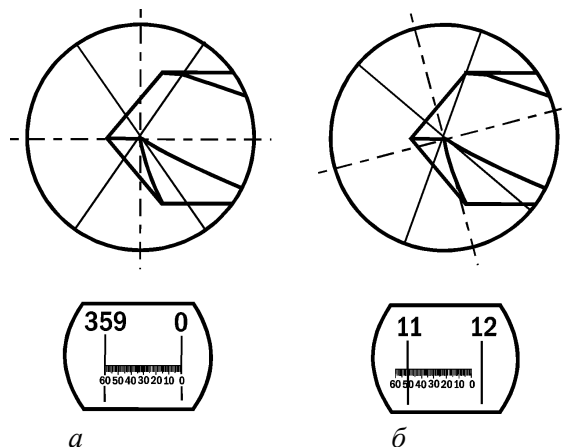


Рис. 12. Схема измерения заднего угла в осевой плоскости на периферии режущей кромки α_o

3. 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 , $2\varphi_o$?
14. Какие средства измерения используются для контроля углов ω и ψ , α_o ?

Лабораторная работа №5

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИИ ЗЕНКЕРОВ

Цель работы:

- Изучение конструкции и геометрии зенкеров.
- Измерение геометрических параметров зенкеров и ознакомление с применяемыми измерительными инструментами и приборами.
- Выполнение эскизов зенкеров в соответствии с требованиями ЕСКД и стандартов на зенкера.
- Рассмотрение процессов изготовления и заточки зенкеров.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ ЗЕНКЕРОВАНИЯ И КОНСТРУКЦИИ ЗЕНКЕРОВ

1.1. НАЗНАЧЕНИЕ ЗЕНКЕРОВ. КИНЕМАТИКА ПРОЦЕССА ЗЕНКЕРОВАНИЯ

Зенкеры – многолезвийный режущий инструмент, предназначенный для предварительной или окончательной обработки просверленных, штампованных или отлитых отверстий с допуском по 11 качеству, с шероховатостью $Ra = 4 \dots 8$ 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.

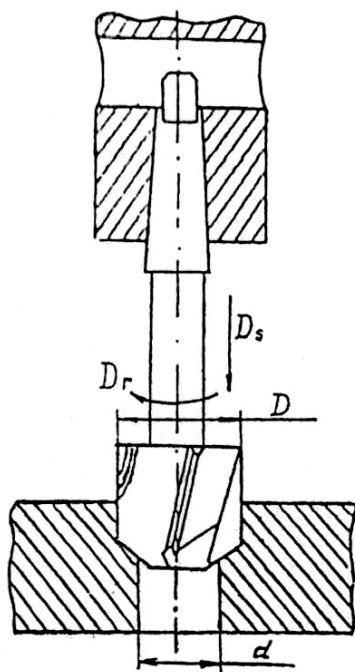


Рис. 1. Схема зенкерования, рабочие движения

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.

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.

1.2. ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЗЕНКЕРА

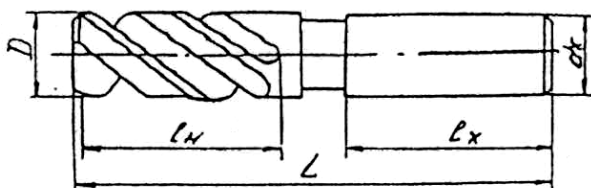
Зенкера изготавливают либо цельными из инструментальных, чаще всего быстрорежущих сталей, либо составными, оснащёнными пластинками или коронками из твёрдых сплавов.

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 часть l_p и направляющую – l_n .

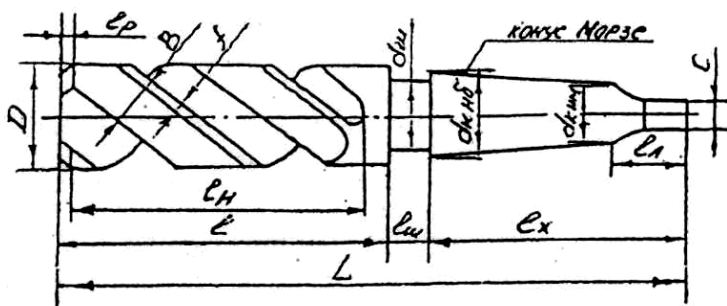
Зенкерование отверстий диаметром свыше 32 мм выполняют обычно насадными быстрорежущими зенкерами или с напайными пластинами из твёрдого сплава (рис. 3). Насадные зенкеры устанавливаются с помощью конических отверстий на специальных оправках (рис. 4), которые изготавливаются по ГОСТ 13044–85. Оправки 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.

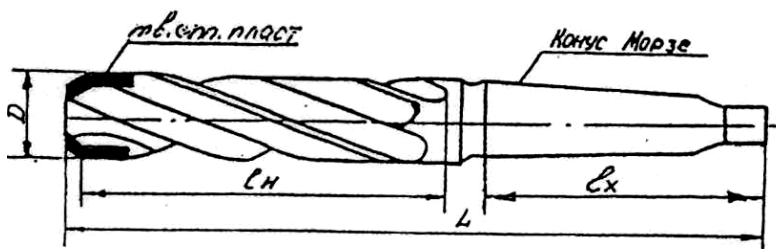
Передние поверхности представляют собой винтовые поверхности, плавно сопрягающиеся с поверхностями стружкоотводящих канавок.



а



б



в

Рис. 2. Конструкции цельных зенкеров:

а – с цилиндрическим хвостовиком;

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

в – с коническим хвостовиком, твёрдосплавный ГОСТ 3231–71

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 ($z = 3 \dots 4$).

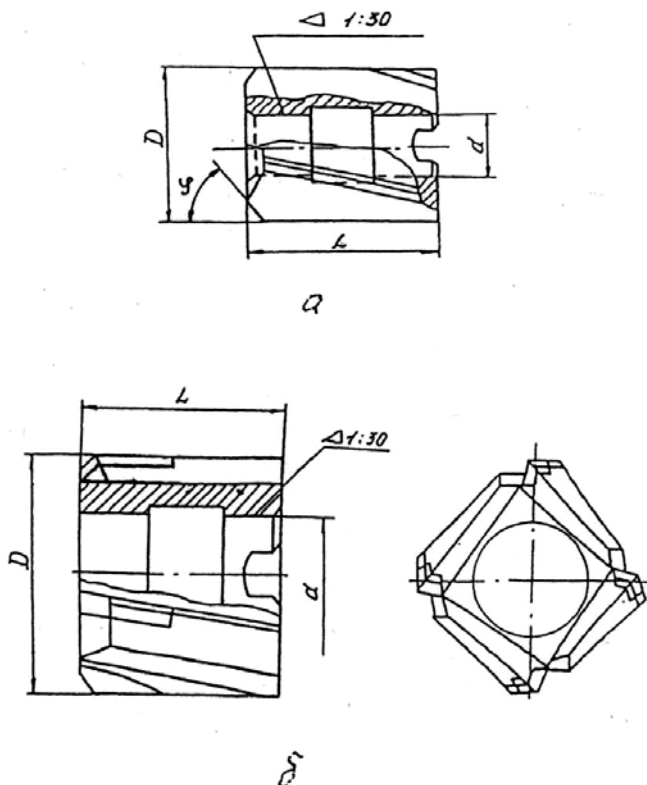


Рис. 3. Конструкции насадных зенкеров:

a – из быстрорежущей стали ГОСТ 5653–70;

b – оснащённый пластинами из твёрдого сплава ГОСТ 3231–71

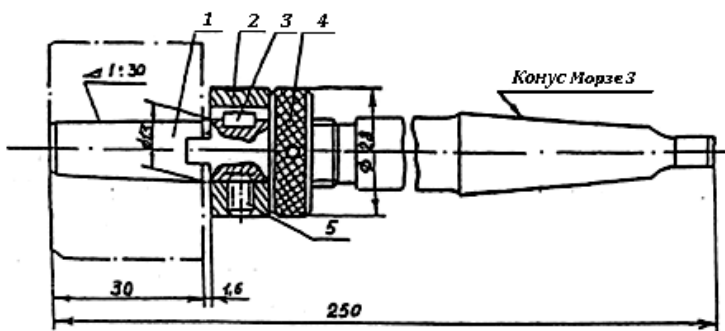


Рис. 4. Оправка:

