

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
АВТОМОБИЛЕЙ

Методические указания

к лабораторным работам по курсам «Теория резания» и «Резание материалов»
по теме «**Основные способы обработки резанием и геометрические
характеристики режущих инструментов**»
для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и
1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства»
дневной, вечерней и заочной форм обучения

Брест 2017

УДК 621.9 (07)

В методических указаниях изложены сведения об основных способах обработки резанием, о конструкциях и геометрических параметрах лезвийных режущих инструментов: токарных резцов, спиральных сверл и фрез, а также о методах и средствах их измерения. Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплинам «Теория резания» и «Резание материалов» студентами дневной, вечерней и заочной форм обучения по специальностям 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства».

Составители: *А.В. Драган*, к.т.н., доцент кафедры Машиностроения и эксплуатации автомобилей
В.А. Сокол, ст. преп. кафедры Машиностроения и эксплуатации автомобилей
А.Н. Парфиевич, ст. преп. кафедры Машиностроения и эксплуатации автомобилей

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА ТОЧЕНИЯ, КОНСТРУКТИВНЫЕ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ

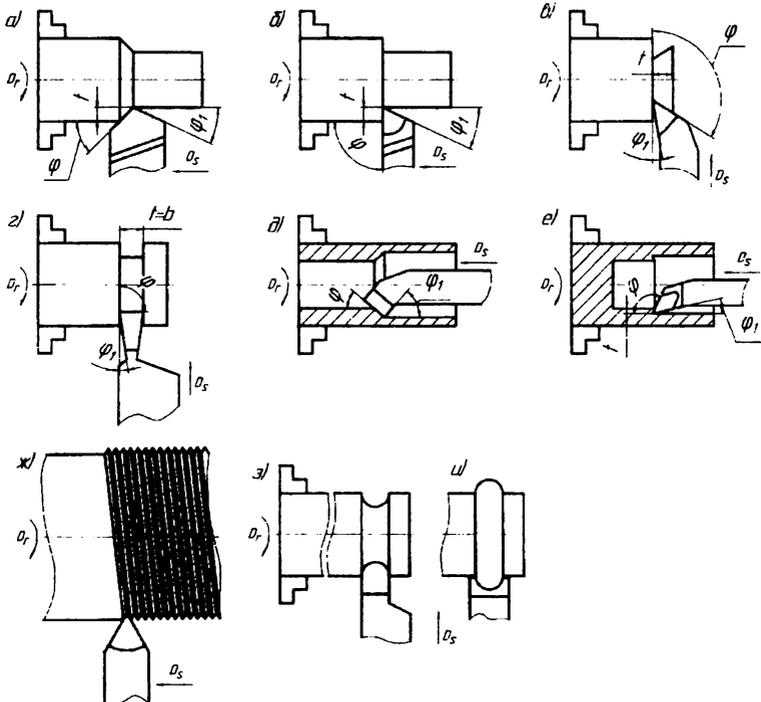
Цель работы: закрепление сведений об основных поверхностях и геометрических параметрах резцов различных типов; ознакомление с методами измерения геометрических параметров резцов и инструментами, применяемыми для этой цели; приобретение навыков эскизирования резцов.

Инструменты и принадлежности: комплект токарных резцов, угломеры, штангенциркуль.

Краткие теоретические сведения

1. Классификация типов резцов

По виду обработки токарные резцы классифицируются на: проходные, проходные упорные, подрезные, отрезные, прорезные, расточные, резьбовые, фасонные, гальтельные (рисунок 1).



а – проходной, б – проходной упорный, в – подрезной, г – отрезной, д, е – расточные для сквозных и глухих отверстий, ж – резьбовой, з, и – фасонные

Рисунок 1 – Классификация резцов по виду обработки

Они предназначены:

- проходные резцы предназначены для обработки наружных цилиндрических поверхностей (рисунок 1, а);
- проходные упорные резцы применяются при обработке ступенчатых валов и при обработке нежестких деталей (рисунок 1, б);
- подрезные резцы предназначены для обработки торцевых поверхностей, перпендикулярных оси вращения детали (рисунок 1, в);
- отрезные резцы используются для отрезки заготовок или обрабатываемых из прутка деталей (рисунок 1, г);
- расточные резцы предназначены для обработки сквозных и глухих отверстий (рисунок 1, д, е);
- резьбовые резцы предназначены для нарезания резьбы (рисунок 1, ж);
- фасонные резцы применяются для обработки деталей сложного профиля (рисунок 1, з, и).

2. Элементы режима резания и срезаемого слоя при точении

При обработке резанием заготовка и инструмент совершают определенные движения. Они разделяются на основные (для обеспечения процесса резания) и вспомогательные (для подготовки к процессу резания и завершения операции).

Основные движения: главное движение, осуществляемое с большей скоростью, и движение подачи. При обработке на токарных станках **главное движение** – вращение заготовки, **движение подачи** – поступательное движение резца. Главное движение позволяет осуществлять процесс резания (превращать срезаемый слой в стружку); движение подачи дает возможность вести обработку по всей обрабатываемой поверхности.

На обрабатываемой заготовке при снятии стружки различают следующие поверхности: **обрабатываемую**, которая частично или полностью удаляется при обработке; **обработанную**, образованную на заготовке в результате обработки, и **поверхность резания**, образуемую режущей кромкой в результирующем движении резания. Поверхность резания является переходной между обрабатываемой и обработанной поверхностями.

Условия резания определяются рядом факторов, важнейшее значение из которых имеет режим резания.

Элементами режима резания являются скорость резания, подача и глубина резания.

Скорость резания v при точении – окружная скорость рассматриваемой точки заготовки в направлении главного движения.

При точении, когда заготовка вращается с частотой вращения n (мин), скорость резания (м/мин) в разных точках режущей кромки будет разной. В расчетах принимается ее максимальное значение:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/мин.} \quad (1)$$

где D – наибольший диаметр поверхности резания, мм;

n – частота вращения, мин^{-1} .

Подача S – величина перемещения режущей кромки относительно обработанной поверхности в единицу времени в направлении движения подачи.

Различают подачу за один оборот заготовки S_0 (мм/об) и минутную S_m (мм/мин.):

$$S_m = S_0 \cdot n, \text{ мм/мин.} \quad (2)$$

Глубина резания t – величина срезаемого слоя за один проход, измеренная в направлении, перпендикулярном к обработанной поверхности.

При продольном обтачивании:

$$t = \frac{D - d}{2}, \text{ мм,} \quad (3)$$

где D – диаметр заготовки, мм;

d – диаметр обработанной поверхности, мм.

При отрезании заготовки, прорезании поперечной канавки глубина резания t равна ширине b отрезного резца.

Глубина резания и подача характеризуют процесс резания с точки зрения положения и движения инструмента. Но при одной и той же подаче и глубине резания в зависимости от формы режущей кромки и её расположения (углов в плане) изменяются ширина и толщина поперечного сечения срезаемого слоя, определяющие процесс пластической и упругой деформации, количество выделившегося тепла и условия теплоотвода.

