

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ И ЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
для студентов направления
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
всех форм обучения

Часть 2

Севастополь
СевГУ
2021

УДК 621.9.02(076.5)
ББК 34.63-5-02я73
Р33

Р е ц е н з е н т :

А.Г. Колесов - кандидат техн. наук, доцент кафедры ТМ

Составители: Д. Е. Сидоров, А. Ю. Тараховский

Р33 Режущий инструмент и его проектирование: методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине для студентов направления подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» всех форм обучения : [В 3 ч.]. Ч. 2 / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Севастопольский государственный университет, Политехнический институт ; сост.: Д. Е. Сидоров, А. Ю. Тараховский. – Севастополь : СевГУ, 2021. – 36 с. – Текст : электронный.

Предназначены для оказания помощи студентам направления 15.03.05 "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Режущий инструмент и его проектирование».

УДК 621.9.02(076.5)
ББК 34.63-5-02я73

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Технологии машиностроения», протокол № 8 от 12 февраля 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Лабораторная работа № 4. Изучение геометрии и конструкции	
протяжек.....	4
2. Лабораторная работа № 5. Изучение геометрии и конструкции фрез..	13
3. Лабораторная работа № 6. Изучение геометрии и конструкции	
метчиков.....	22
Библиографический список.....	36

1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ И КОНСТРУКЦИИ ПРОТЯЖЕК

(Продолжительность выполнения – 2 часа)

Цель работы:

1. Изучить основные конструктивные элементы и геометрические параметры протяжек различных типов и конструкций;
2. Ознакомление со средствами и техникой измерения конструктивных элементов и геометрических параметров протяжек.

1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Протяжки – это многозубые высокопроизводительные инструменты с конструктивной подачей, нашедшие широкое применение в серийном и особенно в массовом производствах.

Протяжки предназначены для обработки внутренних и наружных поверхностей любой конфигурации с точностью по 7...9-му качеству и шероховатостью поверхностей с Ra до 1,25...0,20 мкм. Их можно отнести к разряду комбинированных инструментов, осуществляющих последовательно черновую и чистовую обработку.

Удаление припуска обеспечивается за счет того, что каждый последующий зуб протяжки выше предыдущего на некоторую величину S_z , называемую **подъемом на зуб**. По своей сущности подъем на зуб является подачей на зуб, которая изменяется дискретно, при входе зуба в работу. Величину подачи в процессе эксплуатации протяжки изменять нельзя, она заложена в самой конструкции и обычно не превышает величин, установленных для других видов обработки. Скорость резания быстрорежущими протяжками небольшая — 3...8 м/мин и обусловлена необходимостью получения малой шероховатости обработанной поверхности. Тем не менее процесс протягивания производительнее всех остальных методов лезвийной обработки. Например, протягивание плоскостей в 5...10 раз производительнее фрезерования, а протягивание отверстий производительнее зенкерования и развертывания в 10...15 раз. Это объясняется большой площадью сечения одновременно срезаемого слоя из-за большой длины одновременно режущих кромок. Кроме того, протяжки характеризуются высоким периодом стойкости (до 500 мин и более), большой суммарной стойкостью и во многих случаях являются единственным видом инструмента, обеспечивающего заданную точность и форму обработанной поверхности. Все это предопределило широкое применение протяжек не только в массовом и крупносерийном, но и в мелкосерийном производстве при обработке сложных профилей, хотя сами протяжки являются сложным и дорогим инструментом.

Применяемые в современном машиностроении протяжки разделяют по назначению на две большие группы: **внутренние протяжки**, используемые для обработки отверстий разного профиля (замкнутых контуров), и **наружные**

протяжки, применяемые для обработки всевозможных открытых поверхностей (незамкнутых контуров).

Главное движение протяжки, обеспечивающее процесс резания, чаще всего прямолинейное, поступательное. Реже встречаются протяжки с вращательным или винтовым главным движением.

Процесс протягивания осуществляется на специальных горизонтальных или вертикальных протяжных станках.

Протяжки классифицируют по следующим признакам:

- а) по форме обрабатываемых поверхностей – круглые, плоские и фасонные (шлицевые, многогранные, елочные и т. д.);
- б) по схемам резания – профильные, генераторные и комбинированные, которые в свою очередь подразделяются на одинарные и групповые;
- в) по конструкции – цельные и сборные;
- г) по режущему материалу – быстрорежущие и твердосплавные;
- д) по способу формирования обработанной поверхности – режущие, уплотняющие, деформирующие и комбинированные, состоящие из режущей и уплотняющей или деформирующей частей.

На рисунке 1.1 показано несколько схем протягивания:

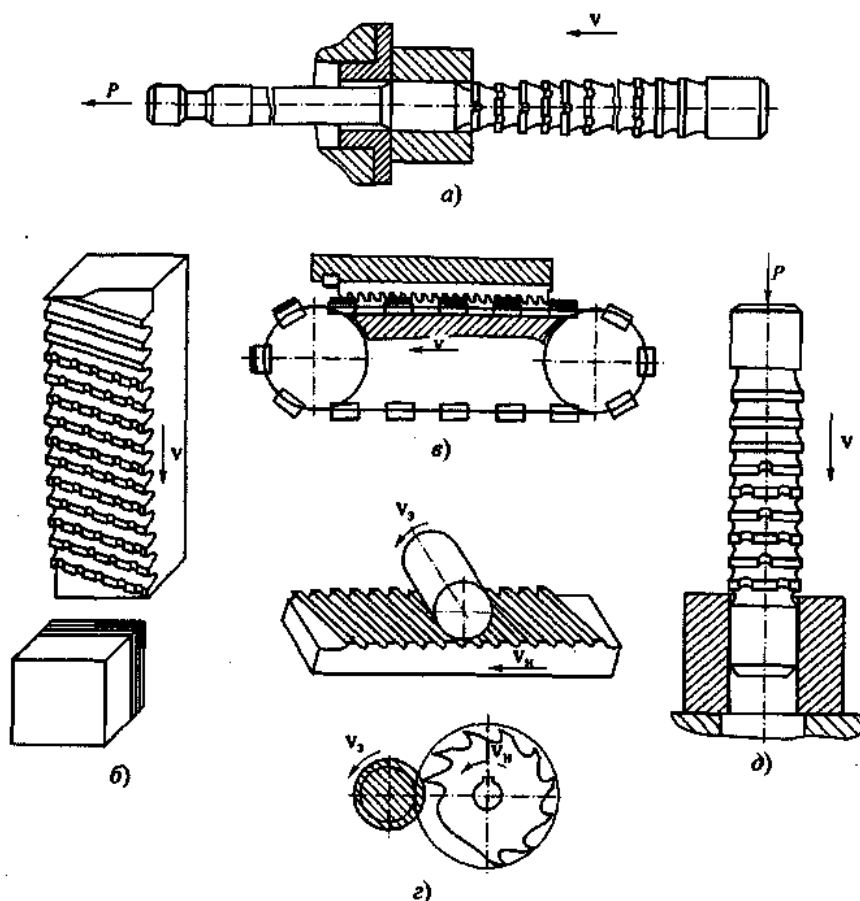


Рисунок 1.1 – Схемы протягивания:

а – отверстий; б – плоскостей; в – непрерывное протягивание наружной поверхности; г – обработка цилиндрической поверхности плоской и круглой протяжками; д – обработка отверстия прошивкой

- при обработке отверстий (рис. 1.1, а) и наружных поверхностей (рис. 1.1, б) с возвратно-поступательным движением инструмента и неподвижной заготовкой;

- при непрерывном протягивании наружных поверхностей с автоматической загрузкой и выгрузкой заготовок, перемещающихся относительно неподвижной протяжки (рис. 1.1, в);

- при обработке тел вращения плоскими или круглыми протяжками (здесь главное движение или прямолинейное, или вращательное, при этом протяжка совершает один оборот) (рис. 1.1, г);

при обработке отверстий прошивками (рис. 1.1, д) сила приложена к торцу инструмента и, таким образом, прошивки работают на сжатие. Для обеспечения продольной устойчивости прошивок их длина не должна превышать 15 диаметров. По конструкции прошивки подобны протяжкам.

Встречаются и другие схемы протягивания, которые, как и сам инструмент, постоянно совершенствуются.

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

Различают следующие схемы резания:

а) по способу деления припуска по толщине и ширине – одинарная и групповая;

б) по способу формирования обработанной поверхности – профильная, генераторная и комбинированная.

Рассмотрим первые две схемы на примере обработки круглых отверстий.

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

Для цилиндрических протяжек ориентировочные значения a_z при обработке: сталей – $a_z = 0,02...0,04$ мм; чугуна – $a_z = 0,03...1,0$ мм; алюминия – $a_z = 0,02...0,05$ мм; бронзы и латуни – $a_z = 0,05...0,12$ мм.

Схема группового резания отличается от вышеописанной тем, что все режущие зубья делятся на группы или секции, состоящие из 2...5 зубьев, в пределах которых зубья имеют одинаковый диаметр. Припуск по толщине делится между группами зубьев, а по ширине – между зубьями группы благодаря широким выкружкам, выполненным в шахматном порядке. Каждый зуб снимает отдельные части припуска участками режущей кромки, где нет выкружек. При этом благодаря большой ширине выкружек снимаемая стружка не имеет ребер жесткости, хорошо скручивается в канавках между зубьями. За счет этого при групповой схеме резания возможно существенное сокращение длины режущей части протяжки и повышение стойкости протяжек в 2 - 3 раза по сравнению с одинарной схемой резания.

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

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

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

При высоких требованиях к шероховатости обработанной поверхности рекомендуется использовать **комбинированную схему**, при которой два-три последних режущих и калибрующие зубья работают по профильной, а остальные – по генераторной схеме.

Работоспособность протяжки во многом зависит от выбранной формы зубьев и размеров стружечных канавок. Зубья протяжки должны удовлетворять следующим основным требованиям:

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

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

На рис. 1.2 показаны профили зубьев и стружечных канавок, нашедшие наибольшее применение на практике: с прямолинейной (а) и криволинейной спинками (б), с канавкой удлиненной формы (в).

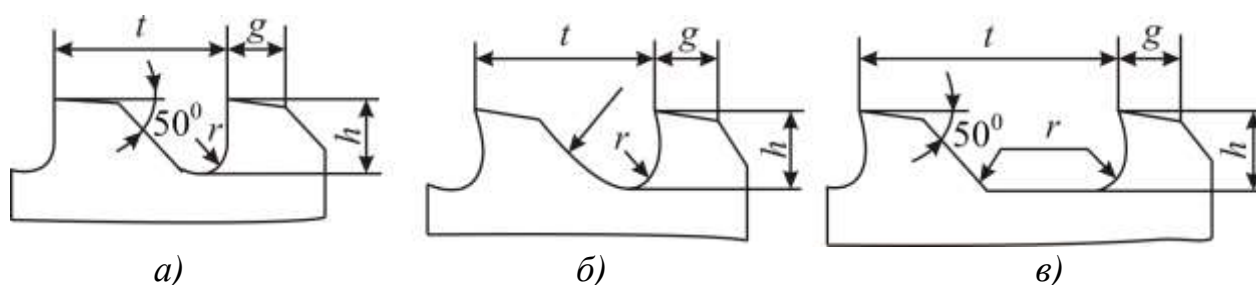


Рисунок 1.2 – Профиль режущих зубьев и стружечных канавок протяжек:
а – с прямолинейной спинкой; б – с криволинейной спинкой; в – с канавкой удлиненной формы

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

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

Удлиненную форму стружечной канавки рекомендуется применять, при обработке глубоких отверстий и при отношении $\frac{h}{t} \leq 0,35$.