1 – корпус; 2 – поводок; 3 – шпонка ГОСТ 23360-78;
4 – винт ГОСТ 1477-75

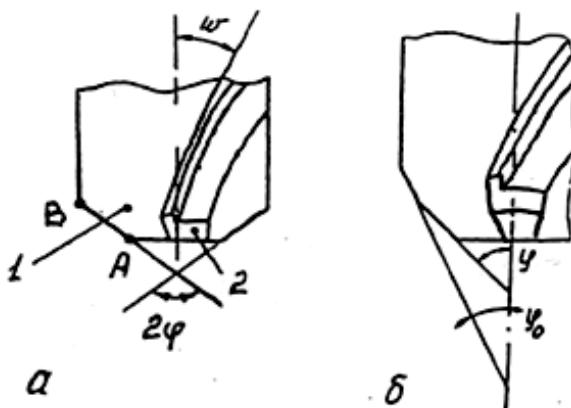


Рис. 5. Конструкция режущей части зенкера:

а – стандартного; б – с переходной дополнительной кромкой

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 φ 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_n (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.

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).

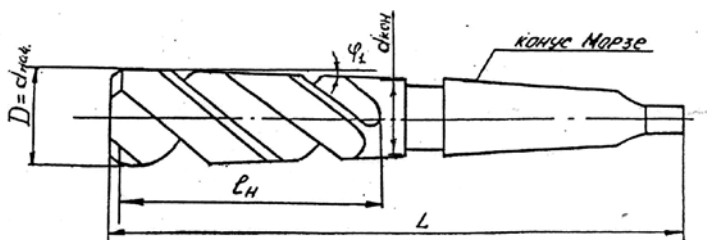


Рис. 6. Конструкция цельного зенкера с обратной конусностью

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 . 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 хрупких 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 $\omega = 15 \dots 30^\circ$ (см. рис. 5).

На рис. 7 приведены основные формы профилей поперечного сечения зенкеров. Профили a , z , δ имеют соотношения $d_0 = (0,35 \dots 0,5) \cdot D$; $B = (0,4 \dots 0,48) \cdot D$; $h = (0,02 \dots 0,04) \cdot D$. Они являются наиболее распространёнными, так как направляющие ленточки снижают вибрации. Такие профили не совсем технологичны, так как требуют раздельной 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 $D = 10 \dots 50$ мм. Профили $\bar{b}$, $\bar{e}$, $\bar{e}$ 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 сверлиль-

ных станках. В зависимости от диаметра зенкера могут изготавливаться с цилиндрическим или коническим хвостовиком (см. рис. 2).

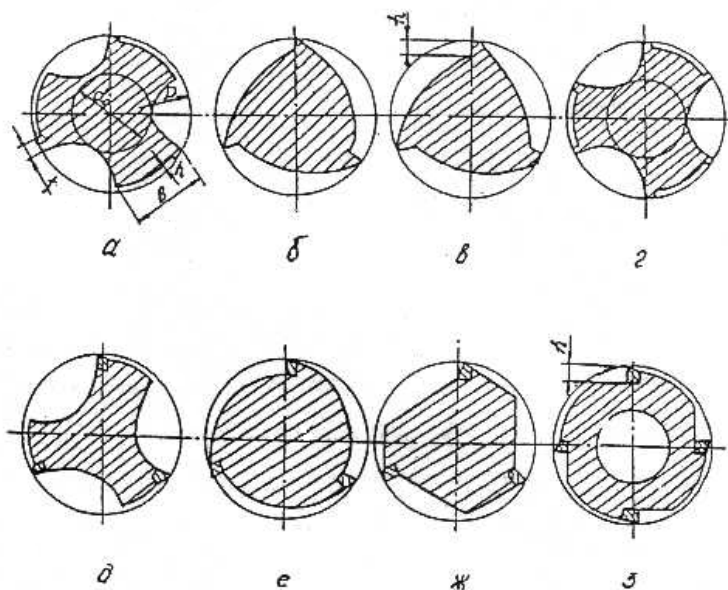


Рис. 7. Основные формы профилей поперечного сечения зенкеров

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 $l_{ш}$ 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.

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

1.3. ГЕОМЕТРИЯ РЕЖУЩИХ ЛЕЗВИЙ ЗЕНКЕРА

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 отсчёта величин этих углов, согласно стандарту, являются две координатные плоскости: основная – P_v и плоскость резания – P_n .

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_r .

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

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

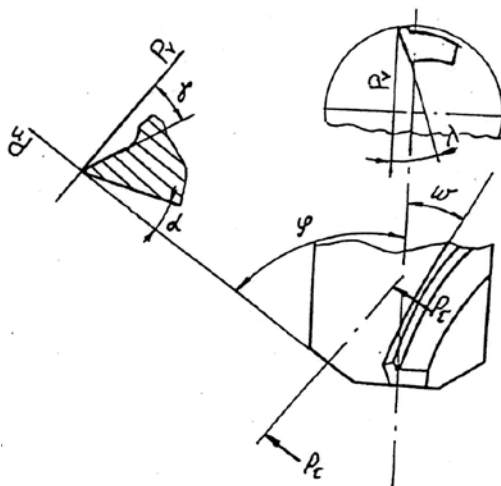


Рис. 8. Геометрия режущей части зенкера

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 $\alpha = (6...8) \pm 2^\circ$.

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.

2. ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

2.1. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИИ ЗЕНКЕРА

Руководствуясь материалом, приведенным в предыдущем разделе, и стандартами на зенкера, каждый студент изучает конструкцию и геометрию одного зенкера с цилиндрическим или коническим хвостовиком.

В ходе изучения определяются диаметр и тип зенкера, материал режущей части, устанавливаются конструктивные и геометрические параметры зенкера и их числовые значения, полученные в результате измерений и согласно стандарту, а именно:

- номинальный диаметр зенкера – D ;
- диаметр зенкера в начале и в конце направляющей части – $d_{нач}$ и $d_{кон}$;
- общая длина – L ;
- длина рабочей части – l ;
- длина режущей части – l_p ;
- длина направляющей части – l_n ;
- длина хвостовика – l_x ;
- диаметр хвостовика, если он цилиндрический – d_x ;
- наибольший и наименьший диаметры конического хвостовика – $d_{к.нб}$ и $d_{к.нм}$;
- номер конуса Морзе;
- длина лапки – l_l ;
- толщина лапки – c ;
- длина шейки – $l_{ш}$;
- диаметр шейки – $d_{ш}$;
- диаметр спинки – d_c ;
- ширина пера – B ;
- ширина направляющих ленточек – f ;
- толщина сердцевины зенкера – K ;

- угол при вершине зенкера – 2φ ;
- угол наклона винтовой канавки (угол спирали) – ω ;
- шаг винтовой канавки – H ;
- обратная конусность – $\Delta d/l$;
- угол обратного конуса на рабочей части зенкера – φ_1 ;
- передний угол зенкера – γ ;
- задний угол зенкера – α .

Составляются таблицы перечисленных параметров (бланк отчёта, приведенный в приложении) и в них заносятся результаты измерений, а также числовые значения параметров согласно стандартам или полученные расчётным путём.

2.2. ВЫПОЛНЕНИЕ ЭСКИЗОВ ЗЕНКЕРА

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.

2.3. ИЗМЕРЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗЕНКЕРА

Линейные размеры: L , l , l_p , l_n , l_x , l_d , $l_{ш}$, c , f , K , B – измеряются штангенциркулем и линейкой.

