

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

**Г.М. ПЕТРУХИН**

**ЛЕЗВИЙНЫЙ ИНСТРУМЕНТ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ**

Лабораторная работа по курсу  
«Технология конструкционных материалов» для студентов Института  
энергомашиностроения и механики и Института тепловой и атомной  
энергетики, обучающихся по направлениям подготовки бакалавриата:

13.03.03 Энергетическое машиностроение

14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

15.03.01 Машиностроение

Москва  
Издательство МЭИ

2024

УДК 621.7

П 312

*Утверждено учебным управлением МЭИ*

*Подготовлено на кафедре технологии металлов*

Г.М. Петрухин,

**Лезвийный инструмент и инструментальные материалы** Лабораторная работа – М.: издательский дом МЭИ, 2024. - 12 с.

В лабораторной работе представлены описания рабочих поверхностей лезвийного инструмента и их геометрические параметры, представлены основные группы инструментальных материалов, которые применяются при изготовлении режущих лезвийных инструментов для точения, фрезерования и сверления. В конце описания лабораторной работы прилагаются тестовые вопросы для самопроверки знаний. Все работы включают иллюстрации по соответствующим темам.

Лабораторная работа предназначено для студентов 2-го курса машиностроительных специальностей.

Продолжительность лабораторной работы два часа.

---

Петрухин Геннадий Михайлович  
**Лезвийный инструмент и инструментальные материалы**  
Лабораторная работа  
по курсу  
«Технология конструкционных материалов» для студентов  
машиностроительных специальностей.

## 1. Цель работы

Ознакомление с рабочими движениями инструмента и заготовки при точении, фрезеровании и сверлении. Изучение конструктивных элементов и материалов режущей части токарных резцов, сверл и фрез.

## 2. Общие сведения

Деталь в процессе обработки приобретает заданную форму, размеры и качество поверхности в результате срезания с заготовки слоя материала. Инструмент и заготовка при этом совершают рабочие движения. Различают следующие виды рабочих движений (рис. 1.1,а):

*главное движение резания*  $D_r$  - прямолинейное поступательное или вращательное движение рассматриваемой точки на заготовке или режущем инструменте, совершаемое с наибольшей скоростью. При фрезеровании и сверлении главное движение, как правило, совершает инструмент (вращение), а при точении на токарном станке - заготовка;

*движение подачи*  $D_s$  - прямолинейное поступательное или вращательное движение режущего инструмента или заготовки, скорость  $V_s$  которого меньше скорости главного движения резания  $V_d$ , и предназначенное для того, чтобы распространить отделение слоя материала на всю обрабатываемую поверхность. При фрезеровании, как правило, движение подачи совершает заготовка, а при сверлении и точении - инструмент; скорости  $V_s$  и  $V_d$  расположены в рабочей плоскости 3.

*касательное движение* - прямолинейное поступательное или вращательное движение режущего инструмента, скорость которого меньше скорости главного движения резания и направлена по касательной к режущей кромке, предназначенное для того, чтобы сменять контактирующие с заготовкой участки режущей кромки;

*результатирующее движение резания*  $V_b$  - суммарное движение режущего инструмента относительно заготовки, включающее главное движение резания, движение подачи и касательное движение.