Основные размеры зубьев и стружечных канавок с прямолинейной и криволинейной спинками ориентировочно можно определить по следующим соотношениям:

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

а для стружечных канавок удлиненной формы:

$$h = (0,15...0,20)t; \quad r = 0,5h; \quad g = (1,5...1,6)^{\sqrt[3]{d}},$$

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

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

1.1.1. Конструктивные и геометрические параметры протяжки

Составные части внутренних протяжек показаны на примере круглой протяжки для обработки цилиндрического отверстия (рис. 1.3).

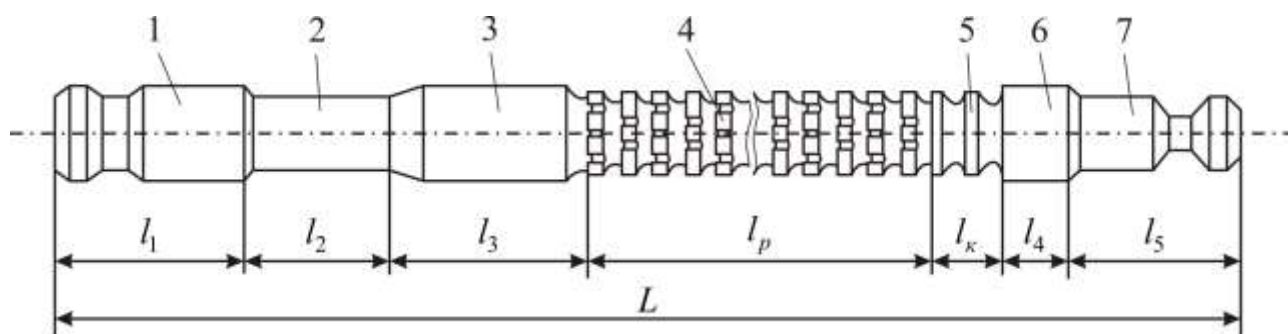


Рисунок 1.3 – Конструктивные элементы протяжки для обработки отверстий:

1 – хвостовик; 2 – шейка; 3 – передняя направляющая; 4 – режущая часть; 5 – калибрующая часть; 6 – задняя направляющая; 7 – задний хвостовик (задняя замковая часть)

К основным конструктивным элементам протяжек относятся хвостовик, шейка, передняя и задняя направляющая, режущая и калибрующая часть, задний хвостовик.

Хвостовик служит для присоединения протяжки к патрону станка. Основные типы и размеры хвостовиков стандартизированы (ГОСТ 4044-70).

При этом диаметр хвостовика должен быть меньше диаметра отверстия под протягивание на 1...2 мм.

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

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

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

Для автоматического возврата протяжки в исходное положение после протягивания, особенно при больших длине и диаметре протяжки, после задней направляющей иногда предусматривается задняя замковая часть, закрепляемая в патроне каретки станка, и которая по форме подобна переднему хвостовику. Наличие задней замковой части позволяет предохранять протяжку от провисания и перекося в отверстии и позволяет избежать искажения формы и размера обработанного отверстия.

Режущая (рабочая) часть протяжки служит для удаления припуска и формирования поверхности протянутого отверстия. Она содержит черновые и чистовые, а при групповой схеме резания еще и переходные зубья, располагаемые на ступенчато-конической поверхности. Длина режущей части равна произведению числа зубьев на их шаг, который, в свою очередь, зависит от требований к точности протягиваемого отверстия, шероховатости его поверхности и величины снимаемого припуска. Диаметры зубьев рассчитывают исходя из принятой схемы резания.

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

протяжки.

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

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

На рисунке 1.4 приводится геометрия режущих элементов протяжки.

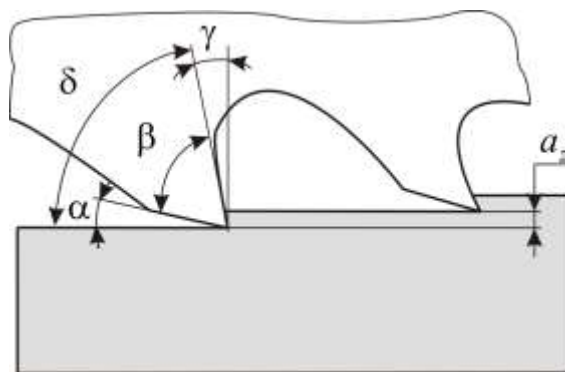


Рисунок 1.4 – Геометрические параметры зубьев протяжки: γ – передний угол; α – задний угол; β – угол заострения; δ – угол резания; a_z – толщина среза или подача на зуб

К геометрическим параметрам зубьев протяжки относятся: передний γ и задний α углы.

Передний угол выбирается в зависимости от обрабатываемого материала. Так, для сталей разных групп обрабатываемости $\gamma = 10 \dots 20^\circ$, для чугунов разной твердости $\gamma = 4 \dots 10^\circ$, для алюминия и меди $\gamma = 12 \dots 15^\circ$.

Задний угол принимается равным на черновых зубьях $\alpha = 3^\circ$, на чистовых $\alpha = 2^\circ$, а на калибрующих $\alpha = 0 \dots 1^\circ$. Эти значения задних углов значительно меньше оптимальных, в результате чего снижается стойкость инструмента. Однако увеличивать их нельзя, так как это привело бы к быстрой потере размера протяжки при переточках.

1.1.2. Измерение протяжек

Измерение углов γ и α производится специальным угломером.

Конструктивные элементы измеряются с помощью микрометра или штангенциркуля. Ширина стружкоделительной канавки определяется с помощью инструментального микроскопа или специальной лупы со шкалой.

Полученные результаты измерений заносятся в протокол измерений.

1.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Нарисовать эскиз протяжки с указанием конструктивных и геометрических элементов;
2. Произвести необходимые измерения конструктивных элементов и геометрических параметров протяжки. Результаты измерения занести в таблицу 1.1;
3. Составить отчет о проделанной работе.

Таблица 1.1 – Протокол измерений

Показатель	Значение
Тип протяжки	
Материал инструмента	
Длина хвостовика l_1 , мм	
Длина шейки l_2 , мм	
Длина передней направляющей l_3 , мм	
Длина режущей части l_p , мм	
Длина калибрующей части l_k , мм	
Длина задней направляющей l_4 , мм	
Длина задней замковой части l_5 , мм	
Диаметр протяжки d , мм	
Диаметр хвостовика, мм	
Диаметр передней направляющей, мм	
Диаметр задней направляющей, мм	
Диаметр задней замковой части, мм	
Длина задней грани зуба g , мм	
Число зубьев: - режущих - калибрующих	
Шаг зубьев t , мм - режущих - калибрующих	
Глубина канавки (высота зуба) h , мм	
Радиус закругления канавки r и R , мм	
Передний угол γ , град.	
Задний угол α , град.	
Толщина среза a_z , мм	

1.3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет содержит:

- а) основные теоретические положения, изложенные в разделе 1.1 настоящих методических указаний;
- б) эскиз протяжки с указанием всех углов и геометрических размеров;
- в) заполненный протокол измерений (таблица 1.1);
- г) выводы по работе.

1.4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое протяжка?
2. Назначение и технологические возможности протяжек.
3. Классификация протяжек.
4. Разновидности конструкций протяжек.
5. Назовите основные конструктивные элементы протяжки.
6. Назовите основные геометрические элементы протяжки.
7. Какие приборы применяются для измерения углов протяжки?

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ И КОНСТРУКЦИИ ФРЕЗ

(Продолжительность выполнения – 2 часа)

Цель работы:

1. Изучить основные конструктивные элементы и геометрические параметры фрез различных типов и конструкций;
2. Ознакомление со средствами и техникой измерения конструктивных элементов и геометрических параметров фрез.

2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Фрезы – это многозубые режущие инструменты, применяемые для обработки плоскостей, пазов, фасонных поверхностей, тел вращения, а также для разрезки материалов.

В процессе фрезерования в контакте с заготовкой, как правило, находится несколько зубьев, снимающих стружку переменной толщины. При этом благодаря большой суммарной активной длине режущих кромок обеспечивается высокая производительность процесса фрезерования. Повышению производительности также способствует высокая скорость фрезерования, которая достигается за счет периодического выхода зубьев из зоны резания, обеспечивающего охлаждение и снятие тепловой напряженности в режущем клине.

Кинематика процесса фрезерования состоит из двух движений: главного – вращения фрезы вокруг оси, вспомогательного – движения подачи инструмента или детали

Фрезы можно классифицировать по следующим основным признакам:

1) по конструкции режущих зубьев и способу их заточки – фрезы с остроконечными зубьями, перетачиваемыми по задней поверхности и с затылованными зубьями, перетачиваемыми по передней грани;

К группе фрез с острозаточенной формой зубьев относят цилиндрические, торцовые, угловые, дисковые, концевые и фасонные фрезы. В группу фрез с затылованной формой зубьев включают выпуклые и вогнутые фасонные фрезы, дисковые модульные, червячные модульные и шлицевые, резьбовые фрезы.

2) по форме и расположению режущих кромок относительно оси вращения инструмента – фрезы цилиндрические, дисковые, торцовые, концевые, угловые, фасонные (рис. 2.1);

3) по направлению зубьев к оси фрезы – фрезы прямозубые, винтовые, с наклонными зубьями;

4) по способу крепления на станке – фрезы насадные с отверстием под оправку и концевые с цилиндрическим или коническим хвостовиком;

5) по конструкции фрезы – цельные и сборные со вставными зубьями, в том числе с напаянными или механически закрепляемыми режущими пластинами из твердого сплава или СТМ.