Диаметральные размеры: $d_{нач}$, $d_{кон}$, d_c , $d_{ш}$, d_x , $d_{к.нб}$, $d_{к.нм}$ – измеряются с помощью микрометра, штангенциркуля или инструментального микроскопа.

Угловые размеры: 2φ , $2\varphi_0$, ω , γ , α – можно измерить с помощью переоборудованного для этой цели инструментального микроскопа БМИ. Углы при вершине зенкера 2φ и $2\varphi_0$ могут быть также измерены с помощью универсального угломера, передний угол γ

может быть рассчитан (раздел 1.3), а угол наклона винтовой канавки ω измерен путём прокатывания зенкера по копировальной бумаге.

Измерение углов при вершине 2φ и $2\varphi_0$ производится на универсальном угломере. Он предназначен для измерения углов от 0 до 180° и состоит (рис. 9) из основания 2 с градусной шкалой, нониуса 1 с подвижной линейкой 5 и неподвижной линейки 8.

Нониус с подвижной линейкой может поворачиваться вокруг оси 4 основания 2 и закрепляться в определённом положении стопором 3. Прибор даёт значение угла с вычетом 90° . Отсчёт угла производится по градусной шкале против нуля нониуса.

При измерении угла при вершине $2\varphi(2\varphi_0) \leq 90^\circ$ на подвижную линейку 5 с помощью державки 6 крепится угольник 7. К сторонам измеряемого угла зенкера прикладываются угольник 7 и основание линейки 8. По шкале прибора против нуля нониуса отсчитывается значение угла (рис. 10). Если угол при вершине $2\varphi(2\varphi_0) \geq 90^\circ$, угольник 7 необходимо снять. Схема измерения остаётся неизменной, но к значению угла, взятому по прибору, необходимо добавить 90° .

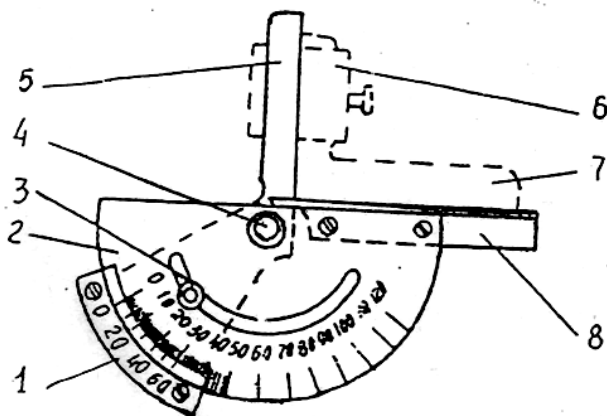


Рис. 9. Угломер с нониусом

Измерение угла наклона винтовых канавок ω и шага режущей спирали H можно определить путём прокатки зенкера через копировальную бумагу. При этом получаем развёртку винтовых линий зубьев инструмента в виде прямых линий, расположенных под углом ω к оси инструмента (рис. 11).

Шаг режущей спирали может быть определён по формуле

$$H = \frac{\pi D}{\operatorname{tg} \omega},$$

где D – номинальный диаметр зенкера; ω – угол наклона винтовых канавок.

Для измерения угловых параметров на инструментальном микроскопе зенкер закрепляется в специальной втулке (рис. 12), которая с помощью призмы устанавливается на столе микроскопа. Установочные втулки выбираются в зависимости от формы хвостовика (цилиндрический или конический) и от номера конуса Морзе, если хвостовик конический.

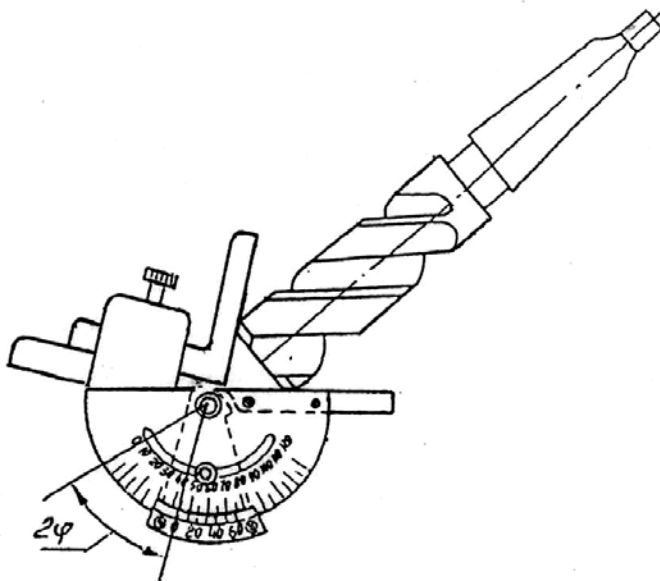


Рис. 10. Схема измерения угла при вершине 2φ

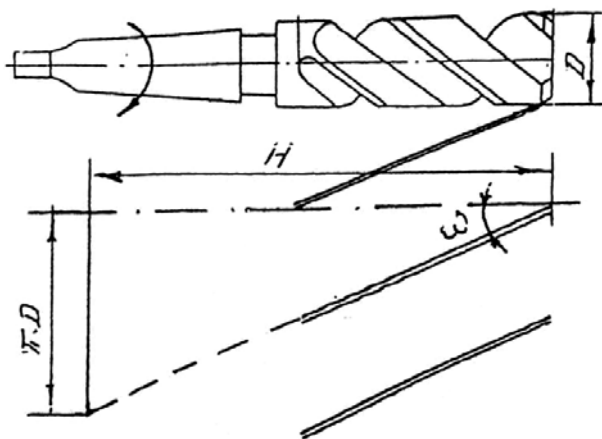


Рис. 11. Схема измерения угла наклона винтовых канавок ω

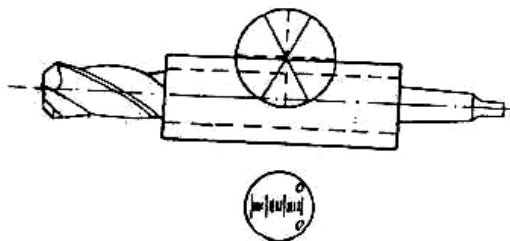


Рис. 12. Настройка микроскопа перед измерением углов

Перемещением стола в продольном или поперечном направлениях режущую часть зенкера вводят в поле зрения окуляра микроскопа и добиваются резкого её изображения. Установочную втулку поворачивают в призме так, чтобы одна из режущих кромок зенкера заняла положение, параллельное плоскости стола. Затем нуль градусной шкалы совмещают с нулём минутной шкалы, смотря при этом в окуляр угловых шкал микроскопа, а горизонтальную штриховую линию основного окуляра совмещают с изображением образующей оправки путём поворота стола микроскопа. После проведенных подготовительных операций приступают к измерению углов: φ , φ_0 , ω , γ и α .

Для измерения углов φ (φ_0) стол микроскопа вместе с зенкером перемещают так, чтобы перекрестие линий в поле зрения основного окуляра микроскопа совместились с изображением режущей кромки зенкера (рис. 13, *а*). Затем горизонтальную пунктирную линию в поле зрения окуляра поворачивают до её совмещения с режущей кромкой зенкера (рис. 13, *б*) и снимают показания по угловым шкалам окулярной головки микроскопа.

Величина этого показания будет соответствовать углу φ (φ_0), удвоив значение которого, можно получить угол при вершине 2φ ($2\varphi_0$).

Для измерения угла наклона винтовой канавки ω совмещают перекрестие линий в поле зрения основного окуляра с винтовой направляющей кромкой ленточки в точке, проекция которой лежит на оси зенкера (рис. 14, *а*), и поворачивают горизонтальную пунктирную линию так, чтобы она заняла положение касательной к винтовой линии (рис. 14, *б*). Отсчёт по угловым шкалам даст величину угла ω .