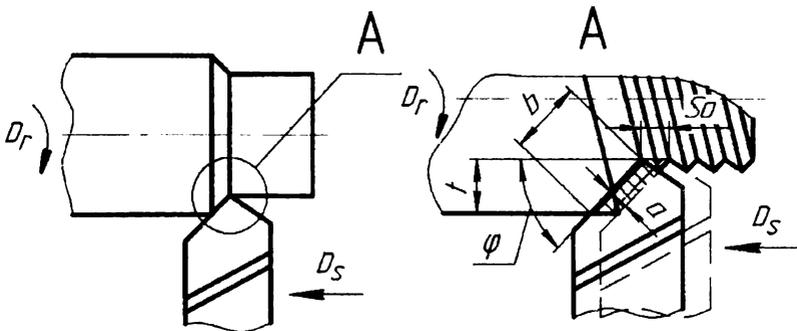


Рисунок 2 – Элементы режима резания и срезаемого слоя

Ширина поперечного сечения срезаемого слоя (ширина среза) b (мм) (рисунок 2) – длина стороны сечения срезаемого слоя, образованной поверхностью резания

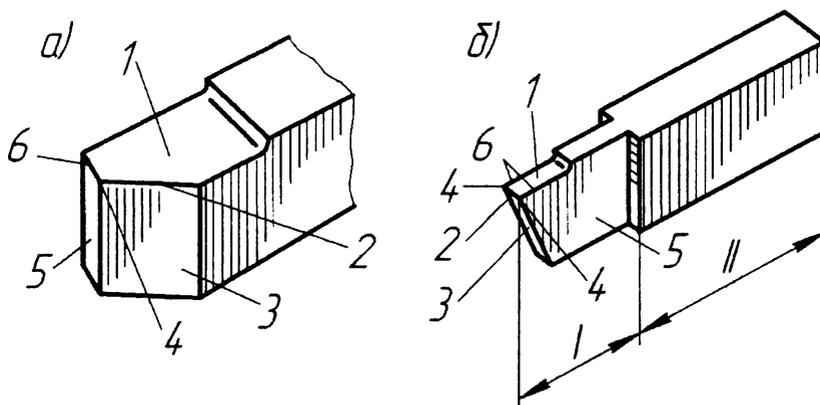
$$b = t / \sin \varphi, \text{ мм.} \quad (4)$$

Толщина поперечного сечения срезаемого слоя (толщина среза) a (мм) – длина нормали к поверхности резания, проведенной через рассматриваемую точку режущей кромки, ограниченная сечением срезаемого слоя.

$$a = S_0 \cdot \sin \varphi, \text{ мм.} \quad (5)$$

3. Конструктивные элементы токарных резцов

Резец состоит из двух основных частей: режущей I, которая является рабочей частью, с режущими кромками и крепёжной II, служащей для закрепления резца в специальной державке или резцедержателе станка (рисунок 3).



а – проходной прямой; б – отрезной

Рисунок 3 – Конструктивные элементы резца

Конструктивными элементами режущей части токарных резцов являются (рисунок 3):

- **передняя поверхность 1**, контактирующая в процессе резания со срезаемым слоем и стружкой;
- **главная задняя поверхность 3**, контактирующая с поверхностью резания;
- **вспомогательная задняя поверхность 5**, обращенная к обработанной поверхности;
- **главная режущая кромка 2**, образуемая пересечением передней и главной задней поверхностей;
- **вспомогательная режущая кромка 6**, образуется на пересечении передней и вспомогательной задней поверхностей;
- **вершина режущего лезвия 4** – место сопряжения главной и вспомогательной режущих кромок; вершина резца может быть острой, но обычно её закругляют для большей стойкости резца, а также для повышения чистоты обработанной поверхности.

4. Координатные плоскости и системы координат для оценки параметров режущей части инструмента

Расположение в пространстве поверхностей и режущих кромок определяется геометрическими параметрами (углами), оценка которых должна производиться в определенной системе координат. Геометрию режущих инструментов можно рассматривать в следующих системах координат:

- **статическая**, с началом в рассматриваемой части режущей кромки, ориентированная относительно направления скорости главного движения резания;
- **кинематическая**, с началом в рассматриваемой части режущей кромки, ориентированная относительно направления скорости результирующего движения резания (главного и движения подачи);
- **инструментальная**, с началом в вершине лезвия, ориентированная относительно элементов режущей части инструмента, принятых за базу.

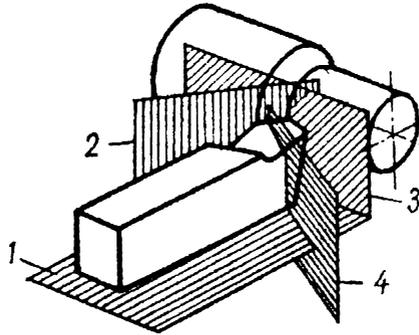


Рисунок 4 – Координатные плоскости реза

Для определения геометрических параметров в выбранной системе координат устанавливают следующие **координатные плоскости** (рисунок 4):

1 – **основная плоскость** в статической системе координат (в кинематической системе координат) – координатная плоскость, проведенная перпендикулярно направлению скорости главного движения резания (результатирующего движения резания);

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

3 – **рабочая плоскость** – плоскость, в которой расположены направления скоростей главного движения резания и движения подачи;

4 – **главная секущая плоскость** – координатная плоскость, перпендикулярная линии пересечения основной плоскости и плоскости резания (перпендикулярная плоскости резания в рассматриваемой точке режущей кромки);

5 – **вспомогательная секущая плоскость** – координатная плоскость, перпендикулярная проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость.

5. Геометрические параметры для оценки режущей части инструмента

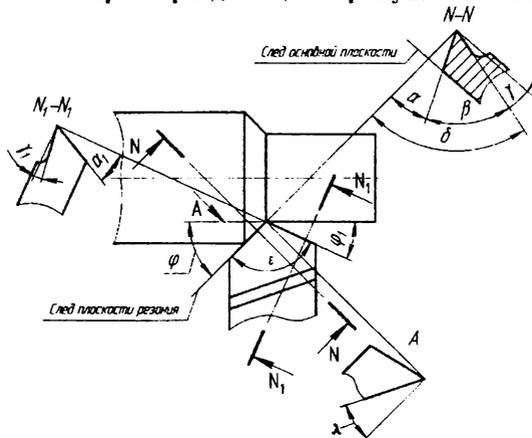


Рисунок 5 – Геометрические параметры режущей части токарного реза

Углы, определяемые в главной секущей плоскости, называются **главными**, они определяют режущий клин, отделяющий от припуска слой металла, превращаемый в стружку, во вспомогательной секущей плоскости – **вспомогательными**.

В **главной секущей плоскости** N–N рассматривают главные задний и передний углы, углы заострения и резания (рисунок 5).

Главным передним углом γ называется угол между передней поверхностью резца и основной плоскостью в рассматриваемой точке главной режущей кромки.

Он имеет положительное значение, если передняя поверхность направлена вниз от режущей кромки; отрицательное – если передняя поверхность направлена вверх от нее; равен нулю – если передняя поверхность параллельна основной плоскости.

Главным задним углом α называется угол между главной задней поверхностью резца (или касательной к ней) и плоскостью резания.

Углом заострения β называется угол между главной задней и передней поверхностями резца.

Углом резания δ называется угол между плоскостью резания и передней поверхностью резца (или касательной к ней).

Между этими углами существует соотношение $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$.

Во **вспомогательной секущей плоскости** N₁-N₁ рассматривают **вспомогательные задний** α_1 и **передний** γ_1 углы.

α_1 – это угол между касательной к вспомогательной задней поверхности резца и плоскостью, проведенной через точку вспомогательной режущей кромки перпендикулярно к основной плоскости.

γ_1 – угол между передней поверхностью резца и основной плоскостью в рассматриваемой точке вспомогательной режущей кромки

В основной плоскости измеряются углы в плане.

Главным углом в плане φ называется угол между плоскостью резания и рабочей плоскостью. Для резца он определяется проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

Вспомогательным углом в плане φ_1 называется угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и рабочей плоскостью.

Угол в плане при вершине ε – угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость. $\varphi + \varepsilon + \varphi_1 = 180^\circ$.

В **плоскости резания** измеряется **угол наклона главной режущей кромки** λ – угол между главной режущей кромкой и основной плоскостью. Если вершина резца – низшая точка кромки, то угол λ – положительный, если высшая – отрицательный.

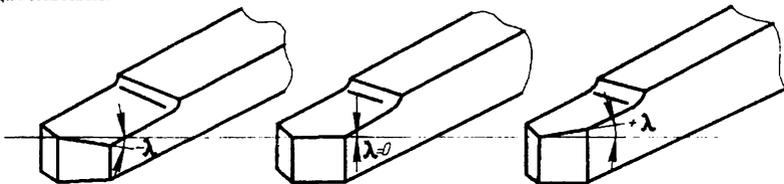


Рисунок 6 – Угол наклона главной режущей кромки λ

Все перечисленные углы резца соответствуют данным определениям, если вершина резца установлена на уровне оси вращения обрабатываемой детали и геометрическая ось стержня резца расположена перпендикулярно к оси вращения обрабатываемой детали. При такой установке резца на станке инструментальная система координат совпадает со статической. При этом основная плоскость совпадает с опорной поверхностью резцов, а поверхность резания расположена вертикально.