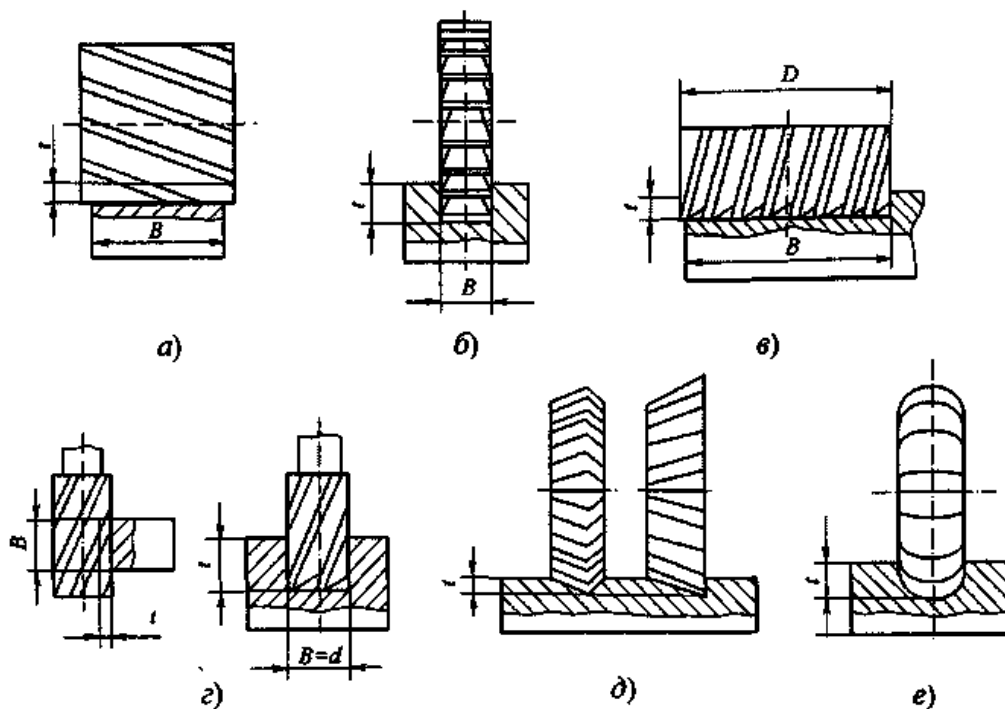


Рисунок 2.1 – Типы фрез:

a – цилиндрическая; *б* – дисковая; *в* – торцовая; *г* – концевые; *д* – угловые; *е* – фасонная

Цилиндрические фрезы (рисунок 2.1, *a*) предназначены для обработки плоскостей. Схема работы цилиндрической фрезы на фрезерном станке общего назначения: фреза, насаженная на оправку и удерживаемая на ней при помощи шпонки, вращается вокруг своей оси, а обрабатываемая деталь перемещается поступательно. В процессе резания фреза снимает за один проход слой металла толщиной t , называемый глубиной резания. Цилиндрическая фреза представляет собой цилиндрическое тело с винтовыми канавками для схода стружки, прорезанными на образующей поверхности, и зубьями, имеющими режущие кромки. Винтовая форма режущих зубьев цилиндрической фрезы обеспечивает им плавность в работе, уменьшает удары и вибрации. Наклон зуба определяется углом ω между осью фрезы и проекцией, касательной к винтовой линии.

Дисковые фрезы (рисунок 2.1, *б*) предназначены для обработки пазов и уступов. Дисковые фрезы разделяют на односторонние (рисунок 2.4, *a*), двухсторонние (рисунок 2.4, *б*), трехсторонние (рисунок 2.4, *в*) и двухсторонние разнонаправленные (рисунок 2.4, *г*).

Торцовые фрезы (рисунок 2.1, *в*) предназначены для обработки плоскости.

Концевые фрезы предназначены для обработки пазов и уступов. У концевых фрез (рисунок 2.1, *г*) главные режущие кромки расположены на цилиндрической поверхности, вспомогательные – на торцевой. Стружку снимают зубья, расположенные на цилиндрической части фрезы, торцовые же зубья зачищают обработанную поверхность.

Угловые фрезы (рисунок 2.1, *д*) предназначены для обработки угловых

пазов и наклонных плоскостей. Угловые фрезы разделяют на одноугловые и двухугловые.

Фасонные фрезы (рисунок 2.1, е) предназначены для обработки фасонных поверхностей. Фасонные фрезы с затылованными зубьями бывают с выпуклым профилем и с вогнутым профилем.

2.1.1. Конструктивные и геометрические параметры фрез

К основным конструктивным элементам фрез относятся: толщина тела фрезы, диаметр посадочного отверстия, наружный диаметр фрезы, а также длина, толщина и ширина рабочей части фрезы, число канавок, крепежная часть (хвостовик).

Геометрические параметры фрез представлены на рисунках 2.2 – 2.5

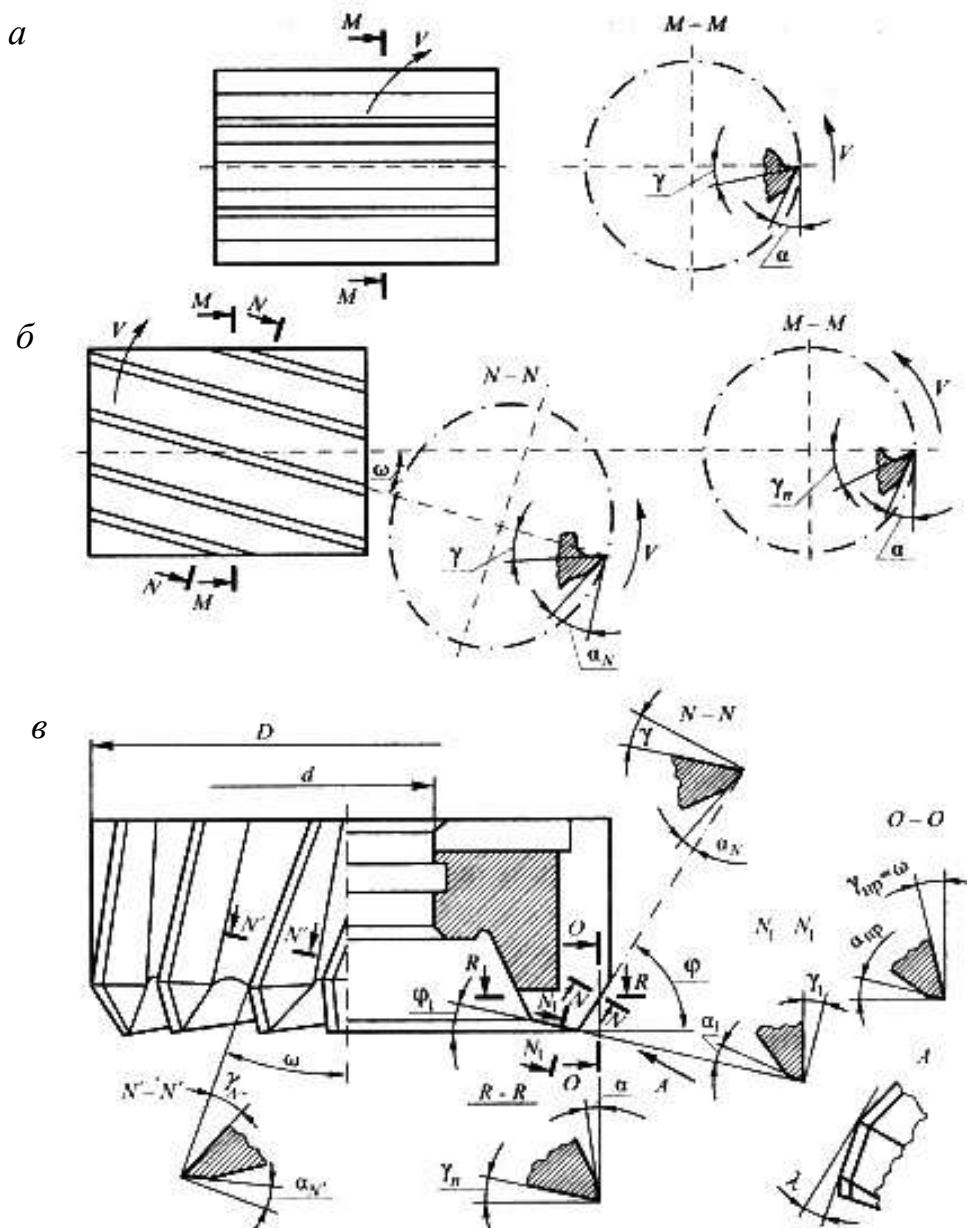


Рисунок 2.2 – Геометрические параметры фрез:

а – цилиндрической с прямым зубом; *б* – цилиндрической с винтовым зубом;
в – торцевой

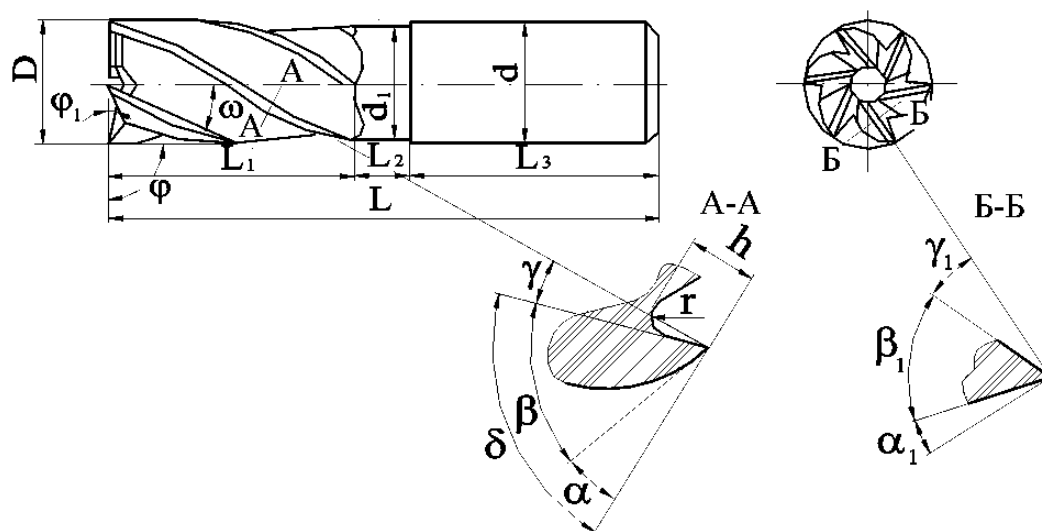


Рисунок 2.3 – Конструктивные и геометрические параметры концевых фрез:
 L_1 – длина рабочей части; L_2 – длина шейки; L_3 – длина хвостовика; L – длина фрезы; D – диаметр фрезы; d_1 – диаметр шейки; d_2 – диаметр хвостовика;
 ω – угол наклона зубьев фрезы