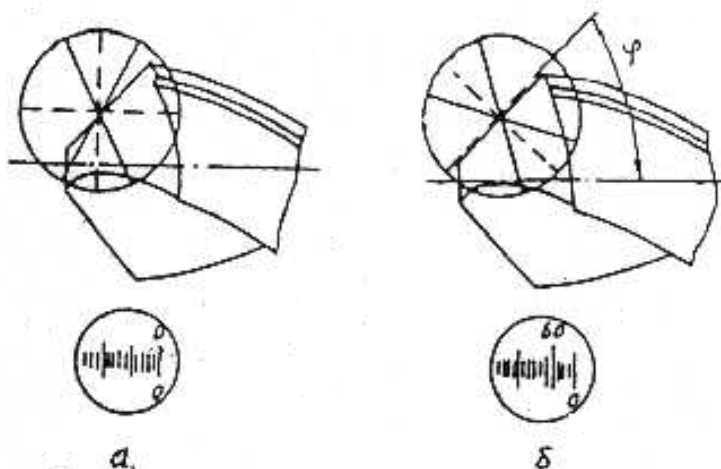


Рис. 13. Схема измерения угла φ .

а – исходное положение; *б* – при измерении угла

Передний угол γ измеряется в главной секущей плоскости P_r , нормальной к режущей кромке зенкера. Для этого стол микроскопа поворачивают на угол $\theta = 90^\circ - \varphi$ и вертикальную пунктирную линию в поле зрения основного окуляра (при нулевом отсчёте по угловым шкалам) совмещают с режущей кромкой зенкера. Измерительную лапку индикатора устанавливают так, чтобы она коснулась режущей кромки зенкера в точке, расположенной как можно ближе к режущему лезвию (рис. 15).

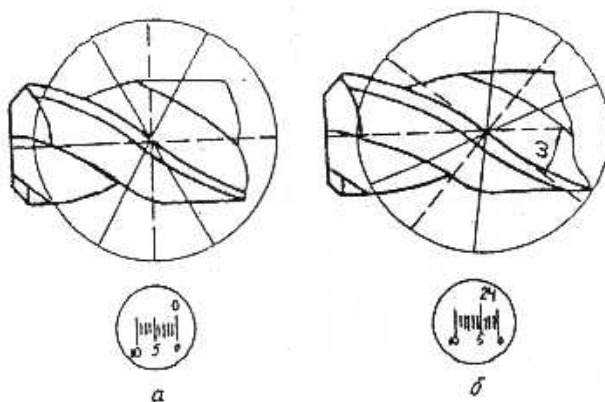


Рис. 14. Схема измерения угла ω :
 a – исходное положение; b – при измерении угла

Шкалу индикатора для удобства отсчёта устанавливают на нуль и с помощью микрометрического винта продольного хода стола микроскопа перемещают в продольном направлении на 1...2 мм (рис. 15). Величину перемещения Δ определяют по шкале микрометрического винта микроскопа с одновременным снятием показаний индикатора h_γ . По результатам измерений рассчитывают передний угол $\gamma = \arctg(h_\gamma / \Delta)$.

Задний угол α измеряется в плоскости P_s , параллельной оси зенкера и касательной к цилиндрической поверхности, на которой

лежит рассматриваемая точка режущей кромки. Для этого зенкер устанавливают в положение, показанное на рис. 16. Измерительную лапку индикатора устанавливают так, чтобы она коснулась режущей кромки в точке, несколько удалённой от вершины режущего лезвия.

При этом шкалу индикатора для удобства отсчёта устанавливают на нуль. Отметив показание по угловой шкале на поверхности стола микроскопа, стол поворачивают вместе с зенкером на угол $\rho = 5 \dots 20^\circ$ и одновременно снимают показания индикатора h_α (рис. 16).

Затем, подсчитывая длину дуги поворота зенкера для данного диаметра по формуле $s = \pi d_i \cdot \rho / 360^\circ$, где d_i – диаметр окружности, на котором расположена рассматриваемая точка режущей кромки зенкера ($d_i \approx D$), определяют задний угол $\alpha = \arctg(h_\alpha / s)$.

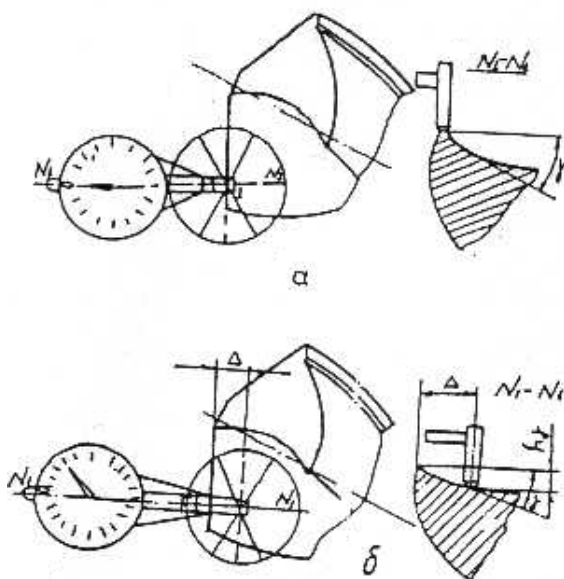


Рис. 15. Схема измерения переднего угла γ
 а – исходное положение; б – при измерении величины Δ и h_γ

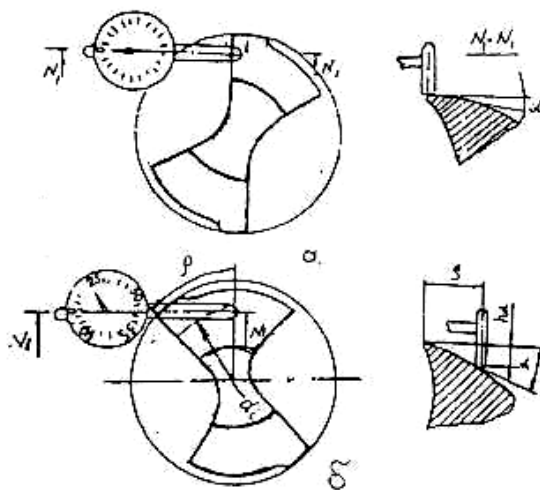


Рис. 16. Схема измерения заднего угла α :
 а – исходное положение; б – при измерении ρ и h_α

2.4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

После выполнения работы оформляется отчёт. В отчёте приводятся эскизы зенкера и его режущей; таблицы с замеренными и стандартными значениями отдельных параметров зенкера; результаты расчётов и схемы, поясняющие методику измерений. Образец отчёта приведён в приложении.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МАРШРУТ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗЕНКЕРОВ

Для изготовления зенкера с коническим хвостовиком рекомендуется следующая последовательность основных технологических операций:

- получение заготовки по типовой технологической схеме для сварных изделий;
- точение рабочей части и хвостовика;
- подрезание торца со стороны лапки;
- шлифование конического хвостовика;

- подрезание торца рабочей части;
- фрезерование лапки и стружечных канавок;
- термическая обработка;
- шлифование и доводка центровых отверстий;
- шлифование рабочей части и хвостовика;
- шлифование заборной части;
- затачивание задних поверхностей;
- тонкое затачивание передней, наружной и задней поверхностей.

4. ЗАТОЧКА ЗЕНКЕРОВ

Износ зенкеров происходит по задним, передним поверхностям и по ленточке. Стачивание по длине зуба за одну заточку у быстрорежущих зенкеров составляет $h = 0,04 \cdot D + 0,4$ мм, у твёрдосплавных – $h = 0,01 \cdot D + 0,2$ мм. Заточку выполняют на универсально–заточном станке. Для заточки быстрорежущих зенкеров применяют круги из электрокорунда 25А зернистостью 16...25 на керамической связке К5 твёрдостью СМ1...СМ2.

Заточка передней поверхности производится тарельчатыми кругами (рис. 17), причём для инструментов с прямыми зубьями используют торцовую сторону круга, а винтовые зубья обрабатывают конической стороной при $\omega \leq 20^\circ$.