В процессе реального резания направление результирующего движения резания отклоняется от направления главного движения за счет движения подачи. Поэтому основная плоскость также будет отклонена от статической основной плоскости. Вследствие этого величины геометрических параметров будут отличаться от статических, они будут называться кинематическими и оцениваются в кинематической системе координат.

Методические указания

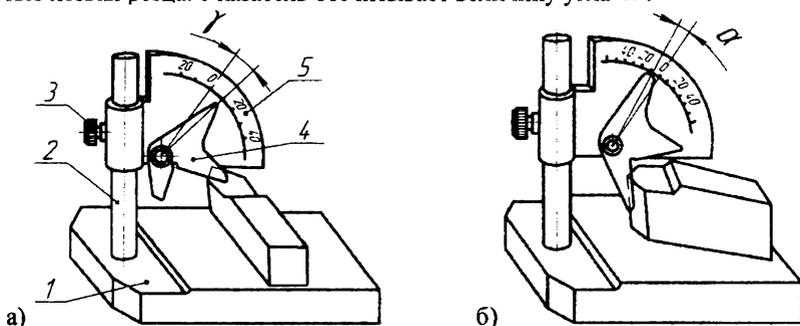
Для выполнения работы студентам выдаются комплекты токарных резцов разных типов. Каждый комплект содержит следующие основные типы резцов: проходной, расточной, отрезной.

Передний угол, задние углы, угол наклона главной режущей кромки измеряют настольным угломером.

Настольный угломер (рисунок 7) состоит из основания 1, стойки 2, по которой перемещается сектор 5 со шкалой, поворотного шаблона с указателем 4 и зажимных винтов 3. При установке указателя 4 на 0° сектора 5 горизонтальная сторона шаблона расположится параллельно опорной плоскости угломера, на которую устанавливается при измерении резец.

Для измерения переднего угла γ (рисунок 7, а) резец устанавливается так, чтобы шаблон располагался нормально к проекции главной режущей кромки на основную плоскость (в главной секущей плоскости). Горизонтальная сторона шаблона совмещается без просвета с передней поверхностью лезвия, а указатель отсчитывает по шкале сектора величину угла γ .

Для измерения заднего угла α (рисунок 7, б) при той же установке резца вертикальная сторона шаблона совмещается без просвета с задней поверхностью лезвия резца. Указатель отсчитывает величину угла α .



а - угла γ токарного проходного резца; б - угла α токарного проходного резца

Рисунок 7 - Схема измерения

Для измерения угла наклона режущей кромки λ (рисунок 8) резец устанавливают так, чтобы горизонтальная сторона шаблона совпала без просвета с главной режущей кромкой.

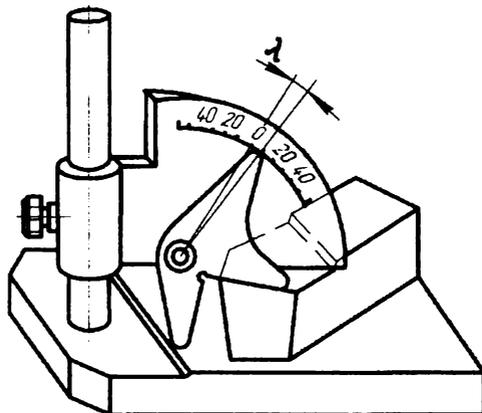


Рисунок 8 – Схема измерения угла λ токарного проходного резца

Углы в плане φ и φ_1 измеряют универсальным угломером. При измерении главного угла в плане φ (рисунок 9) планку 1 угломера прикладывают к режущей кромке лезвия, а планку 2 – к боковой стороне резца 3. Показания на шкале угломера дают значения φ . Подобным же методом измеряют вспомогательный угол в плане φ_1 .

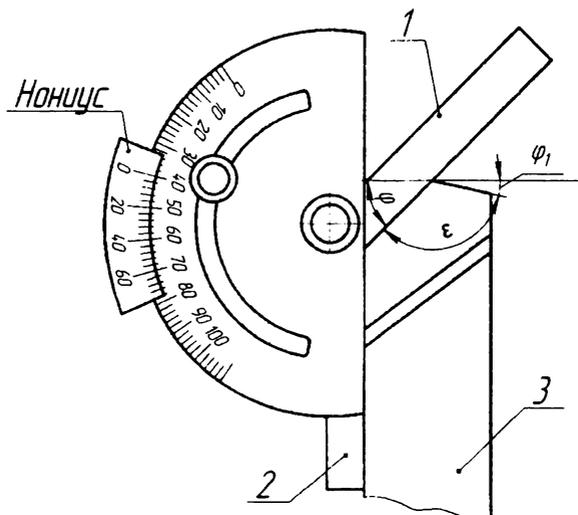


Рисунок 9 – Схема измерения угла φ токарного проходного резца

Результаты измерений углов токарных резцов сводим в таблицу 1.

Таблица 1 – Геометрические параметры токарных резцов

№ п/п	Наименование резца	Углы резца, °								
		Передний	Задний	Резания	Зачистки	Наклона главной режущей кромки	Главный в плане	Вспомогательный в плане	При вершине	Вспомогательный задний
		γ	α	δ	β	λ	φ	φ_1	ϵ	α_1
1										
2										
3										

Порядок выполнения работы

1. Получить комплект разнотипных токарных резцов.
2. Определить тип, назначение резцов и движения, необходимые для осуществления резания с его использованием.
3. На каждом из резцов выявить их конструктивные элементы, определить расположение координатных плоскостей, а также углов, характеризующих геометрию инструментов.
4. Выполнить эскизы резцов с нанесением направлений движения резания, всех необходимых сечений, видов и углов. На эскизах показать деталь с элементами срезаемого слоя и режима резания.
5. Изучить устройство угломеров для измерения геометрических параметров токарных резцов.
6. Произвести измерения углов режущей части инструментов, результаты занести в таблицу 1.

Содержание отчёта

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Перечень оборудования, инструментов и принадлежностей.
3. Элементы режима резания.
4. Изображение токарного проходного резца с указанием его конструктивных элементов.
5. Эскизы выданных резцов с нанесёнными направлениями движений резания, сечениями главной и вспомогательными секущими плоскостями и углами, элементами сечения срезаемого слоя и режима резания.
6. Таблица с результатами измерений углов токарных резцов.

Контрольные вопросы

1. Классификация резцов по виду обработки.
2. Части и конструктивные элементы токарных резцов. Поверхности на заготовке при резании.

3. Элементы режима резания и срезаемого слоя при точении.
4. Координатные плоскости для определения углов токарного резца.
5. Плоскости, в которых измеряются углы резца.
6. Определения основных углов резца.
7. Соотношения между углами в главной секущей плоскости, в основной плоскости.
8. Влияние на величину углов резца его положения относительно оси вращения обрабатываемой детали.
9. Влияние подачи и диаметра заготовки на величину углов резца в процессе резания.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА СВЕРЛЕНИЯ, КОНСТРУКТИВНЫЕ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СПИРАЛЬНЫХ СВЁРЛ

Цель работы: ознакомление с основными поверхностями и геометрическими параметрами спиральных сверл, а также с методами и средствами их измерения.

Инструменты и принадлежности: спиральные свёрла, угломеры, штангенциркуль, микрометр.

Краткие теоретические сведения

1. Область применения сверления. Элементы режима резания и срезаемого слоя

Сверление – это способ обработки резанием, обеспечивающий получение сквозных и глухих отверстий в сплошном материале, а также применяемый для рассверливания уже имеющихся отверстий. Сверление позволяет получать поверхности до 12-го качества точности.

При работе сверло совершает **главное движение** – вращательное движение вокруг своей оси, обеспечивающее определенную скорость резания и **движение подачи** – перемещение вдоль оси вращения. В некоторых случаях, например при сверлении на токарном станке, вращательное движение может получать деталь, а не сверло.

Скорость резания v для точек режущей кромки различна. В центре сверла она равна нулю. За скорость резания (м/мин) при сверлении принимается окружная скорость точки, лежащей на периферии:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/мин.}, \quad (6)$$

где D – диаметр сверла, мм;

n – частота вращения, мин^{-1} .