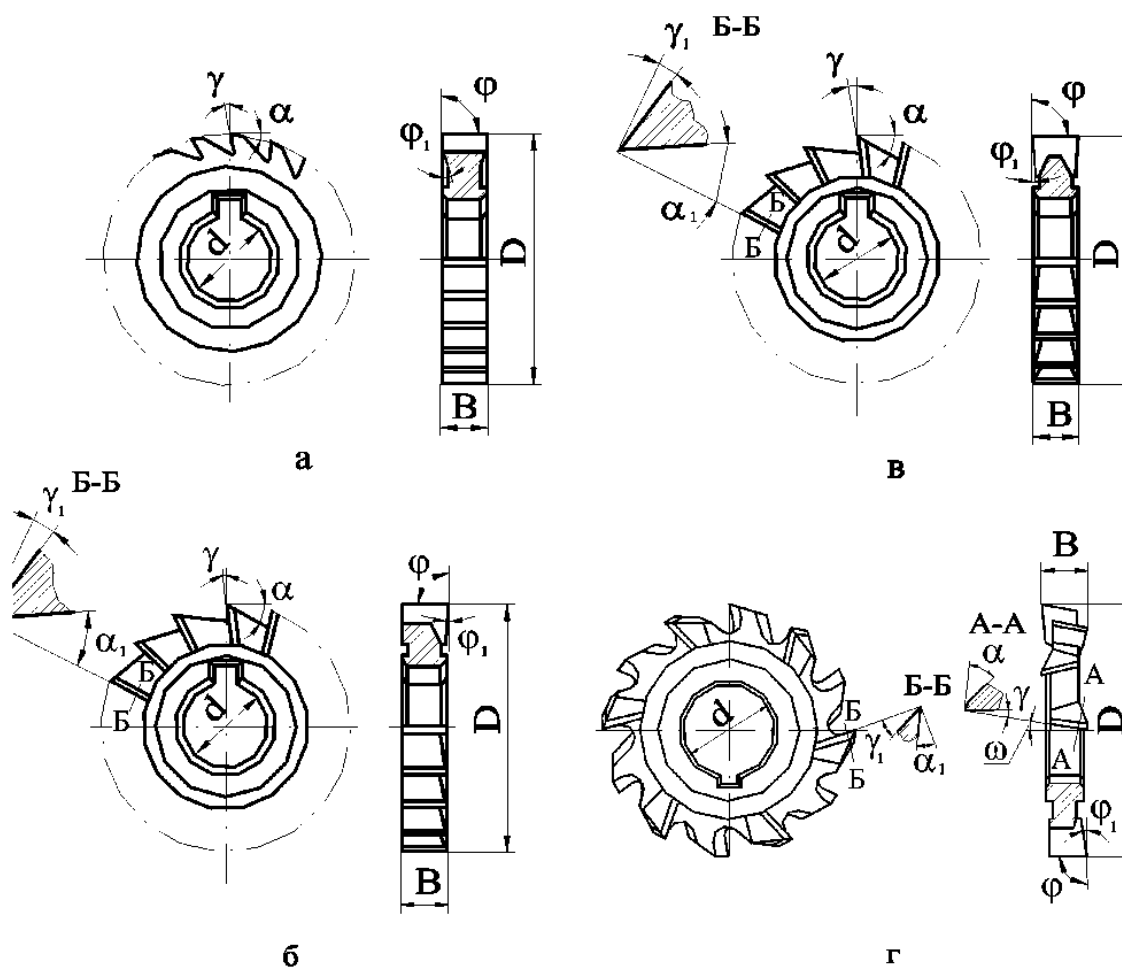


Рисунок 2.4 – Конструктивные и геометрические параметры концевых фрез:
 а – односторонние; б – двухсторонние; в – трехсторонние;
 г – двухсторонние разнонаправленные

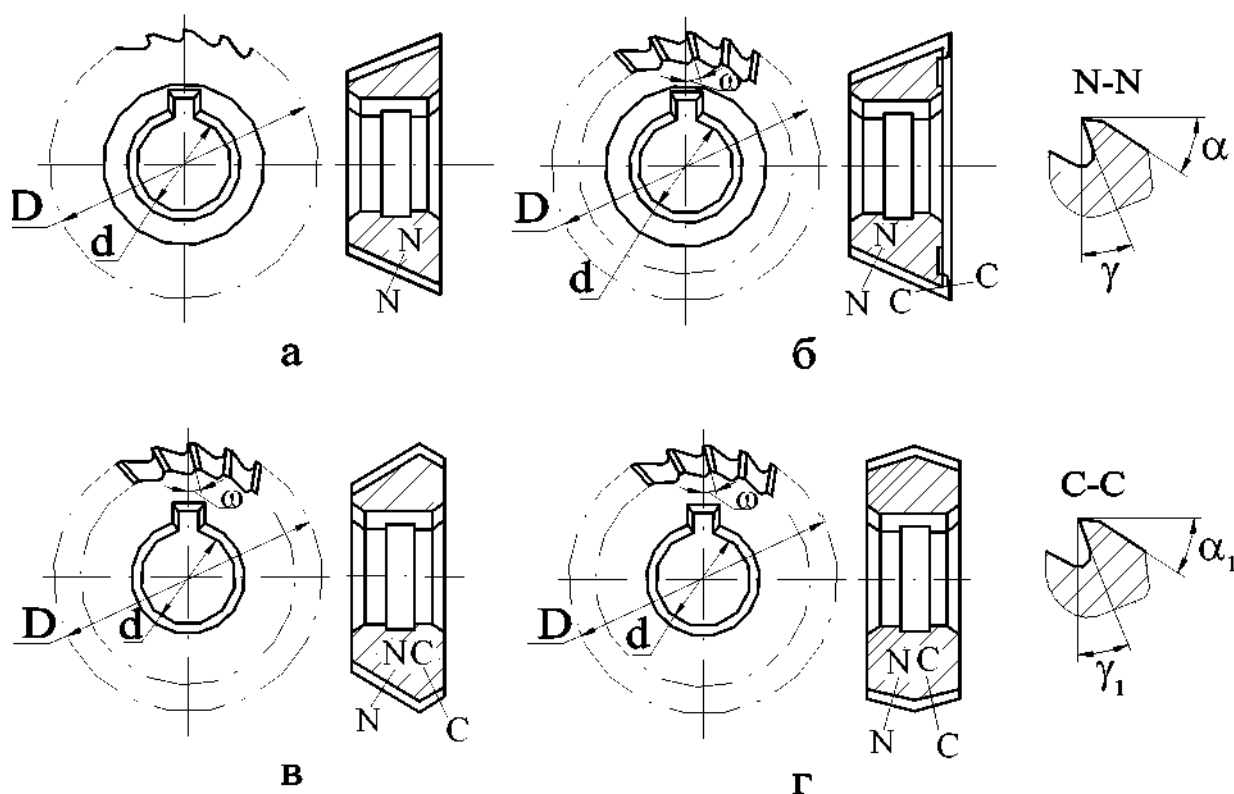


Рисунок 2.5 – Конструктивные и геометрические параметры угловых фрез:
а, б – одноугловые; в, г – двухугловые

К геометрическим параметрам относятся: главный передний γ и задний α углы, главный угол заострения β , угол в плане φ , вспомогательный угол в плане φ_1 , угол подъема винтовых зубьев ω и углы наклона главных режущих кромок λ .

Главные передний γ и задний α углы измеряются в главной секущей плоскости, т.е. в плоскости NN , перпендикулярной к главной режущей кромке в рассматриваемой точке.

На рисунке 2.6, а показано измерение главного заднего угла α с помощью угломера Бабчиничера. Установлен следующий порядок измерения:

1) угломер накладывают на лезвия двух соседних зубьев 1 и 2 так, чтобы режущее лезвие измеряемого зуба 1 упиралось в вершину угла, составленного измерительной плоскостью планки 6 и планки 3, торцовая часть угломера была перпендикулярна к оси фрезы, а планка 7 базировалась на зубе 2;

2) поворачивают сектор 4 угломера до совмещения измерительной плоскости планки 3 с задней поверхностью зуба фрезы;

3) отсчитывают по градусной шкале сектора 4 значение главного заднего угла; оно соответствует дуге между штрихом 0° на градусной шкале 4 и одним из штрихов на шкале 5, соответствующим числу зубьев фрезы z .

- 4) Например, для зубьев фрезы $z = 18$ главный задний угол $\alpha = 26^\circ$.

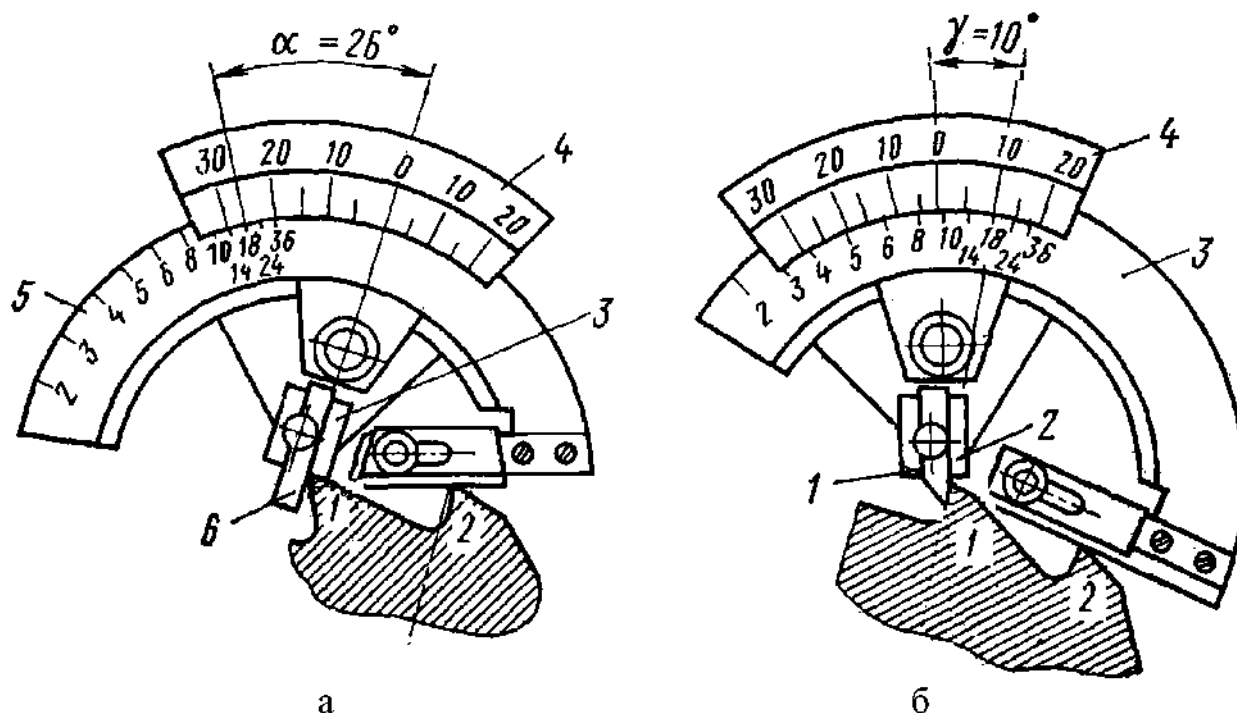


Рисунок 2.6. – Измерение главного заднего угла α и переднего угла γ

При измерении главного переднего угла γ (рисунок 2.6, б) соблюдают такую последовательность:

1) на лезвия двух соседних зубьев накладывают угломер так, чтобы режущее лезвие измеряемого зуба упиралось в вершину угла, составленного измерительной плоскостью планки 1 и планки 2, торцовая часть угломера была перпендикулярна к оси фрезы, а планка 5 базировалась на последующем зубе;

2) поворачивают сектор 4 угломера до совмещения измерительной плоскости планки 1 с передней поверхностью зуба фрезы;

3) отсчитывают по градусной шкале сектора 4 значение переднего угла; оно соответствует дуге между штрихом 0° на градусной шкале 4 и одним из штрихов на шкале 3, соответствующим числу зубьев фрезы (шкала 4 - шкала числа зубьев измеряемых фрез).