Для радиальной установки рабочей поверхности круга используют специальный шаблон.

В случае, когда передний угол на калибрующей части не равен нулю, необходимо круг сместить от радиального расположения на величину α_1 :

$$\alpha_1 = \frac{D \cdot \sin \gamma}{2 \cos \beta},$$

где D – диаметр инструмента, мм; β – угол правки круга (при работе торцом круга $\beta = 0$); γ – передний угол на калибрующей части [28].

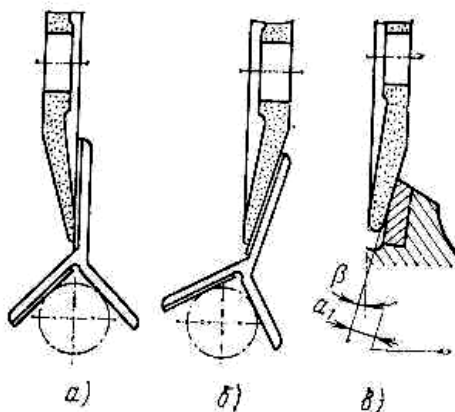


Рис. 17. Схема установки шлифовального круга при заточке передней поверхности инструмента:

a – с прямым зубом при $\gamma = 0$; *б* – с винтовым зубом при $\gamma = 0$;
в – с винтовым зубом при $\gamma < 0$

При заточке инструмента с винтовым зубом угол между осями шлифовального круга и инструмента (угол поворота заточной головки) должен составлять $\sigma = (90^\circ - \omega)^{+(1...3)}$, где ω – угол наклона винтового зуба. Припуск при заточке на передней поверхности составляет 0,2 мм, а при доводке – 0,03...0,05 мм.

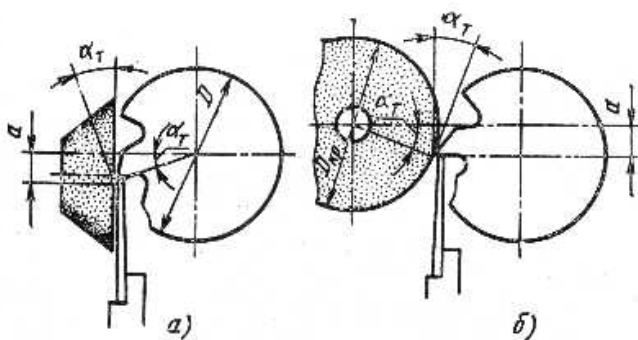


Рис. 18. Схема установки круга при заточке задней поверхности инструмента:

a – торцом круга; *б* – периферией круга

Заточку задней поверхности на калибрующей части производят в центрах. Ось центров располагается параллельно направлению продольной подачи стола. При заточке торцом круга (рис. 18) вершину зуба с помощью упорки устанавливают ниже горизонтальной осевой плоскости инструмента на величину

$$\alpha = \frac{D}{2} \cdot \sin \alpha_T \approx 0,01 \cdot D \alpha_T,$$

где α_T – задний угол в торцовом сечении, $tg \alpha_T = tg \alpha_N \cos \omega$, здесь α_N – задний угол в сечении, перпендикулярном к режущей кромке.

При заточке периферией круга упорку располагают в горизонтальной осевой плоскости инструмента, а ось шлифовального круга смещают вверх на величину

$$\alpha = \frac{D_{кр}}{2} \cdot \sin \alpha_T \approx 0,01 D_{кр} \cdot \alpha_T.$$

При заточке задних поверхностей зубьев на режущей части верхнюю часть стола поворачивают на угол заборного конуса – величину смещения упорки рассчитывают по среднему диаметру режущей части.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Параметры режима резания при зенкеровании.
2. Типовые конструкции зенкеров.
3. Элементы геометрии зенкеров.
4. Назовите основные части зенкеров.
5. Для чего отверстие насадных зенкеров делается коническим?
6. Какова приблизительная величина угла уклона конуса Морзе?
7. Для чего делается двойной заборный конус на зенкерах?
8. Какова зависимость переднего угла от углов спирали и заборного конуса?

9. С какой целью на зенкерах выполняется угол обратного конуса?
10. Каково назначение лапки на хвостовике зенкера?
11. Какие формы профилей поперечного сечения характерны для зенкеров?
12. С какой целью затачивается угол наклона главной режущей кромки?
13. Напишите формулу для расчёта шага режущей спирали.
14. Как измерить передний угол зенкера?
15. Как измерить задний угол зенкера?
16. Как измерить угол спирали зенкера?
17. В чём различие задних поверхностей на режущей и калибрующей частях зенкера?
18. Как измеряется угол заборного конуса?
19. Назовите основные операции при изготовлении зенкеров.
20. Изобразите схему заточки передней поверхности с прямым зубом при $\gamma = 0^\circ$.
21. Изобразите схему заточки передней поверхности с винтовым зубом при $\gamma = 0^\circ$.
22. Изобразите схему заточки передней поверхности с винтовым зубом при $\gamma < 0$.
23. Изобразите схему заточки задней поверхности торцом круга.
24. Изобразите схему заточки задней поверхности периферией круга.
25. Укажите величину смещения круга от радиального расположения при заточке передней поверхности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алексеев, Г.А. Конструирование инструмента [Текст] / Г.А. Алексеев, В.А. Аршинов, Р.М. Кричевская. – М.: Машиностроение, 1979. – 384 с.
2. Баранчиков, В. И. Обработка специальных материалов в машиностроении [Текст]: справочник / В.И. Баранчиков, А.С. Тарапанов, Г.А. Харламов. – М.: Машиностроение, 2002. – 264 с.
3. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов [Текст]: справочник / В. И. Баранчиков, А.В. Жаринов, Н.Д. Юдина [и др.]; под общ. ред. В. И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.
4. Справочник конструктора-инструментальщика [Текст] / В.И. Баранчиков, Г.В. Боровский, В.А. Гречишников [и др.]; под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1994. – 560 с.
5. Барсов, А.И. Технология инструментального производства [Текст] / А.И. Барсов. – М.: Машиностроение, 1975. – 272 с.
6. Бобровский, А.В. Резание цветных металлов [Текст]: справочник / А.В. Бобровский, О.И. Драчев, А.В. Рыбьяков. – СПб.: Политехника, 2001. – 200 с.
7. Волков, А.Н. Режимы резания авиационных материалов при фрезеровании [Текст] : учеб. пособие / А. Н. Волков ; Гос. ком. Рос. Федерации по высш. образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. - Самара: [б. и.], 1994. – 89 с.
8. Волков, А.Н. Изучение конструкции и геометрии разверток [Текст] : метод. указания к лаб. работе / сост. А.Н. Волков, М.Б. Сазонов. – Самара: Изд-во СГАУ, 2011. – 23 с.
9. ГОСТ 25751–83 Инструменты режущие. Термины и определения общих понятий. – Введ. в действие 01.07.1984. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 27 с.
10. ГОСТ 25762–83 Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий. – Введ. в действие 01.07.1984. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 45 с.