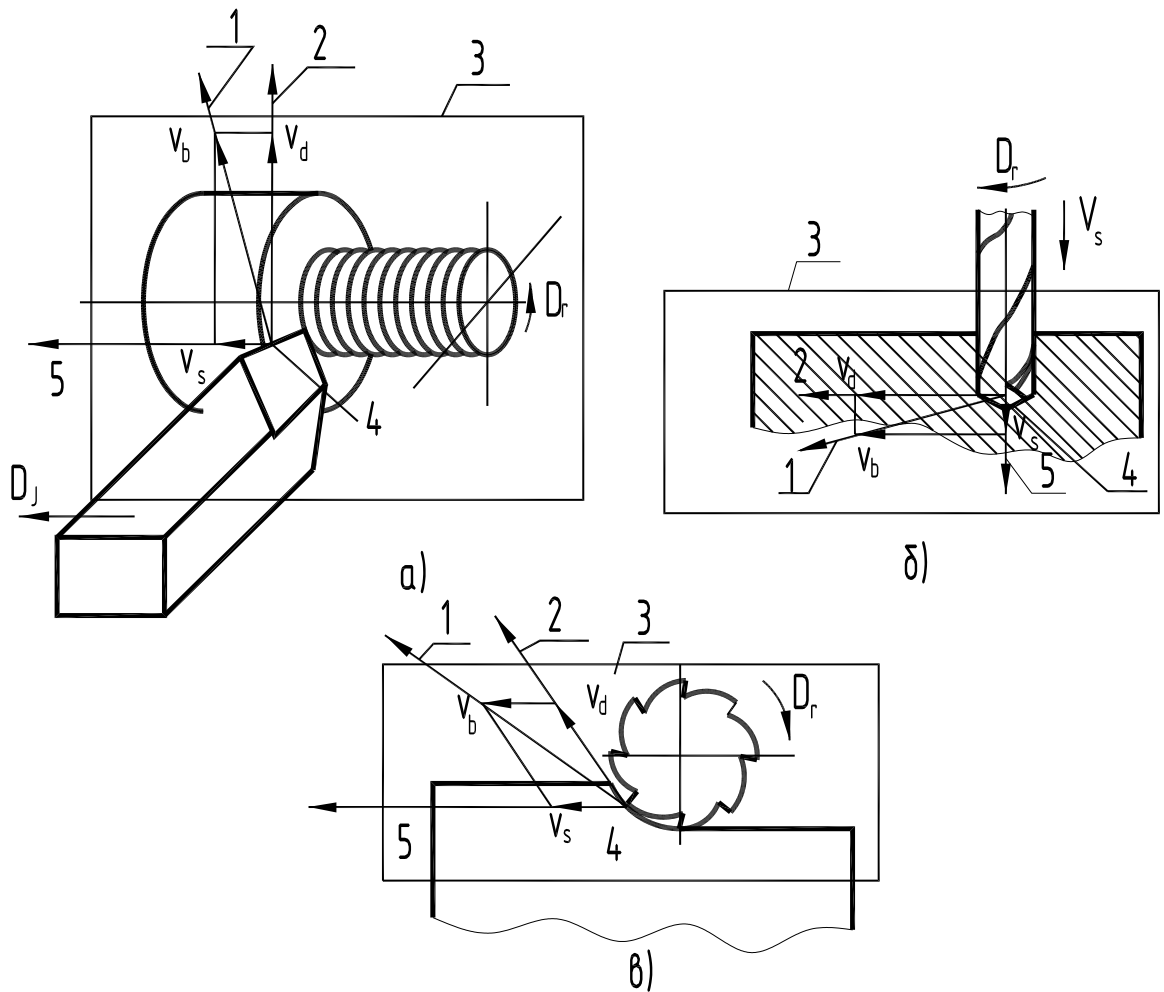


Рис.1.1 Схема элементов движений в процессе резания при обтачивании (а), сверлении (б) и фрезеровании(в)