- 4) Например, для зубьев фрезы $z = 18$ главный передний угол $\gamma = 10^\circ$.

Вспомогательные передний γ_1 и задний α_1 углы рассматриваются в торцовой плоскости, а, именно, в секущей плоскости, перпендикулярной к вспомогательной режущей кромке в рассматриваемой точке. Измерение вспомогательного заднего угла α_1 осуществляют с помощью маятникового угломера. Вспомогательный передний γ_1 угол измеряется аналогично углу подъема винтовых зубьев ω и, следовательно, равен ему.

Угол подъема винтовых зубьев ω находят непосредственным измерением его по следу винтовой линии фрезы на плоскость. Винтовую линию фрезы

развертывают методом накатки через копировальную бумагу.

Угол наклона главной режущей кромки λ измеряется аналогично углу подъема винтовых зубьев ω и, следовательно, равен ему.

Шаг винтовой линии H является важным элементом фрезы, определяемый по формуле:

$$H = \pi \cdot D \cdot \operatorname{ctg} \omega,$$

где D – диаметр фрезы, мм; ω – угол подъема винтовых зубьев, град.

Угол резания фрезы в главной секущей плоскости определяют по формуле:

$$\delta = 90^\circ - \gamma.$$

Главный угол заострения в главной секущей плоскости определяют по формуле:

$$\beta = 90^\circ - (\gamma + \alpha).$$

Вспомогательный угол заострения в секущей плоскости, перпендикулярной к вспомогательной режущей кромке:

- измеряют с помощью универсального угломера;
- определяют по формуле:

$$\beta_1 = 90^\circ - (\gamma_1 + \alpha_1).$$

2.1.2. Измерение фрез

Для измерения геометрических и конструктивных элементов фрезы используют следующий измерительный инструмент: измерительную линейку, универсальный угломер, маятниковый угломер, угломер Бабчиничера, штангенциркуль.

Диаметр D (мм) фрезы измеряют штангенциркулем. Ширину B насадных фрез и длины L , L_1 , L_2 , L_3 концевой фрезы (мм) – измерительной линейкой.

Способы измерения геометрических параметров одинаковы для всех типов фрез, за исключением сборной твердосплавной фрезы, у которой ножи по конструкции и геометрии напоминают резцы.

2.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Нарисовать эскиз фрезы с указанием конструктивных элементов и геометрии рабочей части;
2. Произвести необходимые измерения конструктивных элементов и геометрических параметров фрезы. Результаты измерения занести в таблицу 2.1;
3. Составить отчет о проделанной работе.

Таблица 2.1 – Протокол измерений

Показатель	Значение
Тип фрезы	
Материал инструмента	
Толщина тела t фрезы, мм	
Наружный диаметр D фрезы, мм	
Диаметр посадочного отверстия d , мм	
Рабочая часть фрезы: длина, мм толщина, мм ширина, мм	
Число зубьев z фрезы	
Длина рабочей части L_1 , мм	
Длина шейки L_2 , мм	
Длина хвостовой части L_3 , мм	
Общая длина фрезы L , мм	
Ширина B фрезы, мм	
Угол наклона винтовой линии ω , град.	
Шаг винтовой линии H , мм	
Главный задний угол α , град.	
Главный передний угол γ , град.	
Главный угол заострения β , град.	
Угол резания δ , град.	
Вспомогательный задний угол α_1 , град.	
Вспомогательный передний угол γ_1 , град.	
Вспомогательный угол заострения β_1 , град.	
Угол наклона главной режущей кромки λ , град.	
Главный угол в плане φ , град.	
Вспомогательный угол в плане φ_1 , град.	

2.3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет содержит:

- а) основные теоретические положения, изложенные в разделе 2.1 настоящих методических указаний;
- б) эскиз фрезы с указанием всех углов и геометрических размеров;
- в) заполненный протокол измерений (таблица 2.1);
- г) выводы по работе.

2.4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое фреза?
2. Классификация фрез.
3. Назовите основные конструктивные элементы фрезы.
4. Назовите основные геометрические элементы фрезы.
5. Какие приборы применяются для измерения геометрических и конструктивных элементов фрезы?

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ И КОНСТРУКЦИИ МЕТЧИКОВ

(Продолжительность выполнения – 2 часа)

Цель работы:

1. Изучить основные конструктивные элементы и геометрические параметры метчиков различных типов и конструкций;
2. Ознакомление со средствами и техникой измерения конструктивных элементов и геометрические параметры метчиков.

3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Метчики широко используются в машиностроении для нарезания резьбы в отверстиях заготовок и весьма разнообразны по конструкциям и геометрическим параметрам.

Метчик – это винт, превращенный в инструмент путем прорезания стружечных канавок и создания на режущих зубьях передних, задних и других углов. Для крепления на станке или в воротке он снабжен хвостовиком. Режущая часть метчика изготавливается чаще всего из быстрорежущей стали, реже из твердого сплава.

Условия резания при снятии стружки метчиком очень тяжелые из-за несвободного резания, больших сил резания и трения, а также затрудненных условий удаления стружки. Кроме того, метчики имеют пониженную прочность из-за ослабленного поперечного сечения. Особенно отрицательно это сказывается при нарезании резьбы в вязких материалах метчиками малых диаметров, которые часто выходят из строя из-за поломок, вызванных пакетированием стружки.

Достоинствами метчиков являются: простота и технологичность конструкции, возможность нарезания резьбы за счет самоподачи, высокая точность резьбы, определяемая точностью изготовления метчиков.

По конструкции и применению метчики делят на следующие типы:

- 1) ручные (слесарные) – с ручным приводом, изготавливаются комплектами из двух или трех номеров;
- 2) машинно-ручные одинарные или в комплекте из двух номеров – с ручным или станочным приводом;
- 3) машинные одинарные – со станочным приводом;
- 4) гаечные – для нарезания резьбы в гайках на специальных станках;
- 5) плашечные и маточные – для нарезания и, соответственно, калибрования резьбы в резьбонарезных плашках;
- 6) специальные – для нарезания резьб различных профилей: трапецеидальных, круглых, упорных и т.д., а также сборные регулируемые, метчики-протяжки, конические метчики и др.

Ручные (слесарные) метчики предназначены для нарезания резьб вручную. Они изготавливаются из инструментальных сталей комплектами из

двух или трех метчиков, у которых резьба получена накаткой роликами. Класс точности метчика невысокий (4-й класс). В последнее время стали изготавливать слесарные метчики также из быстрорежущей стали со шлифованным профилем, в том числе с унифицированной резьбой. Для нарезания резьбы в сквозных отверстиях у ручных метчиков, так же как у машинных, делают подточку передней грани под углом λ (рис. 3.1, а).

Метчики с шахматным расположением зубьев (рис. 3.1, б) рекомендуются использовать для нарезания резьбы в вязких материалах, так как они исключают заклинивание витков инструмента в процессе резания вследствие уменьшения сил трения. При этом срезание зубьев метчика осуществляется обычно только на его калибрующей части. При обработке малопрочных вязких материалов зубья срезаются как на $1/3$ длины заборной части, так и по всей ее длине. Практика показывает, что эффект уменьшения сил трения тем выше, чем больше шаг резьбы.

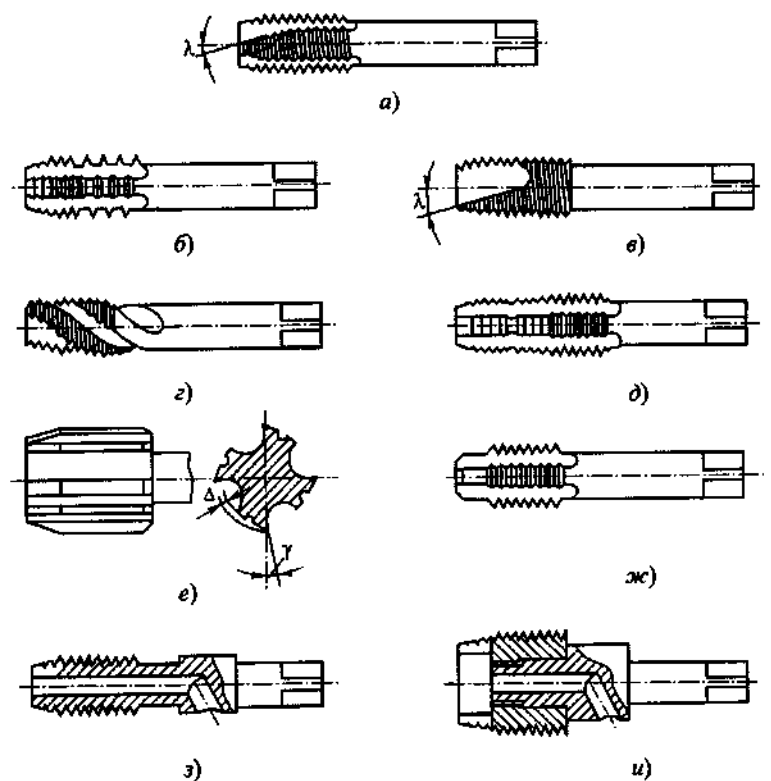


Рисунок 3.1 – Конструкции некоторых типов метчиков:

- а – ручной (слесарный); б – с шахматным расположением зубьев;
 в – бесканавочный; г – с винтовыми канавками; д – ступенчатый;
 е – с режуще-выглаживающими зубьями; ж – с направляющей частью;
 з – с внутренним подводом СОЖ; и – колокольного типа

Метчики с укороченной стружечной канавкой (рис. 3.1, в) или, как их часто называют, бесканавочные имеют короткие канавки переменной глубины с углом наклона дна канавки к оси $\psi = 5...10^\circ$ и осевым углом $\lambda = 9...12^\circ$. По сравнению с обычными метчиками эти метчики из-за большого поперечного сечения более прочные. Длина канавок примерно равна удвоенной длине

заборного конуса. Во избежание повышенного момента трения из-за отсутствия канавок на большей длине незатылованной калибрующей части делают большую обратную конусность по наружному диаметру (до 0,2 мм на 100 мм длины).

Такие метчики рекомендуется применять для нарезания резьб диаметром до 10 мм в сквозных отверстиях заготовок из труднообрабатываемых легированных сталей, вязких низкоуглеродистых сталей, цветных металлов и сплавов. Они обеспечивают также высокую точность и низкую шероховатость поверхности резьбы.