- 11.ГОСТ 9324–80. Фрезы червячные чистовые однозаходные для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем. Технические условия. – Введ. в действие 01.01.1982. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 50 с.
- 12.Грановский, Г.И. Резание металлов [Текст] / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. – М.: Высш. шк., 1985. – 304 с.
- 13.Металлорежущие инструменты [Текст]/ В.А. Гречишников, С.Н. Григорьев, С.В. Кирсанов [и др.]. – М.: МГТУ СТАНКИН, 2005. – 567 с.
- 14.Проектирование режущих инструментов [Текст]/ В.А. Гречишников, А.Г. Схиртладзе, В.А. Иванов [и др.]. – М.: Глобус, 2006. – 271 с.
- 15.Дальский, А. М. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]: в 2 т. Т. 2 / А.М. Дальский; под ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 2003. – 943 с.
- 16.Егоров, С.В. Руководство к лабораторным работам [Текст]/ С.В. Егоров, А.Г. Червяков; под ред. Б.Е. Бруштейна. – М., 1971. – 196 с.
- 17.Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов [Текст] / Г.Н. Кирсанов, О.Б. Арбузов, Ю.Л. Боровой [и др.] – М.: Машиностроение, 1986. – 288 с.
- 18.Инструменты для обработки точных отверстий [Текст] / С.В. Кирсанов, В.А. Гречишников, А.Г. Схиртладзе [и др.]. – М.: Машиностроение, 2003. – 330 с.
- 19.Справочник инструментальщика конструктора [Текст] / В.И. Климов, А.С. Лернер, М.Д. Пекарский [и др.]. – М.: ГНТИМЛ, 1958. – 608 с.
- 20.Режущий инструмент [Текст] / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов [и др.]. – М.: Машиностроение, 2005. – 528 с.
- 21.Режущий инструмент [Текст]: учеб. для вузов / [Д.В. Кожевников и др.]; под ред. С.В. Кирсанова. – М.: Машиностроение, 2004. – 512 с.

22. Резание конструкционных материалов, режущие инструменты и станки [Текст] / [В.А. Кривоухов и др.]; под ред. П.Г. Петрухи. – М.: Машиностроение, 1974. – 616 с.
23. Лепилин, В.И. Режимы резания авиационных материалов при сверлении, зенкерования и развертывании [Текст] : учеб. пособие / В.И. Лепилин; Гос. ком. Рос. Федерации по высш. образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. – Самара: [б. и.], 1993. – 80 с.
24. Нефёдов, Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту [Текст] / Н.А. Нефёдов, К.А. Осипов. – М.: Машиностроение, 1990. – 445 с.
25. Ординарцев, И.А. Справочник инструментальщика [Текст] / под ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение, 1987. – 846 с.
26. Палей, М.М. Технология производства металлорежущих инструментов [Текст] / М.М. Палей. – М.: Машиностроение, 1982. – 256 с.
27. Палей, М.М. Технология шлифования и заточки режущего инструмента [Текст] / М.М. Палей, Л.Г. Дибнер, М.Д. Флид. – М.: Машиностроение, 1988. – 288 с.
28. Попов, С.А. Заточка и доводка режущего инструмента [Текст] / С.А. Попов. – М.: Высш. шк., 1986. – 223 с.
29. Резников, Н.И. Обработка резанием жаропрочных, высокопрочных и титановых сплавов [Текст] / Н.И. Резников; под ред. Н.И. Резникова. – М.: Машиностроение, 1972. – 200 с.
30. Металлорежущие инструменты [Текст] / Г.Н. Сахаров, О.Б. Арбузов, Ю.Л. Боровой [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.
31. Семенченко, И.И. Проектирование металлорежущих инструментов [Текст] / И.И. Семенченко, В.М. Матюшин, Г.Н. Сахаров. – М.: ГНТИМЛ, 1962. – 952 с.
32. Четвериков, С.С. Металлорежущие инструменты [Текст] / С.С. Четвериков. – М.: Высш. шк., 1965. – 731 с.

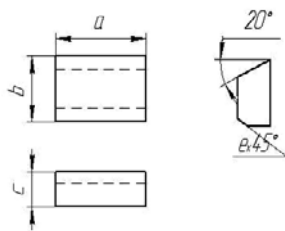
- 33.Шабалин, Ю.А. Обмер, эскизирование и изучение конструкции червячных модульных фрез [Текст]: метод. указания к лаб. работе / сост. Ю.А. Шабалин, М.Б. Сазонов. – Самара: СГАУ, 2006. – 27 с.
- 34.Шагун, В.И. Режущий инструмент [Текст]: лабораторный практикум / В.И. Шагун; под ред. В. И. Шагуна. – Минск, 2004. – 191 с.
- 35.Шатин, В.П. Справочник конструктора – инструментальщика [Текст] / В.П. Шатин, Ю.В. Шатин. – М.: Машиностроение, 1975. – 456 с.
- 36.Щегольков, Н.Н. Режущий инструмент [Текст]: лабораторный практикум / Н.Н. Щегольков; под ред. Н.Н. Щеголькова. – М.: Машиностроение, 1985. – 165 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А **ФОРМА И РАЗМЕРЫ ПЛАСТИНОК** **ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ РЕЗЦОВ**

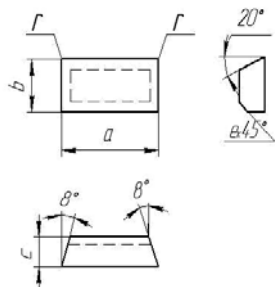
1 Твердосплавные пластинки

Формы 01 и 02

Тип А

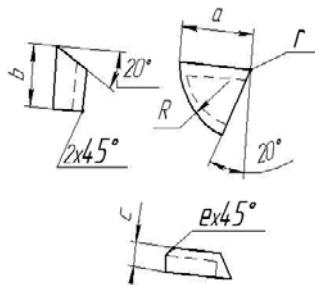


Тип Б



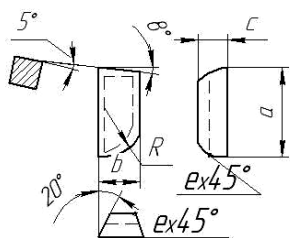
Номер пластинки	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>r</i>	<i>l</i>
0103	8	6	3,0	0,5	1
0105	10	6	3,5	0,5	1
0107	12	8	4,5	0,5	1
0109	14	10	5,5	0,5	1,5
0111	16	10	5,5	0,5	1,5
0113	18	12	7,0	1,0	1,5
0115	20	12	7,0	1,0	1,5
0117	22	15	8,5	1,0	1,5
0119	25	15	8,5	1,0	1,5
0201	8	7	2,5	0,5	—
0203	10	8	3,0	0,5	1,0
0205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

Форма 06



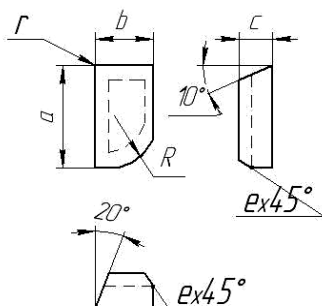
Форма 07

Номер пла- стинки	Размер, мм					
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>R</i>	<i>r</i>	<i>l</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



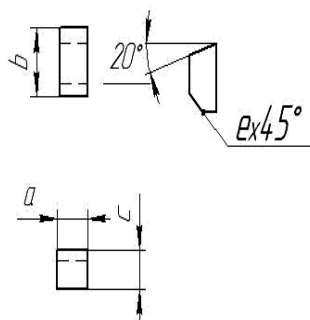
Номер пла- стинки	Размер, мм					
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>R</i>	<i>r</i>	<i>l</i>
0701	10	6	2,5	6	1	—
0703	12	7	3,0	7	1	1,0
0725	15	9	5,0	9	1	1,0
0729	20	11	6,0	11	1	1,5
0733	25	14	8,0	14	1	1,5

Форма 10



Номер пла- стинки	Размеры, мм					
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>R</i>	<i>z</i>	<i>l</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

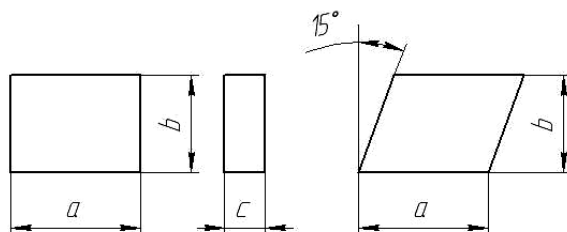
Форма 13



Номер пла- стинки	Размеры, мм			
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>l</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