Подача S – величина перемещения сверла или детали вдоль оси отверстия за один оборот S_0 (мм/об). Так как сверло имеет два зуба и режет одновременно двумя режущими кромками, то на каждую кромку приходится подача (мм/зуб):

$$S_z = S_0/2, \text{ мм/зуб.} \quad (7)$$

Подача за одну минуту (мм/мин.):

$$S_m = S_o \cdot n = S_z \cdot z \cdot n, \text{ мм/мин.} \quad (8)$$

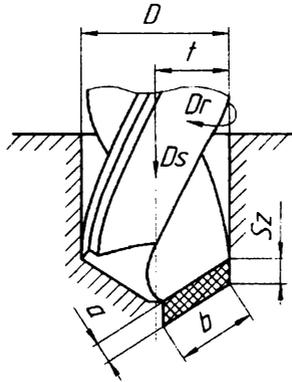


Рисунок 10 – Элементы срезаемого слоя и движения при сверлении

Глубина резания t при сверлении в сплошном материале – это величина срезаемого слоя, равная половине диаметра сверла. При рассверливании отверстия от диаметра d до диаметра D глубина резания

$$t = (D - d)/2, \text{ мм.} \quad (9)$$

Ширина срезаемого слоя b без учета перемычки сверла измеряется вдоль кромки от оси сверла до точки, лежащей на наружном диаметре сверла (рисунок 10).

Толщина срезаемого слоя a представляет собой длину нормали к поверхности резания, проведенную через рассматриваемую точку режущей кромки, ограниченную сечением срезаемого слоя (рисунок 10).

При сверлении и рассверливании отверстий обработанной поверхностью является поверхность обработанного отверстия. Поверхность резания образуется режущей кромкой при ее движении в процессе резания (рисунок 11).

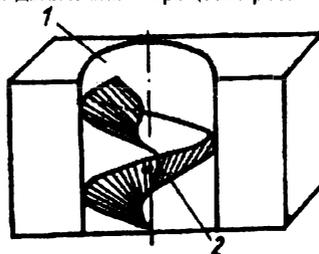


Рисунок 11 – Поверхности на заготовке при сверлении

2. Конструктивные элементы сверла

Сверло состоит из двух основных частей: рабочей и крепежной (рисунок 12).

Рабочая часть включает в себя режущую и направляющую части. Режущая часть сверла (заборный конус) выполняет основную работу резания. Направляющая часть обеспечивает направление сверла в отверстии при сверлении.

Крепежная часть предназначена для закрепления сверла и для передачи крутящего момента от шпинделя станка. Она состоит из конического хвостовика и лапки (рисунок 12) или цилиндрического хвостовика и поводка.

Конический хвостовик служит для установки и закрепления сверла в коническом отверстии шпинделя станка. Лапка является упором при выбивании сверла из шпинделя станка.

Цилиндрический хвостовик предназначен для закрепления сверла в специальном патроне, укрепленном на шпинделе станка.

Промежуточную часть между рабочей и крепежной называют шейкой. Она служит для выхода шлифовального круга при шлифовании сверла.

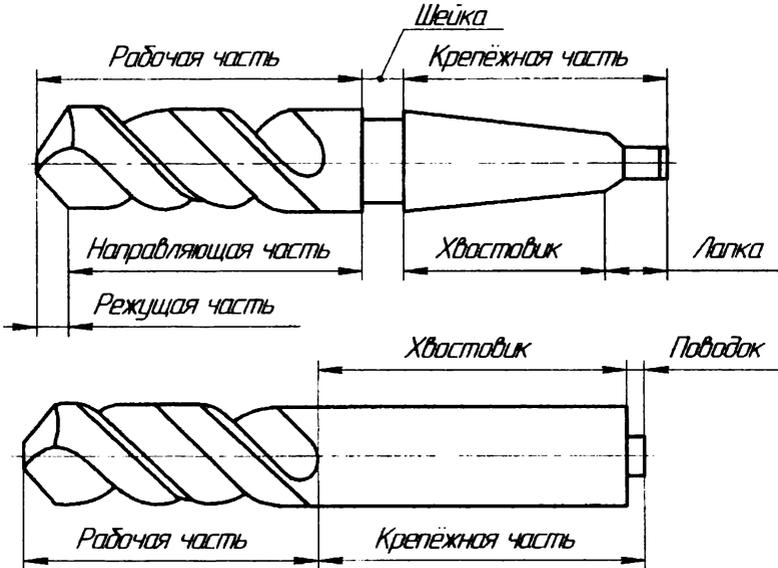


Рисунок 12 – Основные элементы сверла

Рабочая часть сверла содержит следующие **конструктивные элементы**:

передняя поверхность (рисунок 13, I) – часть поверхности винтовой канавки, по которой сходит стружка. Передняя поверхность сверла представляет собой винтовую поверхность, состоящую из семейства винтовых линий, у которых одинаковый шаг и различный диаметр. Поэтому угол наклона этих винтовых линий различный;

– **главная задняя поверхность** (рисунок 13, II) – торцовая поверхность зуба сверла;

– **ленточка** (вспомогательная задняя поверхность) (рисунки 2.1, 2.2) – узкая полоска на зубе сверла, расположенная вдоль винтовой канавки, предназначенная для направления сверла и уменьшения трения сверла об обрабатываемую поверхность;

– **спинка** (затылок) зуба (рисунок 13, III);

– **сердцевина** (диаметр d_c , рисунок 13).

Режущие лезвия сверла:

- **главное режущее лезвие** – линия пересечения передней и задней поверхностей, поскольку у сверла два зуба, то и два главных режущих лезвия (2-3 и 4-5, рисунок 13);
- **поперечное режущее лезвие (перемычка)** – линия пересечения обеих главных задних поверхностей (3-4, рисунок 13);
- **вспомогательное режущее лезвие** – пересечение передней поверхности с поверхностью ленточки. У сверла два вспомогательных лезвия (2-1; 5-6 рисунок 13).

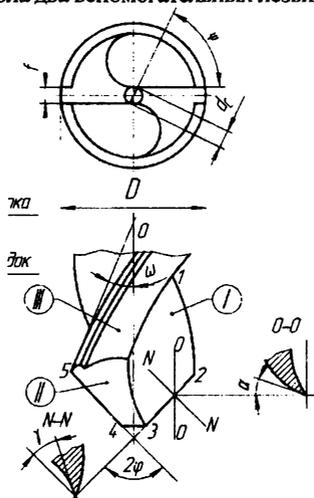


Рисунок 13 – Конструктивные элементы и геометрические параметры спирального сверла

3. Геометрические параметры сверла

Для оценки геометрических параметров свёрл используются такие же координатные плоскости (основная, резания, рабочая), как и для токарных резцов.

Так же как и у токарных резцов, основными геометрическими параметрами, определяющими процесс резания, являются передний и задний углы.

Передний угол γ – угол между касательной к передней поверхности в рассматриваемой точке режущей кромки и нормалью в той же точке к поверхности вращения режущей кромки вокруг оси сверла. Измеряется в плоскости N-N (рисунок 13).

Он неодинаков для разных точек режущей кромки (рисунок 14). На наружном диаметре передний угол максимален и находится в пределах 25...30°.

Величина переднего угла в зависимости от расположения точки на режущей кромке, в которой этот угол определяется, может быть найдена по формуле:

$$\operatorname{tg} \gamma_i = \frac{D_i \operatorname{tg} \omega}{D \sin \varphi}, \quad (10)$$

где γ_i – передний угол в i-й точке режущей кромки;

D_i – диаметр, на котором расположена i-я точка режущей кромки, мм.

Передний угол на чертежах сверла не проставляют, так как положение и форму передней поверхности сверла определяет угол наклона винтовой канавки, являющейся передней поверхностью сверла, что следует из формулы (10).

Если передний угол образуется при изготовлении сверла, то задний получают при его заточке.