Метчики с винтовыми канавками (рис. 3.1, з) рекомендуются для надежного удаления стружки в основном из глухих отверстий. При нарезании резьбы в сквозных отверстиях удаление стружки в направлении подачи метчика проще обеспечить путем подточки передней поверхности под осевым углом λ .

Ступенчатые метчики (рис. 3.1, д) имеют двойную режущую часть и позволяют реализовать в одном метчике любую комбинацию схем резания. Например, первая часть, имеющая занижение по профилю, может обрабатывать резьбу по генераторной схеме, а вторая - по профильной. При этом можно нарезать высокоточные резьбы. Эта конструкция удобна и для таких комбинированных схем, в которых одна часть выполняет резание, а вторая - выглаживание резьбы.

Метчики с режуще-выглаживающими зубьями (рис. 3.1, е) имеют перья с режущими и ведущими участками. Если перепад по диаметру $\Delta < 0$, то имеет место сочетание резания и выглаживания резьбы. При $\Delta > 0$ опорные ведущие участки перьев позволяют повысить точность нарезаемой резьбы. Небольшое занижение Δ существенно снижает вероятность разбивки резьбы, особенно в случае несовпадения осей метчика и отверстия. Канавки, разделяющие режущие и ведущие части метчика, служат для подвода СОЖ и выхода абразивного круга при шлифовании профиля резьбы.

Метчики с направляющими частями (рис. 3.1, ж) применяются для обработки деталей с точным взаимным расположением поверхностей нескольких отверстий. У метчиков для сквозных отверстий направляющая часть располагается впереди режущей части, а для глухих – после калибрующей части. Направляющая часть, расположенная после калибрующей части, имеет увеличенный диаметр и требует применения кондукторной втулки.

Метчики с внутренним подводом СОЖ (рис. 3.1, з) имеют стойкость в 3...4 раза выше из-за лучших условий охлаждения, смазки и отвода стружки, но требуют специальных устройств для подвода СОЖ.

Метчики колокольного типа (рис. 3.1, и) применяют в тяжелом машиностроении при нарезании резьб в сквозных отверстиях крупных диаметров до 400 мм. Они выполняются цельными или составными. В последнем случае рабочая часть метчика насадная, состоящая из режущей и калибрующей частей. Внутренняя полость метчика обеспечивает подвод СОЖ

и имеет большое пространство для размещения стружки. Число перьев у таких метчиков доходит до 16.

Гаечные метчики (рис. 3.2) служат для нарезания сквозных резьб без свинчивания гаек путем их нанизывания на хвостовую часть. Для лучшего захода метчика в отверстие они имеют длинную заборную и короткую калибрующую части.

Из-за большой длины гаечных метчиков, затрудняющей их изготовление, особенно при шлифовании резьбы, их часто делают составными: отдельно изготавливают режущую и хвостовую части, а затем их соединяют сваркой трением, пайкой или с помощью резьбы.

Хвостовики гаечных метчиков изготавливают длинными прямыми или изогнутой формы (рис. 3.2, а, б). Метчики с изогнутыми хвостовиками применяют для нарезания резьбы в гайках на станках-автоматах с непрерывным циклом: заготовки гаек подаются из бункера в зону резания и после нарезания резьбы сходят по изогнутому хвостовику в лоток (рис. 3.2, в).

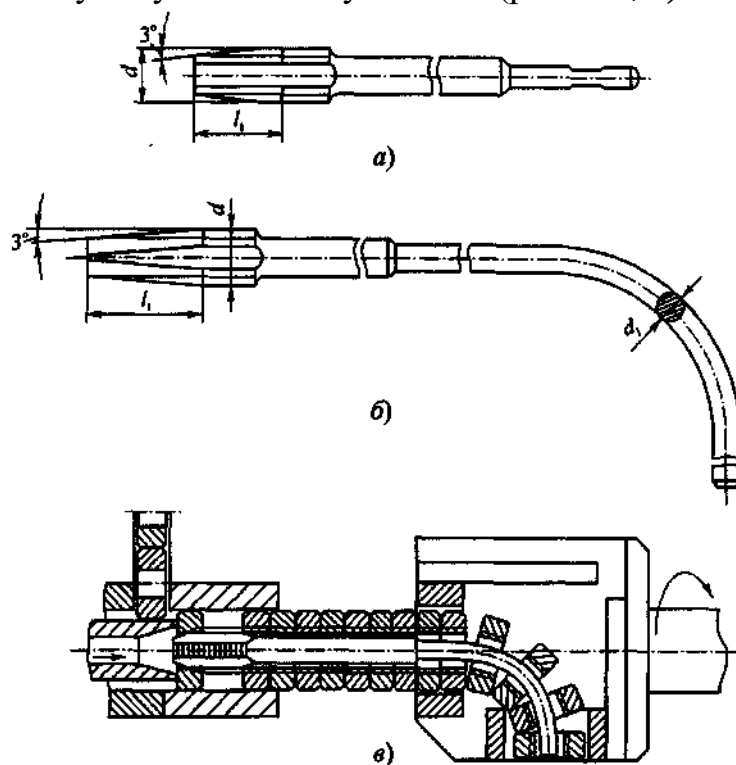


Рисунок 3.2 – Гаечные метчики:

а – с прямым хвостовиком; б – с изогнутым хвостовиком;
 в – схема работы гайконарезного станка-автомата

Машинные и машинно-ручные метчики (рис. 3.8) используются на сверлильных, токарных и агрегатных станках для нарезания метрической резьбы М2...М24 в заготовках из стали прочностью до 800 МПа, латуни, чугуна, в сквозных и глухих отверстиях. Размеры таких метчиков стандартизованы. Материал режущей части метчиков – сталь Р6М5, резьба шлифованная и затылованная. Машинно-ручные метчики выпускаются комплектами из двух

или трех номеров и могут использоваться также при нарезании резьбы вручную. Стандартные машинные метчики одинарные, имеют относительно короткую заборную часть и прямые стружечные канавки, передний угол $\gamma = 10^\circ$.

Шашечные и маточные метчики (рис. 3.3). Плашечные метчики служат для предварительного нарезания резьбы в круглых плашках до сверления стружечных отверстий, а маточные – для калибрования резьбы после сверления. Иногда их объединяют в один комбинированный плашечно-маточный метчик и используют для нарезания резьбы в плашках за один проход.

Так как обрабатываемый материал часто имеет большую твердость, а к резьбе предъявляются высокие требования по точности, то для лучшего направления метчика в отверстии угол заборного конуса у плашечных метчиков берут малым – $\varphi = 1^\circ 20'$.

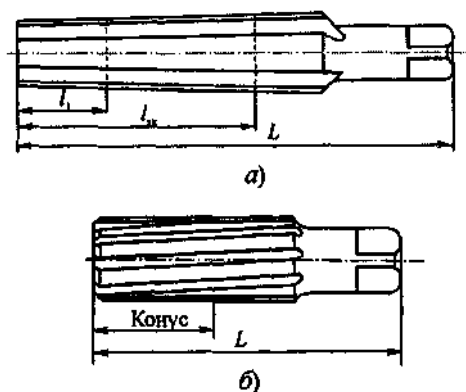


Рисунок 3.3 – Метчики: *а* – плашечный; *б* – маточный

Плашечный метчик имеет только режущие зубья, которые на первом участке работают по профильной схеме резания, а на втором – по генераторной. Число перьев метчика принимается на 1-2 больше числа отверстий в плашке.

У маточных метчиков имеются заборная часть и калибрующая часть. Во избежание ударов стружечные канавки делают винтовыми с углом $\omega = 8...10^\circ$ и направлением, противоположным направлению резьбы. Число канавок маточного метчика $z_k = 6...10 = 6...10$.

Метчики для конической резьбы (рис. 3.4) применяют там, где требуется получить герметичное резьбовое соединение без применения уплотнительных средств. Это достигается за счет деформации витков резьбы при осевом перемещении, например труб, муфт, работающих при высоких давлениях передаваемой среды (масло, вода, воздух) и высоких температурах.

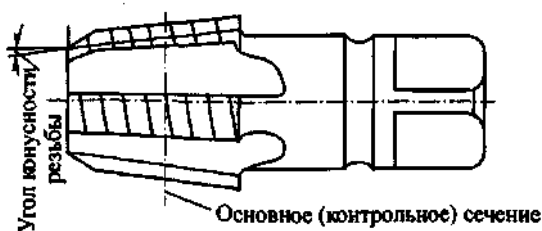


Рисунок 3.4 – Метчик для конической резьбы

Особенность работы конических метчиков заключается в том, что нарезание резьбы происходит по всей длине метчика, равной длине резьбы. Калибрующая часть у конических метчиков отсутствует, что способствует появлению больших усилий резания. Нарезание резьбы, как правило, производится на станках с предохранительным устройством, срабатывающим в конце резания. Основные параметры метчиков подобны параметрам метчиков для цилиндрических резьб. Режущие зубья затылуются по наружному диаметру ($\alpha = 6...8^\circ$, $\gamma = 5...10^\circ$).

Метчики сборные, регулируемые (рис. 3.5) применяются с целью экономии инструментальных материалов при нарезании резьб больших диаметров, чтобы компенсировать износ, они часто изготавливаются сборными, регулируемыми по диаметру.

Как видно из рис. 3.5, в корпусе 1 крепится стержень 2 с наклонными пазами. Гребенки 3 входят в пазы стержня и прижимаются крышкой 4. При перемещении стержня 2 с помощью винтов 5 происходит регулировка диаметра метчика.

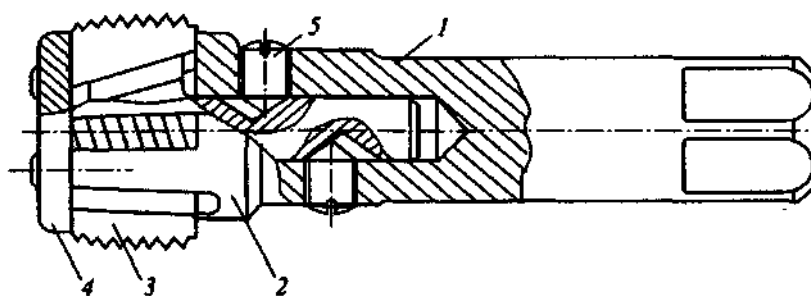


Рисунок 3.5 – Регулируемый метчик

Недостатком этой конструкции является необходимость вывинчивания метчика из отверстия. Есть более сложные конструкции сборных метчиков, у которых вывинчивание исключается за счет утопления гребенок в конце нарезания резьбы.

Метчик-протяжка (рис. 3.6) позволяет нарезать в сквозных отверстиях резьбу любых профилей и длины, с любым числом заходов.

Метчик-протяжка по сравнению с обычными метчиками и резьбовыми резцами обеспечивает повышение производительности в несколько раз при высокой точности и низкой шероховатости резьбы.