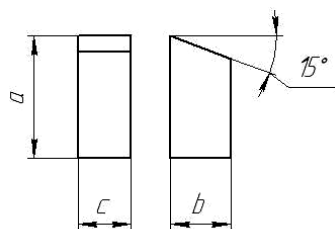
2 Быстрорежущие пластинки

Формы 41 и 43



Номер пластинки	Номер пластинки	Размеры, мм		
		a	b	l
4101	4301	10	10	5
4102	4302	12	10	5
4103	4303	16	12	6
4104	4304	20	16	8

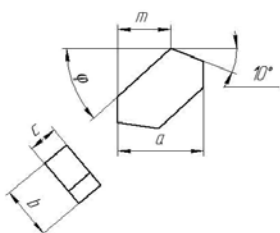
Форма 42



Номер пластинки	Размер, мм		
	a	b	c
4201	10	8	5
4202	16	12	6
4203	20	16	8
4204	25	18	10

Формы 44 и 45

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



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

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ ЗЕНКЕРОВ

Основные размеры зенкеров с цилиндрическим хвостовиком

Размеры, мм				
D	d_x	L	ℓ_n	ℓ_x
10	12	133	87	40
11	12	142	94	40
12	12	142	94	40
13	16	169	114	45
14	16	169	114	45
15	16	169	114	45
16	16	178	120	45
17	20	185	125	48
18	20	195	130	48
19	20	200	135	48
20	20	205	140	48

Основные размеры зенкеров с коническим хвостовиком, быстрорежущие

Размер, мм			Конус Морзе	Размер, мм			Конус Морзе
D	L	ℓ_n	№	D	L	ℓ_n	№
1	2	3	4	5	6	7	8
10,0	160	80	1	22,0	220	120	2
	170	90			250	150	
10,5	160	80	1	24,0	240	120	2
	170	90			280	160	
11,0	165	85	1	25,0	245	125	3
	175	95			280	160	
11,5	165	85	1	26,0	245	125	3
	175	95			285	165	

12,0	170 180	90 100	1	27,0	245 290	125 170	3
13,0	170 180	90 100	1	28,0	250 290	130 170	3
14,0	175 190	95 110	1	30,0	250 295	130 175	3
15,0	175 215	95 115	1	32,0	285 335	140 185	3
16,0	200 220	100 120	2	34,0	285 340	140 190	4
17,0	200 220	100 120	2	35,0	285 340	140 190	4
18,0	205 230	105 130	2	36,0	295 345	150 195	4
19,0	205 235	105 130	2	37,0	295 345	150 195	4
20,0	210 240	110 140	2	38,0	295 350	150 200	4
21,0	210 245	110 145	2	40,0	305 350	160 200	4

Основные размеры зенкеров с коническим хвостовиком, твёрдосплавные

Размер, мм			Конус Морзе	Размер, мм			Конус Морзе
D	L	ℓ_n	N_2	D	L	ℓ_n	N_2
1	2	3	4	5	6	7	8
14	180 205	85 110	2	30	262 302	120 160	3
15	180 205	85 110	2	32	268 312	125 170	3
16	185 215	90 120	2	34	268 312	125 170	3
17	185 215	90 120	2	35	268 312	125 170	3

18	190 220	95 125	2	36	272 322	130 180	3
19	218 248	100 130	2	37	272 322	130 180	3
20	218 248	100 130	2	38	272 322	130 180	3
21	218 248	100 130	3	40	282 322	140 190	4
22	222 258	105 140	3	42	282 332	140 190	4
24	222 258	105 140	3	45	292 342	150 200	4
25	228 268	110 150	3	47	292 342	150 200	4
26	228 268	110 150	3	48	292 342	150 200	4
27	228 268	110 150	3	50	305 355	160 210	4
28	262 302	120 160	3	—	—	—	—

Основные размеры насадных зенкеров, быстрорежущие

Размеры, мм			Размеры, мм		
<i>D</i>	<i>L</i>	<i>D</i>	<i>D</i>	<i>L</i>	<i>D</i>
32	30	13	42	38	19
34	30	13	45	38	19
35	34	16	47	38	19
36	34	16	48	42	19
37	34	16	50	42	22
38	34	16	52	42	22
40	34	16	52	42	22

Основные размеры насадных зенкеров, твёрдосплавные

Размеры, мм			Размеры, мм		
<i>D</i>	<i>L</i>	<i>D</i>	<i>D</i>	<i>L</i>	<i>D</i>
32	40	13	55	55	22
34	40	13	58	60	27
35	45	16	60	60	27
36	45	16	62	60	27
37	45	16	63	60	27
38	45	16	65	60	27
40	45	16	68	60	27
42	45	16	70	60	27
45	50	19	72	65	32
47	50	19	75	65	32
48	50	19	78	65	32
50	55	22	80	65	32
52	55	22	—	—	—

ПРИЛОЖЕНИЕ В

БЛАНК ОТЧЁТА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №1

Кафедра
Механической обработки материалов

Студент _____

Группа _____ Дата _____

ОТЧЁТ

по лабораторной работе

Изучение конструкции и геометрии резцов

1. Эскизы резцов

Проходной резец

Отрезной резец

Резец оснащен пластинкой №
Инструментальный материал
Марка
Размеры: $a=$; $b=$; $c=$

Резец оснащен пластинкой №
Инструментальный материал
Марка
Размеры: $a=$; $b=$; $c=$

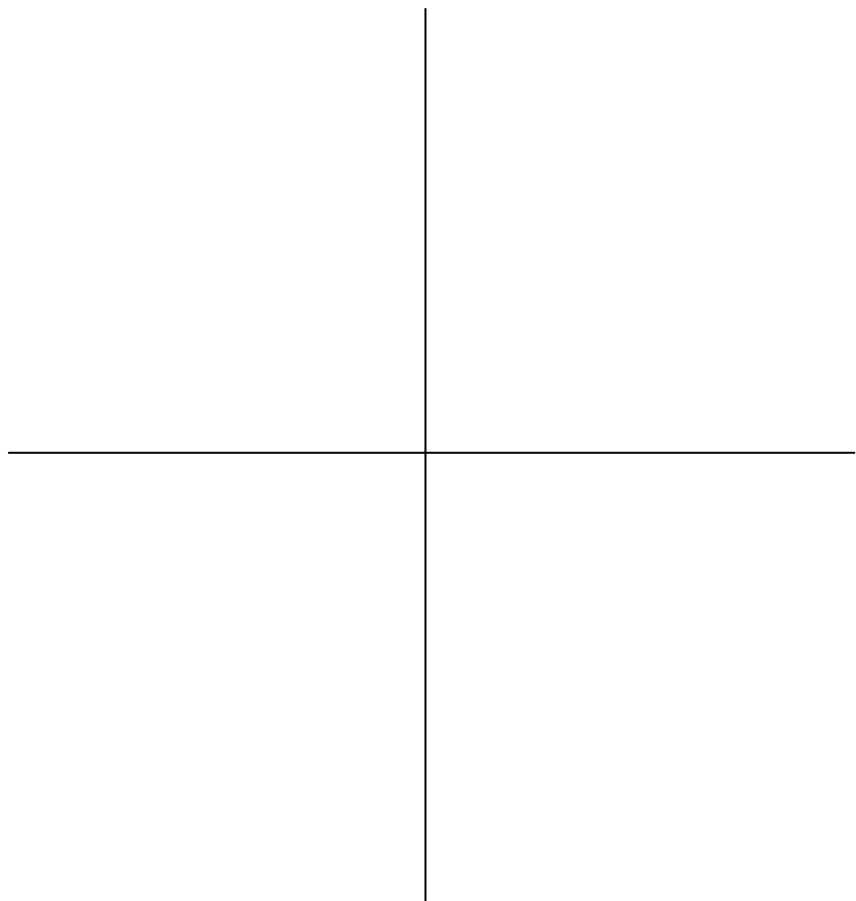
2. Таблица углов

№ резца	Наименование резца	Главный угол в плане	Вспомогательный угол в плане		Передний угол	Вспомогательный передний угол		Главный задний угол	Вспомогательный задний угол		Угол наклона главной режущей кромки	Угол наклона вспомогательной режущей кромки
	Проходной											
	Отрезной											

3. Схемы работы резцов

Изобразить 3–4 схемы по указанию преподавателя. На схемах показать направление S и углы φ ; φ_1 .