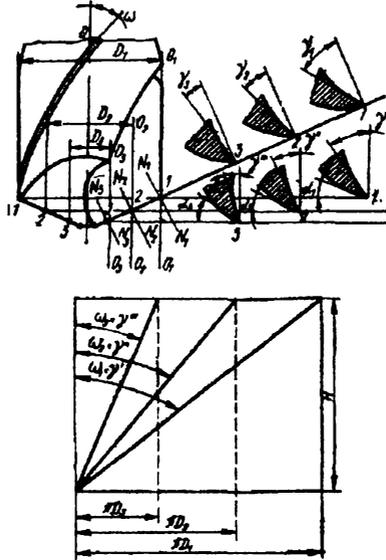


Рисунок 14 – Передние и задние углы в различных точках режущей кромки сверла

Задний угол α – представляет собой угол между касательной к задней поверхности в рассматриваемой точке режущей кромки и касательной в той же точке к окружности её вращения вокруг оси сверла. Измеряется в плоскости O-O (рисунок 13).

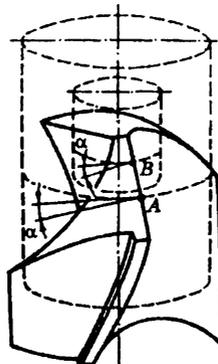


Рисунок 15 – Образование заднего угла α на кромке сверла в цилиндрических сечениях

Так как сверло при резании имеет подачу вдоль оси, то траектория точки режущей кромки винтовая, а действительный задний угол будет отличаться от статического на некоторую величину η :

$$\operatorname{tg}\eta = \frac{S_o}{\pi D}. \quad (11)$$

Из формулы (11) следует, что чем ближе располагается точка режущей кромки к оси сверла, тем значительно уменьшается задний угол в процессе работы. Поэтому при заточке сверла обеспечивают наибольшее значение заднего угла в ближайшей к центру точке режущей кромки с постепенным уменьшением его к периферии. Такая заточка сверла обеспечивает также и приблизительное равенство угла заострения зуба по всей длине режущей кромки, и, следовательно, его равнопрочность.

В основной плоскости определяются углы в плане.

Главный угол в плане ϕ – угол между плоскостью резания и рабочей плоскостью. От угла ϕ зависит ширина и толщина срезаемого слоя, а также прочность режущей части сверла. На практике, когда требуется быстро определять, для каких условий работы предназначено сверло, универсальным угломером измеряют угол между главными режущими кромками — угол при вершине 2ϕ . Однако на ширину и толщину среза влияет не угол 2ϕ , а угол ϕ на каждом пере сверла. При заточке можно получить точную величину угла 2ϕ , но разные величины углов ϕ на зубьях сверла. В данном случае условия работы на каждом зубе разные, ухудшаются условия резания, снижается точность и качество обработанного отверстия. Поэтому при заточке сверла необходимо измерять углы ϕ на каждом из перьев.

Вспомогательный угол в плане (угол обратного конуса) ϕ_1 – угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость сверла и рабочей плоскостью. У сверл диаметр рабочей части сверла уменьшают по направлению к хвостовику, т. е. делают обратную конусность для того, чтобы избежать защемления сверла в отверстии. Величина конусности невелика – 0,03...0,15 мм на 100 мм длины сверла, чтобы после переточек диаметр сверла изменялся незначительно.

Угол ϕ_1 можно определить по формуле:

$$\phi_1 = \operatorname{arctg}\left(\frac{D - D_1}{2l}\right), \quad (12)$$

где D и D_1 – диаметры сверла в начале и конце направляющей части;

l – длина направляющей части.

Угол наклона винтовой канавки ω – угол между касательной к ленточке и линией, параллельной оси сверла. Выбор величины угла ω зависит от обрабатываемого материала, глубины просверливаемого отверстия и других факторов. Сверла изготавливаются с углами $\omega = 15...60^\circ$.

Вспомогательный задний угол сверла α_1 – располагается в плоскости, нормальной к вспомогательной режущей кромке. Так как ленточка шлифуется по окружности, то вспомогательный задний угол сверла равен нулю.

Угол наклона перемычки ψ – угол между проекциями поперечной и главной режущей кромки на плоскость, перпендикулярную оси сверла. Величина этого угла при правильной заточке сверла $50...55^\circ$

При пересечении перемычки перпендикулярной к ней секущей плоскостью можно видеть, что угол резания перемычки больше 90° , т. е. передний угол перемычки – отрицательный. В результате перемычка не режет металл, а скоблит его (выдавливает). Из-за этого более 50% усилия подачи и около 15% крутящего момента возникает при резании поперечной режущей кромкой. На практике для уменьшения сил резания применяют различные методы подточки перемычки.

Методические указания

Конструктивные элементы сверла измеряются универсальными инструментами – штангенциркулем, микрометром; геометрические параметры – универсальным угломером и другими средствами.

На рисунке 16 показано измерение диаметра сверла штангенциркулем. Диаметр сердцевины d_c можно также измерить штангенциркулем либо воспользоваться микрометром с острыми наконечниками. Кроме этого, штангенциркулем измеряется длина рабочей части L и длина направляющей части l .

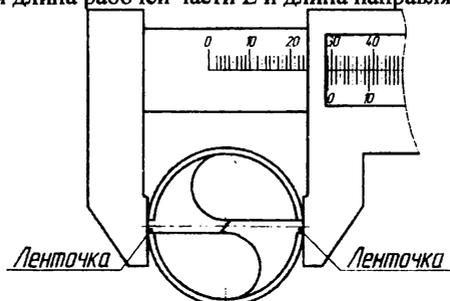
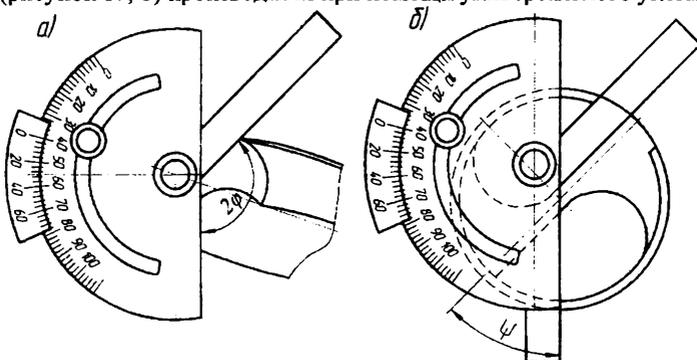


Рисунок 16 – Схема измерения диаметра сверла штангенциркулем

После измерения диаметров D и D_1 сверла в начале и конце направляющей части можно рассчитать угол обратного конуса ϕ_1 .

Измерение угла при вершине 2ϕ (рисунок 17, а), а также угла наклона перемычки ψ (рисунок 17, б) производится при помощи универсального угломера.



а – угла при вершине 2ϕ ; б – угла наклона поперечной режущей кромки ψ

Рисунок 17 – Схема измерения универсальным угломером

Угол наклона винтовой стружечной канавки ω определяют либо непосредственным измерением настольным угломером, при этом главную режущую кромку необходимо располагать в горизонтальной плоскости, либо определяют по отпечатку, получаемому путем прокатывания сверла по бумаге и измеряемому универсальным угломером. Для этого необходимо поместить сверло таким образом, чтобы его ось располагалась параллельно краю листа. Прижать его и прокатать, при этом вспомогательная режущая кромка оставит на листе отпечаток в виде прямой, наклонённой к краю листа под искомым углом ω (рисунок 18).

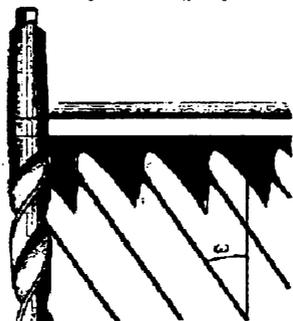


Рисунок 18 – Измерение угла наклона винтовой канавки ω

Результаты измерений сводим в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты измерения параметров сверла

Линейные размеры элементов сверла					Углы сверла			
D, мм	D ₁ , мм	L, мм	l, мм	d _C , мм	2φ, °	ω, °	φ ₁ , °	ψ, °

Порядок выполнения работы

1. Получить у преподавателя сверло с винтовыми канавками.
2. Определить на сверле все конструктивные элементы сверла и углы, характеризующие геометрию инструмента.
3. Выполнить эскиз сверла в двух проекциях с необходимыми сечениями, на которых обозначить все углы сверла и размеры. На эскизе изобразить элементы сечения срезаемого слоя и режима резания.
4. Изучить устройство угломеров для измерения углов сверла. Произвести измерения и результаты занести в таблицу 2.
5. Линейные размеры элементов сверла измеряются линейкой, штангенциркулем и микрометром.