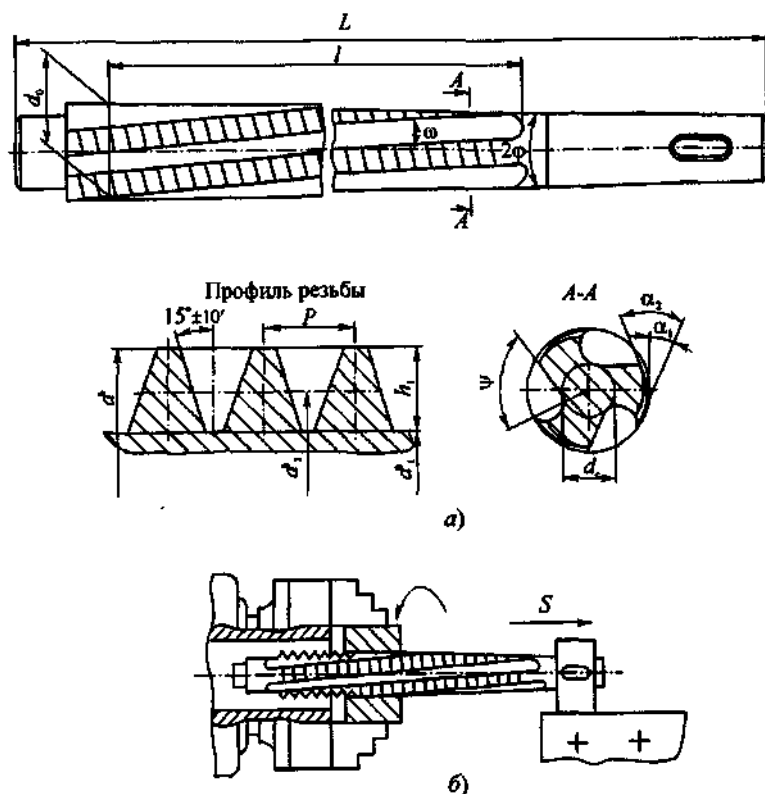


Рисунок 3.6 – Метчик-протяжка:
 а – конструкция; б – схема протягивания внутренней резьбы

На рис. 3.7 показаны наиболее часто встречающиеся на практике четыре типа отверстий: сквозные неглубокие (а) и глубокие (б), глухие с малым (в) и большим (г) пространствами для выхода метчика.

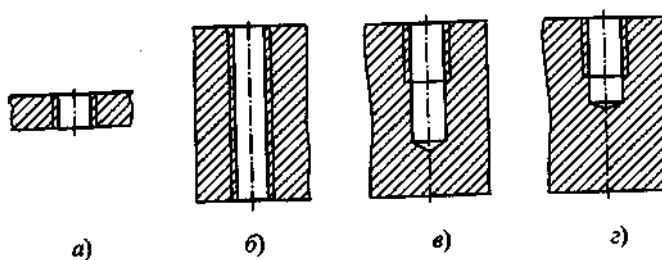


Рисунок 3.7 – Типы отверстий для нарезания резьбы метчиками:
 а – короткие сквозные; б – длинные сквозные; в – глухие с глубоким выбегом метчика; г – глухие с неглубоким выбегом метчика

3.1.1. Конструктивные и геометрические параметры метчика

Несмотря на большое разнообразие типов метчиков, они имеют общие основные части, конструктивные элементы и геометрию режущей части, которые рассмотрим ниже на примере метчиков для нарезания остроугольной крепежной резьбы, получивших наибольшее распространение на практике.

Основными частями метчика (рис. 3.8) являются: режущая (заборная) L_1 и

калибрующая части L_2 , стружечные канавки, число перьев и зубьев, хвостовик L_3 с элементами крепления. К геометрическим параметрам относятся: φ – угол заборного конуса, играющий роль угла в плане; γ и α – передний и задний углы на режущих кромках; ω – угол наклона винтовых стружечных канавок; λ – угол наклона режущей кромки.

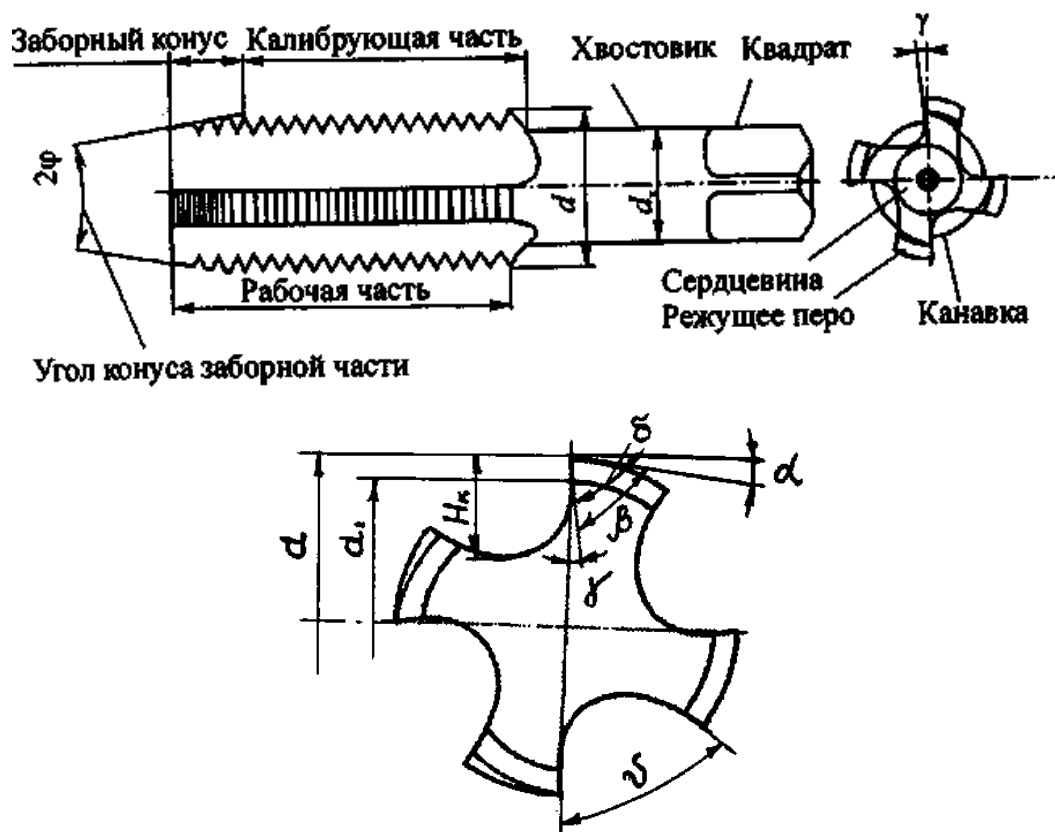


Рисунок 3.8 – Основные элементы метчика

Режущая часть (заборный конус) метчика выполняет основную работу по срезанию припуска, формированию профиля нарезаемой резьбы и удалению стружки из зоны резания. Она определяет точность резьбы и стойкость метчиков.

Калибрующая часть метчика, имеющая полный профиль резьбы, предназначена для окончательного формирования нарезаемой резьбы. Она также обеспечивает направление метчика в отверстии, его самоподачу по резьбе, нарезанной заборной частью, а также служит запасом на переточку метчика. Наибольший износ ее зубьев приходится на первый виток после заборной части. В процессе переточки метчика из-за малого значения угла φ длина калибрующей части заметно уменьшается. При назначении размера исходят из следующих соображений: чем больше размер калибрующей части, тем лучше направление метчика в отверстии, тем точнее нарезаемая резьба и больше запас на переточку, но при этом возрастает крутящий момент трения.

Для уменьшения трения и во избежание защемления метчика в отверстии калибрующая часть снабжается обратным конусом по наружному диаметру с уменьшением его на 0,04...0,08 мм на 100 мм длины.

Форма стружечных канавок и перьев метчика оказывает большое влияние на его работоспособность. Профиль канавок играет существенную роль в нормальной работе метчика, от него зависит размещение срезанной стружки, прочность метчика и образование необходимого переднего угла. Объем канавок должен быть достаточным для размещения стружки, особенно при нарезании резьбы в глухих отверстиях. Форма канавки должна способствовать лучшему формированию и отводу стружки из зоны резания.

Основными элементами канавки являются глубина канавки H_k и угол канавки ψ .

Угол подъема винтовых канавок ω (рисунок 3.9) у метчика является одновременно углом продольного наклона режущих кромок. При *левой винтовой канавке* (рисунок 3.9, *в*) стружка выходит вперед, что важно при нарезании сквозных отверстий; при *правой винтовой канавке* (рисунок 3.9, *г*) стружка отводится назад, что необходимо при нарезании глухих резьб. На рисунке 3.9, *д* показан метчик с $\omega = 0^\circ$.

Угол наклона режущей кромки к оси λ : для метчиков $\omega \neq 0^\circ$ – $\lambda = \omega$; для метчиков $\omega = 0^\circ$ – $\lambda = 0^\circ$ (стружка остается в канавке) или $\lambda < 0^\circ$ (стружка направляется вперед).

Часть поверхности канавки является передней гранью зуба, по которой сходит стружка. Она прямолинейна (рис. 3.9, *а*) и обеспечивает постоянство угла вдоль всей длины рабочей части метчика. Другая часть канавки определяет форму спинки зуба. При вывертывании метчика задняя сторона пера может срезать стружку и испортить резьбу. Это наиболее вероятно в том случае, когда форма канавки полукруглая (рис. 3.9, *б*). При прямолинейной спинке угол между касательной к наружной окружности и спинкой зуба должен быть не менее 75° . Для лучшего скручивания стружки в плотные жгуты чаще всего спинку зуба делают по радиусу (рис. 3.9, *б*), что особенно важно при обработке вязких материалов.

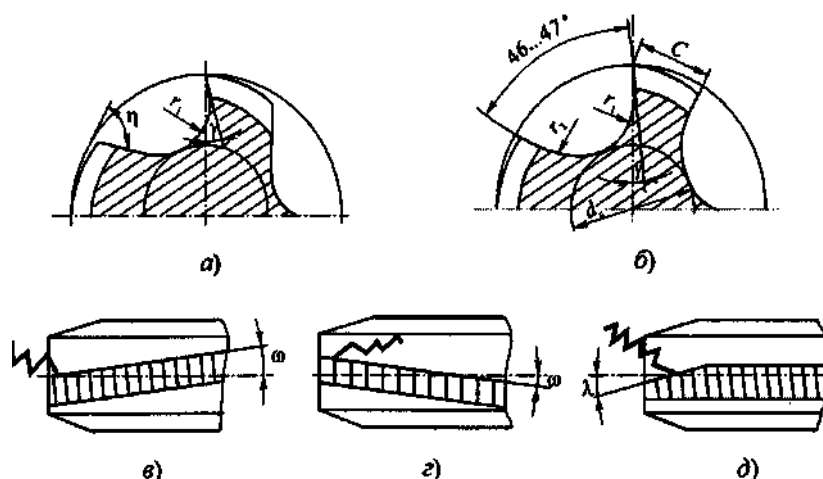


Рисунок 3.9 – Форма и направление стружечных канавок метчика:
а – прямолинейный профиль; *б* – полукруглый профиль; *в* – винтовая канавка для нарезания резьбы в сквозных отверстиях; *г* – винтовая канавка для нарезания резьбы в глухих отверстиях; *д* – подточка передней поверхности метчика под углом λ

С целью упрощения технологии изготовления основная масса метчиков выпускается с прямыми стружечными канавками, параллельными оси, но в последние годы изготавливаются метчики и с винтовыми канавками, имеющими угол наклона к оси метчика $\omega = 10...45^\circ$ (рис. 3.9, в, г). Для нарезания резьбы в сквозных и глухих отверстиях такие канавки имеют соответственно правое и левое направления. При этом стружка выталкивается канавкой вперед при нарезании резьбы в сквозных отверстиях или назад к хвостовику – в глухих отверстиях.