Схема работы резца	При выполнении операций		
	обточки	расточки	торцовки
проходного			
упорного			
подрезного			
отрезного			



Руководитель _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

БЛАНК ОТЧЁТА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №2

Кафедра
Механической обработки материалов

Студент _____

Группа _____ Дата _____

ОТЧЁТ

по лабораторной работе

Расточные инструменты

1. Эскиз расточного стержневого резца

Инструментальный материал
Марка

Конструктивные размеры

$L =$ $\ell =$ $\ell_1 =$

$m =$ $d =$ $H =$ $B =$

2. Таблица углов

Наименование резца	Главный угол в плане	Вспомогательный угол в плане	Передний угол	Вспомогательный передний угол	Главный задний угол	Вспомогательный задний угол	Угол наклона главной режущей кромки	Угол наклона вспомогательной режущей кромки
Расточной								

3. Схемы работы расточных резцов для сквозных и глухих отверстий

На схемах показать направление S и углы φ ; φ_1 .

4. Расчёт и измерение углов расточного резца в плоскостях продольного и поперечного наклона

5. Изобразить схемы заточки расточных резцов

6. Ответы на индивидуальные вопросы

Руководитель _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
БЛАНК ОТЧЁТА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №3

Кафедра
Механической обработки материалов

Студент _____

Группа _____ Дата _____

ОТЧЁТ
по лабораторной работе
ОБМЕР И ЭСКИЗИРОВАНИЕ КОНЦЕВОЙ ФРЕЗЫ

1. Эскиз концевой фрезы

2. Таблица результатов обмера фрезы

№ п/п	Наименование измеряемого параметра	Обозна- чение	Расчетная формула	Величина	
				измер.	расчетн.
1	2	3	4	5	6
1	Диаметр фрезы, мм	d			
2	Длина фрезы, мм	L			
3	Длина режущей части, мм	ℓ			
4	Высота зуба, мм	h			
5	Фаска на задней поверхности, мм	f_2			
6	Конус Морзе	№			
7	Передний угол, град	γ_N			
8	Задний угол, град	α			
9	Угол спирали зуба, град	ω	$\omega = \arctg(P_0/P_S)$		
10	Передний угол в плоскости, перпендикулярной оси фрезы, град	γ_τ	$\gamma_\tau = \arctg(\tg \gamma_N / \cos \omega)$		
11	Задний угол в нормальном сечении, град	α_N	$\alpha_N = \arctg(\tg \alpha / \cos \omega)$		
12	Число зубьев фрезы	Z			
13	Угол заострения, град	β	$\beta = 90^\circ - (\gamma_N + \alpha_N)$		
14	Окружной шаг, мм	P_0	$P_0 = \pi d / z$		
15	Осевой шаг, мм	P_S	$P_S = \pi d / z \cdot \tg \omega$		
16	Центральный угол между зубьями, град	η	$\eta_m = 360 / z$		

3. Расчет параметров режима резания

4. Результаты измерения шероховатости обработанной поверхности при фрезеровании на разных режимах

№ п/п	T, мм	B, мм	n, об/мин	v , м/мин	S_z , мм/зуб	R_a , мкм
1	2	3	4	5	6	7

5. Индивидуальное задание

Преподаватель _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

БЛАНК ОТЧЁТА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №4

Кафедра
Механической обработки материалов

Студент _____

Группа _____ Дата _____

ОТЧЁТ

по лабораторной работе

Изучение конструкции, геометрии и контроль спиральных сверл

Цель работы:

Эскиз сверла

Конструктивные и геометрические параметры сверла

№ п/п	Наименование		Значения параметров	
			измеренные	расчетные
1	2	3	4	5
1	Диаметр сверла	d		
2	Общая длина	L		
3	Длина рабочей части	l		
4	Длина режущей части	l_p		
5	Длина направляющей части	l_n		

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
6	Длина хвостовика	l_x		
7	Длина лапки	l_l		
8	Толщина лапки	c		
9	Диаметр хвостовика (цилиндрического)	d_x		
10	Наибольший и наименьший диаметры конического хво- стовика; номер конуса Мор- зе	$d_{к.нб}$ $d_{к.нм.}$		
11	Длина шейки	$l_{ш}$		
12	Диаметр шейки	$d_{ш}$		
13	Диаметр спинки	q		
14	Ширина пера	B		
15	Ширина направляющих ленточек	f		
16	Толщина сердцевины свер- ла	k		
17	Длина поперечной кромки без подточки	$l_{нк}$		
18	Длина подточки	l_n		
19	Угол наклона попереч- ной кромки	ψ		
20	Угол при вершине сверла	2φ		
21	Угол между переходными режущими кромками при двойной заточке режущей части	$2\varphi_0$		
22	Длина переходной режущей кромки	b		
23	Угол наклона винтовой канавки	ω		

Окончание таблицы

1	2	3	4	5
24	Шаг винтовой канавки	P		
25	Обратная конусность (угол обратного конуса на рабочей части сверла)	Δd (φ_1)		
26	Передний угол сверла на периферии	γ_o		
27	Задний угол сверла на периферии	α_o		

Схемы измерения углов

Индивидуальное задание

(2–3 контрольных вопроса по указанию преподавателя)

Преподаватель _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

БЛАНК ОТЧЁТА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №5

Кафедра
Механической обработки материалов

Студент _____

Группа _____ Дата _____

ОТЧЁТ

по лабораторной работе

Изучение конструкции и геометрии зенкеров

Эскиз зенкера

Элементы конструкции и геометрии зенкера

Наименование	Обозначение	Значения параметров	
		Согласно стандарту или по расчёту	Измерение
1	2	3	4
Номинальный диаметр зенкера	D		
Диаметр зенкера в начале и в конце направляющей части	$d_{нач}$ $d_{кон}$		
Общая длина	L		
Длина рабочей части, мм	ℓ		
Длина режущей части, мм	ℓ_p		
Длина направляющей части, мм	ℓ_n		

Длина хвостовика, мм	ℓ_x		
Диаметр хвостовика, если он цилиндрический, мм	d_x		
Наибольший и наименьший диаметры конического хвостовика	$d_{к\text{ нб}}$ $d_{к\text{ нм}}$		
Номер конуса Морзе	N_2		
Длина лапки, мм	ℓ_l		
Толщина лапки, мм	C		
Длина шейки, мм	$\ell_{ш}$		
Диаметр шейки, мм	$d_{ш}$		
Диаметр спинки, мм	d_c		
Ширина пера, мм	B		
Ширина направляющих ленточек	F		
Толщина сердцевины зенкера	K		
Угол при вершине зенкера	2φ		
Угол наклона винтовой канавки (угол спирали), град	ω		
Шаг винтовой канавки	H		
Обратная конусность	Δd		
Угол обратного конуса на рабочей части зенкера, мм	φ_l		
Передний угол зенкера, мм	γ		
Задний угол зенкера, мм	α		

Схема измерения углов

Преподаватель _____

Учебное издание

*Сазонов Михаил Борисович
Скуратов Дмитрий Леонидович
Волков Александр Николаевич
Смолин Владимир Дмитриевич
Шабалин Юрий Александрович
Швецов Алексей Николаевич*

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
ПО РЕЖУЩИМ ИНСТРУМЕНТАМ
Часть 1**

Учебное пособие

Редактор Т.К. Кретинина
Доверстка Е.С. Кочеулова

Подписано в печать 13.04.2015. Формат 60×84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ.л. 7,75.

Тираж 500 экз. Заказ . Арт. - 6 / 2015.

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный аэрокосмический
университет имени академика С. П. Королева
(национальный исследовательский университет)» (СГАУ)
443086, Самара, Московское шоссе, 34.