Содержание отчета

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Перечень оборудования, инструментов и принадлежностей.
3. Эскиз сверла в двух проекциях с необходимыми сечениями, размерами и углами сверла, а также элементами сечения срезаемого слоя и режима резания.
4. Таблица с результатами расчёта и измерений параметров сверла, требуемые расчётные формулы.

Контрольные вопросы

1. Элементы режима резания и срезаемого слоя при сверлении.
2. Части и элементы сверла, их назначение.
3. В каких плоскостях измеряются геометрические параметры сверла?
4. Определения углов в плане сверла.
5. Определения и особенности главных переднего и заднего углов.
6. Особенности угла наклона винтовой канавки сверла в разных точках режущей кромки сверла.
7. Условия работы перемычки при резании и причины, их обуславливающие.
8. Определения вспомогательного заднего угла сверла, угла наклона перемычки.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ФРЕЗЕРОВАНИЯ, КОНСТРУКТИВНЫЕ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ФРЕЗ

Цель работы: закрепление сведений об основных частях и элементах различных видов фрез, их геометрических параметрах, элементах режима резания и срезаемого слоя. Ознакомление с методами измерения геометрических параметров фрез. Приобретение навыков эскизирования цилиндрических и торцевых фрез.

Инструменты и принадлежности: комплект фрез, угломеры, штангенциркуль.

Краткие теоретические сведения

1. Основные типы фрез

Фреза – многолезвийный инструмент, применяемый для обработки плоскостей, пазов, шлицев, тел вращения, зубчатых венцов, резьб и фасонных поверхностей. Фреза представляет собой тело вращения, на торце и (или) образующей поверхности которого имеются режущие зубья. Одновременное участие в работе нескольких зубьев обеспечивает высокую производительность обработки.

Основные типы фрез приведены на рисунке 19. Несмотря на многообразие фрез схема их работы соответствует цилиндрическому или торцевому фрезерованию.

При **цилиндрическом** фрезеровании ось фрезы параллельна обрабатываемой поверхности, работа производится зубьями, расположенными на цилиндрической поверхности фрезы.

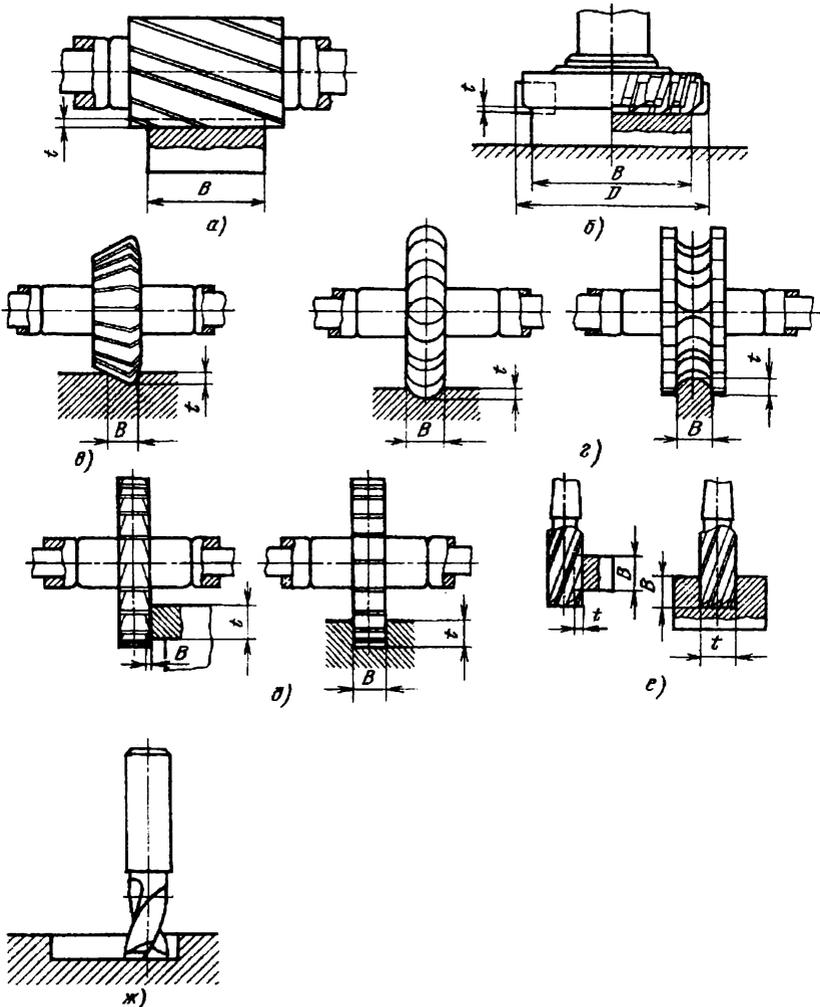
При **торцевом** фрезеровании ось фрезы перпендикулярна обработанной поверхности. В работе принимают участие кромки зубьев, расположенные не только на цилиндрической, но и на торцевой поверхности фрезы.

2 Движения, элементы режима резания и срезаемого слоя

Главное движение при фрезеровании – вращение фрезы. **Движение подачи** — поступательное или вращательное перемещение заготовки. Образованные при этом на заготовке поверхности приведены на рисунке 20.

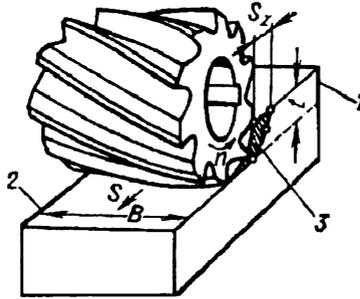
Скорость резания при фрезеровании v (м/мин) – окружная скорость наиболее удаленной от оси вращения точки режущей кромки фрезы. Скорость резания при известной частоте вращения n (мин⁻¹) и диаметре фрезы D (мм):

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/мин.} \quad (13)$$



а – цилиндрическая; *б* – торцовая; *в* – торцовая; *г* – фасонные;
д – дисковая двух- и трехсторонние; *е* – концевая; *ж* – шпоночная

Рисунок 19 – Основные типы фрез



1 – обрабатываемая поверхность; 2 – обработанная поверхность;
3 – поверхность резания

Рисунок 20 – Поверхности, образуемые на заготовке при фрезеровании

Подача S – скорость перемещения обрабатываемой заготовки относительно фрезы. Скорость подачи всегда меньше скорости главного движения. При фрезеровании существует три способа оценки величины подачи:

- на один зуб фрезы S_z – перемещение заготовки в направлении движения подачи за время поворота фрезы на один угловой шаг;
- за один оборот фрезы (оборотная) S_o – перемещение заготовки в направлении движения подачи за один полный поворот фрезы;
- за минуту (минутная) S_m – перемещение заготовки в направлении движения подачи за одну минуту.

Между ними существует следующее соотношение

$$S_m = S_o \cdot n = S_z \cdot z \cdot n, \quad (14)$$

где z – число зубьев фрезы.

Глубина резания t представляет собой расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями измеренное перпендикулярно последней (рисунок 20).

Ширина фрезерования B – ширина обрабатываемой поверхности в направлении, параллельном оси фрезы у цилиндрических фрез и перпендикулярном – у торцовых. У цилиндрических и торцовых фрез ширина фрезерования совпадает с шириной обрабатываемой заготовки, у дисковых фрез – с шириной паза, у концевых фрез – с глубиной паза (рисунок 21).

Размеры срезаемого слоя характеризуются следующими параметрами.

Угол контакта фрезы δ – центральный угол, соответствующий дуге контакта фрезы с заготовкой (рисунок 21).

Различают также **мгновенный угол контакта ψ** – центральный угол между радиусом, проведенным в начальную точку касания зуба фрезы с заготовкой, и радиусом, проведенным в точку мгновенного положения зуба.

Для цилиндрических, дисковых и фасонных фрез угол контакта зависит от глубины резания и диаметра фрезы:

$$\cos \delta = 1 - \left(\frac{2t}{D} \right), \quad (15)$$

Для торцевых фрез угол контакта определяется шириной фрезерования и диаметром фрезы.