Для сквозных отверстий используется также более простой способ направления стружки путем подточки пера по передней поверхности под углом λ (рис. 3.9, д). При этом также увеличивается объем канавки на режущих зубьях заборной части и предотвращается ее защемление в отверстии.

Глубина стружечных канавок обычно постоянна по всей длине рабочей части метчика или может несколько уменьшаться по направлению к хвостовику с целью повышения прочности.

Передний угол γ при вершине – это угол между касательной к передней поверхности и радиусом, проведенным в точку режущей кромки, через который проходит основная плоскость. Измеряют в плоскости, перпендикулярной к оси метчика. Строго говоря, этот угол изменяется по высоте зуба, так как точки режущих кромок лежат на разных диаметрах, однако для крепежных резьб с небольшой высотой резьбы перепад этих диаметров небольшой и изменение угла невелико. Величина переднего угла зависит от назначения метчика и свойств обрабатываемого материала.

Учитывая тяжелые условия работы метчика, передний угол γ , как правило, берут положительным. Для обработки сталей средней твердости рекомендуется брать угол $\gamma = 12...15^\circ$, для хрупких материалов (чугун, бронза, латунь), а также для твердой стали $\gamma = 0...5^\circ$, для цветных металлов и сплавов $\gamma = 16...25^\circ$.

Задний угол α при вершине – это угол между вектором скорости резания, через который проходит плоскость резания, и касательной к задней поверхности. Он создается путем затылования вершинных режущих кромок зубьев по архимедовой спирали. Рекомендуется брать $\alpha = 6...12^\circ$ (меньшее значение берется для ручных метчиков). У калибрующих зубьев $\alpha = 0^\circ$. Задний угол измеряют в плоскости, перпендикулярной к оси метчика.

Величину падения затылка (затылования) K , необходимую для образования заднего угла при вершине α , определяют по формуле:

$$K = \frac{\pi d}{z} \operatorname{tg} \alpha,$$

где d – внутренний диаметр метчика, мм; z – число режущих перьев; α – задний угол, град.

На боковых режущих кромках при генераторной схеме резания задние

углы отсутствуют, так как толщины срезаемых слоев небольшие.

Только у метчиков с профильной схемой резания, применяемых для нарезания резьб высокой точности и качества поверхности, используется затылование по всему профилю зубьев.

Для уменьшения трения, а также устранения заклинивания метчика в отверстии калибрующую часть снабжают **углом обратного конуса** φ_1 .

Расстояние между одноименными точками двух соседних ниток резьбы называют **шагом резьбы** t .

После затупления метчиков переточка режущих зубьев может производиться как по передней, так и по задней поверхности.

Допуски на размеры профиля метчиков. Допуски на элементы резьбы назначаются в соответствии с ГОСТ 3266-81. Их величина зависит от степени точности нарезаемой резьбы и класса точности метчика (табл. 3.1).

Таблица 3.1.

Степень точности нарезаемой резьбы	Класс точности метчика
4H, 4H5H, 5H	1
5H6H, 6H	2
6H	3
6H, 7H	4
6G	1
6G, 7G	2

3.1.2. Измерение метчиков

Для измерения геометрических и конструктивных элементов метчика используют следующий измерительный инструмент: измерительную линейку, универсальный угломер, угломер Бабчиничера, штангенциркуль, специальную установку.

При измерении длины рабочей части L , заборной части L_1 , направляющей части L_2 , хвостовика L_3 и квадрата L_4 пользуются штангенциркулем или измерительной линейкой.

Наружный диаметр d измеряют микрометром.

Шаг резьбы t – резьбомером или штангенциркулем.

Угол заборной части 2φ измеряют универсальным угломером.

Угол подъема стружечных канавок ω методом накатки.

Глубину канавки H_K измеряют штангенциркулем.

Угол канавки ν измеряют универсальным угломером.

Передний угол γ измеряют угломером Бабчиничера, так же как и у фрез.

Для определения заднего угла α у метчиков используют установку,

состоящую из плиты 5, центров 4 и делительной головки 1 (рисунок 3.10). Метчик 3 закрепляют в центрах 4. Делительная головка 1 дает возможность определить угол поворота метчика ψ , соответствующий дуге a и падению затылка b_0 . Величину b_0 определяют с помощью индикатора 2, а дугу окружности a вычисляют по формуле:

$$a = \frac{\pi \cdot d}{360} \psi,$$

где d – наружный диаметр метчика, мм; ψ – угол поворота метчика, отсчитываемый на делительной головке, град.

Из рассмотрения выпрямленного треугольника $\angle mhp$ имеем:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b_0}{a}.$$

Следовательно, величина заднего угла при вершине α определяется по формуле:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{b_0 \cdot 360}{\pi \cdot d \cdot \psi} \right).$$

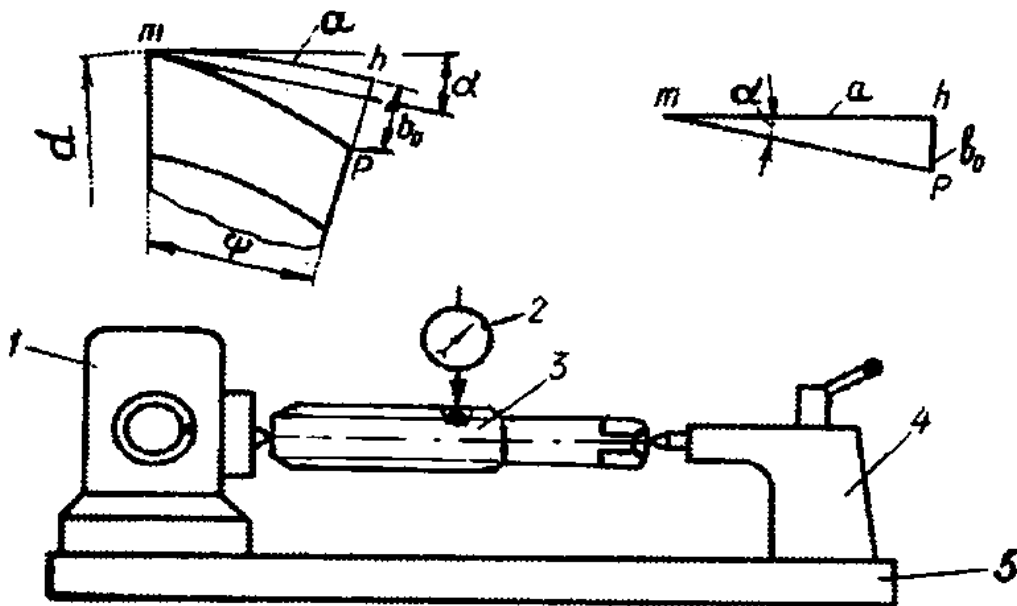


Рисунок 3.10 – Определение заднего угла α

Угол резания метчика определяют по формуле:

$$\delta = 90^\circ - \gamma.$$

Угол заострения определяют по формуле:

$$\beta = 90^\circ - (\gamma + \alpha).$$

Угол обратной конусности определяют по формуле:

$$\varphi_1 = \operatorname{arctg} \left(\frac{d - d'}{2L'} \right)$$

где d и d' – наружные диаметры метчика, замеренные на расстоянии L'

друг от друга, мм.

Измерение угла φ производится универсальным угломером, углов γ и α – специальным угломером. Угол наклона стружечных канавок ω определяют по отпечатку, получаемому путем прокатывания метчика на бумаге с помощью угломеров или транспорта.

Конструктивные элементы измеряются с помощью микрометра и штангенциркуля, шаг резьбы – резьбомером.

Полученные результаты измерений заносятся в протокол измерений.

3.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Нарисовать эскиз метчика с указанием конструктивных элементов и геометрии режущей и калибрующей частей;
2. Произвести необходимые измерения конструктивных элементов и геометрических параметров метчиков. Результаты измерения занести в таблицу 3.1;
3. Составить отчет о проделанной работе.

Таблица 3.1 – Протокол измерений

Показатель	Значение
Тип метчика	
Материал инструмента	
Длина рабочей части L , мм	
Длина режущей части L_1 , мм	
Длина калибрующей части L_2 , мм	
Длина хвостовика L_3 , мм	
Размеры квадрата L_4 , мм	
Наружный диаметр d , мм	
Шаг резьбы t , мм	
Число зубьев z	
Глубина канавки H_k	
Передний угол при вершине γ , град.	
Задний угол при вершине α , град.	
Угол заострения β , мм	
Угол заборного конуса φ , град.	
Вспомогательный угол в плане φ_1 или уменьшение диаметра к хвостовику на 100 мм длины, град.(мм)	
Угол наклона винтовой канавки ω , град.	
Угол наклона главной режущей кромки λ , град.	
Угол канавки ν , град.	

3.3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет содержит:

- а) основные теоретические положения, изложенные в разделе 3.1 настоящих методических указаний;
- б) эскиз метчика с указанием всех углов и геометрических размеров;
- в) заполненный протокол измерений (таблица 3.1);
- г) выводы по работе.

3.4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое метчик?
2. Классификация метчиков.
3. Назовите основные конструктивные элементы метчика.
4. Назовите основные геометрические элементы метчика.
5. Зачем метчику придают обратную конусность?
6. Какие приборы применяются для измерения углов и геометрических размеров метчика?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 25751-83. Государственный стандарт. Инструменты режущие. Термины и определения общих понятий.
2. ГОСТ 20365-74 Протяжки круглые переменного резания диаметром от 14 до 90 мм. Конструкция и размеры.
3. ГОСТ 3266-81. Метчики машинные и ручные. Конструкция и размеры.
4. Кожевников Д.В. Режущий инструмент: учебник для вузов / Д.В. Кожевников ; под общ. ред. С.В. Кирсанова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2014. – 520 с.: ил.

РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ И ЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЕ

*Методические указания
к выполнению лабораторных работ по дисциплине*

Часть 2

*Составители : Сидоров Денис Евгеньевич,
Тараховский Алексей Юрьевич*

В авторской редакции

Изд. № 101/2021. Объем 2,25 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»