Толщина среза a – длина нормали к поверхности резания, проведенной через рассматриваемую точку режущей кромки, ограниченная сечением срезаемого слоя (рисунок 21 и 22). Особенностью фрезерования является переменная величина толщины среза. Толщина срезаемого слоя для мгновенного положения зуба цилиндрической фрезы:

$$a_i = S_z \cdot \sin \psi_i. \quad (16)$$

Максимальная толщина слоя, срезаемого зубом цилиндрической фрезы:

$$a_{\max} = S_z \cdot \sin \delta, \quad (17)$$

минимальная – $a_{\min}=0$.

Максимальное значение толщины среза зубом торцевой фрезы, как следует из рисунка 21, будет иметь место при угле $\psi=90^\circ$ и равно:

$$a_{\max} = S_z \sin \varphi, \quad (18)$$

где φ – главный угол в плане.

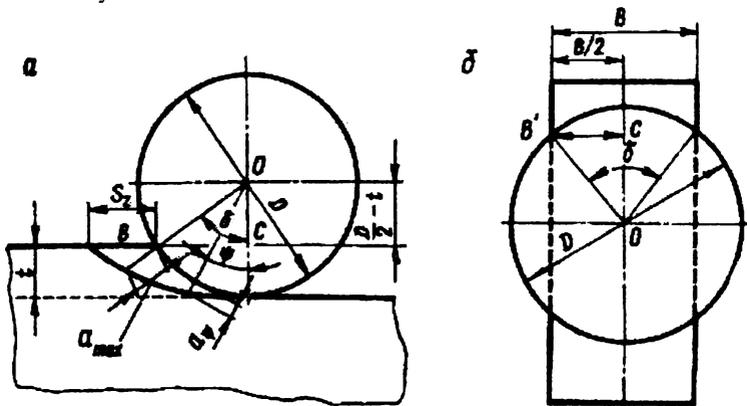


Рисунок 21 – Схема резания при цилиндрическом (а) и торцевом (б) фрезеровании

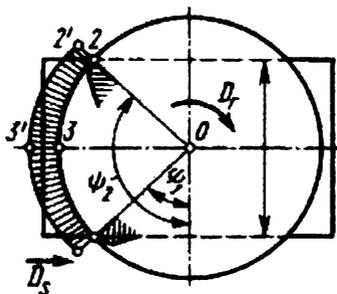


Рисунок 22 – Толщина срезаемого слоя при торцевом фрезеровании

Ширина среза b – длина стороны сечения срезаемого слоя, образованной поверхностью резания. Для прямозубой цилиндрической фрезы $b = B$, для цилиндрической фрезы с винтовыми зубьями является переменной величиной, изменяющейся от нуля в момент входа зуба в контакт с заготовкой до некоторой максимальной величины (рисунок 23). Для торцевой фрезы ширина среза постоянна и равна:

$$b = \frac{B}{\sin \varphi \cos \lambda}, \quad (19)$$

где φ – главный угол в плане;
 λ – угол наклона режущей кромки.

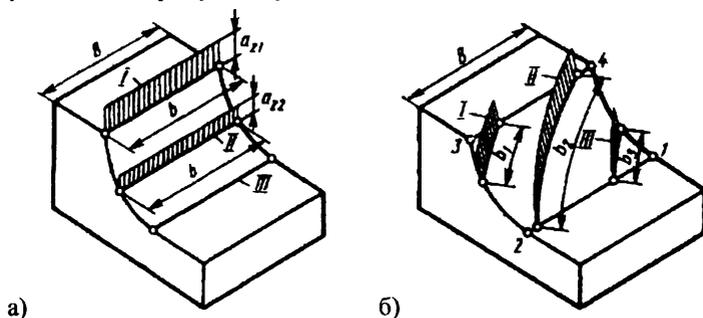


Рисунок 23 – Параметры сечения среза при обработке цилиндрической фрезой с прямыми (а) и винтовыми (б) зубьями

3 Геометрические параметры фрез

3.1 Цилиндрическая фреза

Цилиндрическая фреза представляет собой цилиндрическое тело, на поверхности которого выполнены канавки для размещения стружки. Пересечение канавки с цилиндрической поверхностью образует режущие кромки. Для более плавной работы фрезы и для увеличения числа одновременно работающих зубьев стружечные канавки делают винтовыми.

Классическая цилиндрическая фреза работает в условиях свободного резания, на каждом ее зубе имеется одна режущая кромка (рисунок 24).

Передней поверхностью цилиндрической фрезы является часть стружечной канавки у режущей кромки, а **задней** – поверхность цилиндра.

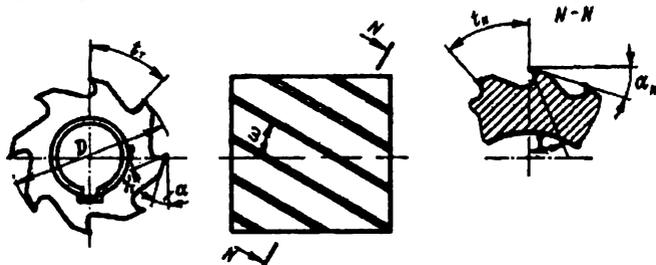


Рисунок 24 – Геометрические параметры цилиндрических фрез

Каждый режущий зуб фрезы, как и другого лезвийного инструмента, имеет такие же элементы и углы, как резец.

Главный передний угол γ – угол между передней поверхностью и основной плоскостью, проходящей через ось фрезы и рассматриваемую точку режущей кромки.

Этот угол обеспечивает сход стружки по передней поверхности и измеряется в плоскости $N - N$, перпендикулярной режущей кромке. В этой же плоскости измеряют задний угол α_N (рисунок 24).

Главный задний угол α — угол между касательной к задней поверхности фрезы и касательной к траектории движения рассматриваемой точки вокруг оси вращения фрезы. Траектория движения точки режущей кромки, определяющая положение плоскости резания, принимается за дугу окружности, поэтому главный угол измеряется в плоскости, перпендикулярной к оси фрезы. В этой плоскости измеряется передний угол γ_r .

Угол наклона винтовой канавки ω представляет собой угол наклона режущих кромок к оси фрезы.

У цилиндрических фрез также рассматривают:

– окружной шаг фрезы t_r в торцевой плоскости, который представляет собой длину дуги по торцу фрезы между двумя соседними зубьями:

$$t_r = \pi D / z, \quad (20)$$

где D – диаметр фрезы;

z – число зубьев фрезы.

– шаг зубьев в нормальном сечении t_N :

$$t_N = t_r \cos \omega; \quad (21)$$

– осевой шаг зубьев фрезы t_o :

$$t_o = t_r \operatorname{ctg} \omega; \quad (22)$$

– шаг винтовой канавки зуба фрезы:

$$H = \pi \cdot D \cdot \operatorname{ctg} \omega. \quad (23)$$

3.2 Торцовая фреза

У торцовых фрез зубья подобны проходным резцам (рисунок 25). В резании, кроме главной, участвует вспомогательная режущая кромка.

Зуб фрезы имеет углы в плане ϕ , ϕ_1 и ϵ .

Главный угол в плане ϕ – угол между плоскостью резания и рабочей плоскостью.

Вспомогательный угол в плане ϕ_1 – угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и рабочей плоскостью.

У вершины каждого зуба для упрочнения и улучшения условий теплоотвода затачивают переходную режущую кромку под углом $\phi_o = \phi / 2$.

Главный передний угол γ – это угол между касательной к передней поверхности зуба фрезы и основной плоскостью. Он измеряется в плоскости схода стружки $N - N$, принимаемой в направлении, перпендикулярном к режущей кромке.

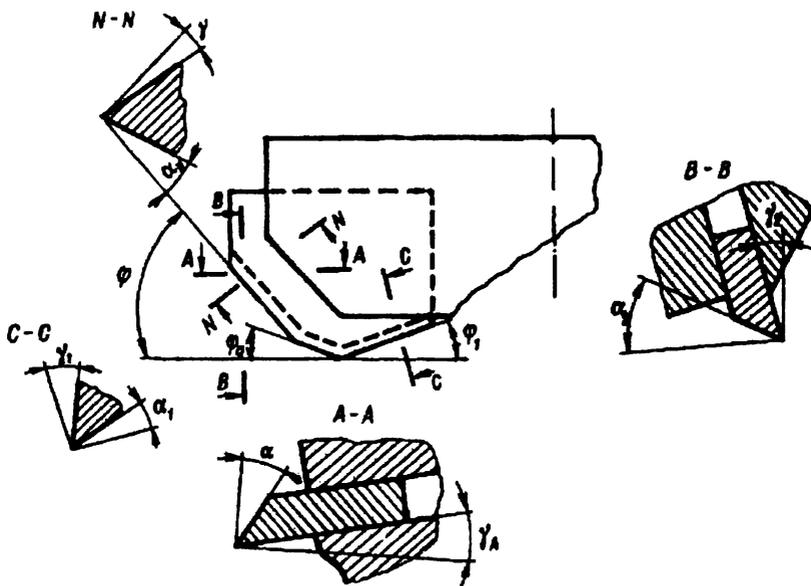


Рисунок 25 – Геометрические параметры торцовой фрезы

Главный задний угол α – угол между касательной к задней поверхности зуба фрезы и плоскостью резания, измеряется в плоскости *A-A*, перпендикулярной к оси фрезы, в которой лежит траектория движения точки режущей кромки.

В секущей плоскости *N-N* измеряют **нормальный задний угол α_N** :

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha \sin \varphi \quad (24)$$

У торцовых фрез рассматривают также **поперечный передний угол γ_A** в плоскости *A-A* и **продольные передний γ_2 и задний α_2** углы фрезы в секущей плоскости *B-B*, параллельной оси фрезы.

Между углами, измеряемыми в различных плоскостях, существует следующая зависимость:

$$\operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} \gamma_A \sin \varphi + \operatorname{tg} \gamma_2 \cos \varphi. \quad (25)$$

В секущей плоскости *C-C*, перпендикулярной вспомогательной режущей кромке, измеряется **вспомогательные передний γ_1 и задний α_1** углы.

Методические указания

Конструктивные элементы цилиндрической фрезы измеряются универсальными инструментами – штангенциркулем, микрометром; геометрические параметры – универсальным угломером, угломером М.М. Бабчиничера и другими средствами.

Измерение наружного диаметра D цилиндрической фрезы производим штангенциркулем аналогично рисунку 16. Кроме этого, штангенциркулем измеряются общая длина фрезы L и диаметр посадочного отверстия d .

Измерение угла наклона спирали цилиндрической фрезы β производится с помощью универсального угломера (рисунок 26).

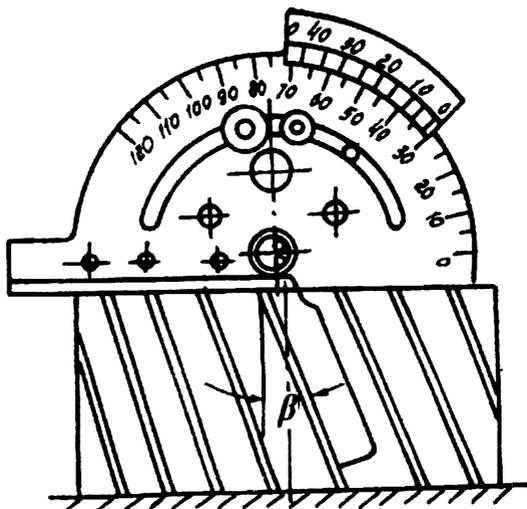


Рисунок 26 – Измерение наклона спирали цилиндрической фрезы β с помощью универсального угломера

Измерение переднего γ_r (рисунок 27, а) и заднего α_r (рисунок 27, б) углов цилиндрической фрезы производится угломером М.М. Бабчиничера.

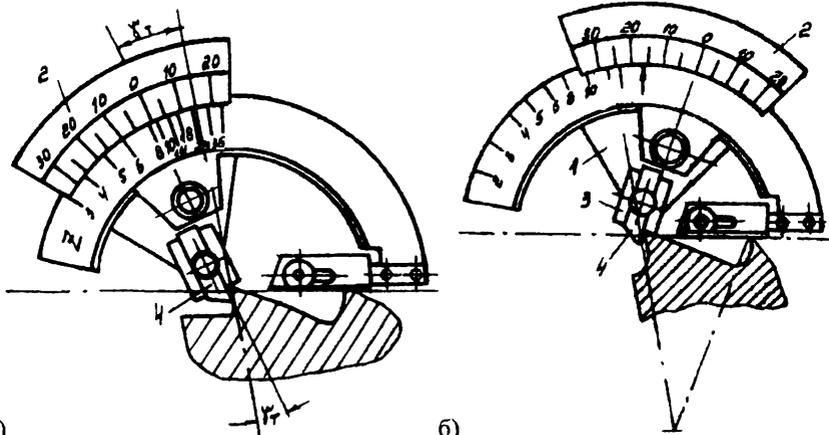
Для измерения переднего угла γ_r угломер М.М. Бабчиничера накладывают на вершины двух смежных зубьев (рисунок 27, а), сектор 2 поворачивают до совмещения мерительной плоскости пластинки 4 с передней поверхностью зуба фрезы и закрепляют винтом. Значение переднего угла отсчитывается на градусной шкале.

Для измерения заднего угла α_r (рисунок 27, б) настройка угломера тождественна настройке для измерения переднего угла γ_r . Сектор 2 поворачивают до совмещения мерительной плоскости пластинки 4 с задней поверхностью зуба и закрепляют винтом. Значение заднего угла α_r отсчитывается на градусной шкале против риски.

Затем по формулам 26 и 27 определяют действительные значения переднего γ и заднего α углов:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha_r}{\cos \beta}, \quad (26)$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} \gamma_r \cdot \cos \beta. \quad (27)$$



- а) 1 – основание; 2 – сектор; 3 – направляющая; 4 – измерительная ножка;
 б) 5 – подвижная линейка

Рисунок 27 – Измерение переднего γ_T (а) и заднего α_T (б) углов с помощью угломера М.М. Бабчиничера

Порядок выполнения работы

1. Получить у преподавателя фрезы различного типа.
2. Определить на фрезях все конструктивные элементы и углы, характеризующие геометрию инструмента.
3. Выполнить эскизы цилиндрической и торцевой фрез с необходимыми сечениями, на которых обозначить все углы и размеры. На эскизе изобразить поверхности заготовки и элементы сечения срезаемого слоя.
4. Получить у преподавателя и выполнить индивидуальное задание по определению численных значений геометрических параметров фрез.
5. Оформить отчет.

Содержание отчёта

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Перечень оборудования, инструментов и принадлежностей.
3. Эскизы фрез с необходимыми проекциями и сечениями, буквенными обозначениями размеров и углов, а также элементами сечения срезаемого слоя.
4. Индивидуальное задание.

Контрольные вопросы

1. Типы фрез.
2. Элементы режима резания при фрезеровании.
3. Элементы режима резания и сечения срезаемого слоя при фрезеровании (ширина, толщина, угол контакта и др.).
4. Геометрические параметры цилиндрической фрезы.
5. Геометрические параметры торцевой фрезы.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Характеристика процесса точения, конструктивные и геометрические параметры токарных резцов 3

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Особенности процесса сверления, конструктивные и геометрические параметры спиральных свёрл..... 12

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Особенности процесса фрезерования, конструктивные и геометрические параметры фрез..... 20

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители: *Александр Вячеславович Драган*
Виктор Александрович Сокол
Андрей Николаевич Парфиевич

Методические указания

к лабораторным работам по курсам «Теория резания» и «Резание материалов»
по теме «**Основные способы обработки резанием и геометрические
характеристики режущих инструментов**»
для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и
1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства»
дневной, вечерней и заочной форм обучения

Ответственный за выпуск: *Сокол В.А.*
Редактор: *Боровикова Е.А.*
Компьютерная верстка: *Колб К.С.*
Корректор: *Никитчик Е.В.*

Подписано в печать 23.11.2017 г. Формат 60×84/16. Бумага «Снегурочка».
Усл.-п.л. 1,74 Усл.-изд.л. 1,86. Тираж *40* экз. Заказ №1169.
Отпечатано на ризографе учреждение образования
«Брестский государственный технический университет».
224017, Брест, ул. Московская, 267.