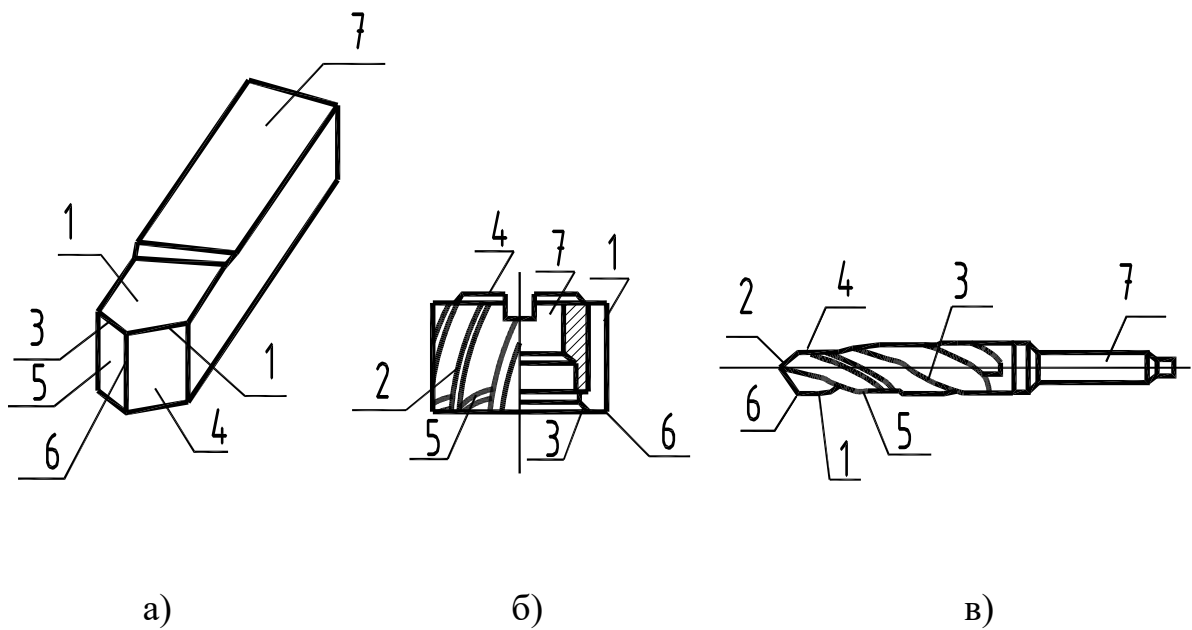


Рис.1.2 Геометрические и конструктивные элементы режущих инструментов: а) токарного резца; а) фрезы; в) спирального сверла

Все виды режущего инструмента состоят из двух основных частей - рабочей части, содержащей лезвия, и крепежной части, которая предназначена для установки и крепления режущего инструмента на станке. В зависимости от вида обработки применяют режущие инструменты, имеющие определенные конструктивные элементы, геометрические параметры и материал режущей части (рис.1.2): 1- передняя поверхность (по этой поверхности сходит стружка); 2- главная режущая кромка; 3- вспомогательная режущая кромка; 4- главная задняя поверхность (обращена к поверхности резания); 5- вспомогательная задняя поверхность; 6- вершина; 7- конструктивный установочный элемент (державка, отверстие, хвостовик).

Для оптимизации процесса резания инструменты выполняют с определенными углами заточки. Положение этих углов у различных видов режущего инструмента имеет подобное расположение по отношению к координатным плоскостям, ориентированным относительно направления главного движения резания (рис. 1.3; 1.4; 1.6). Рассмотрим положение координатных плоскостей и углов заточки на примере токарного проходного резца (рис. 1.5, 1.6).

*Основная плоскость*  $P_y$  - координатная плоскость, проведенная через рассматриваемую точку режущей кромки перпендикулярно направлению скорости главного движения в этой точке.

*Плоскость резания*  $P_n$  - координатная плоскость, располагается касательно к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярно к основной плоскости  $P_y$ .

*Рабочая плоскость*  $P_s$  - плоскость, в которой расположены вектора скорости главного движения резания и движения подачи.

*Секущая плоскость*  $P_t$  - плоскость, перпендикулярная к проекции режущей кромки на основной плоскости. Различают главную и вспомогательную секущие плоскости. Главная секущая плоскость

перпендикулярна к проекции главной режущей кромки, а вспомогательная - к проекции вспомогательной режущей кромки.

Различают углы в плане (в основной плоскости), углы в главной секущей плоскости и угол наклона кромки.

Углы в плане:

- *главный угол к плану*  $\varphi$  - угол в основной плоскости  $P_y$  между плоскостью резания  $P_n$  и рабочей плоскостью  $P_s$ ;

- *вспомогательный угол в плане*  $\varphi_1$  - угол в основной плоскости  $P_y$  между проекцией вспомогательной режущей кромки и рабочей плоскостью;

- *угол при вершине в плане*  $\varepsilon$  - угол в основной плоскости между проекциями главной и вспомогательной режущими кромками.

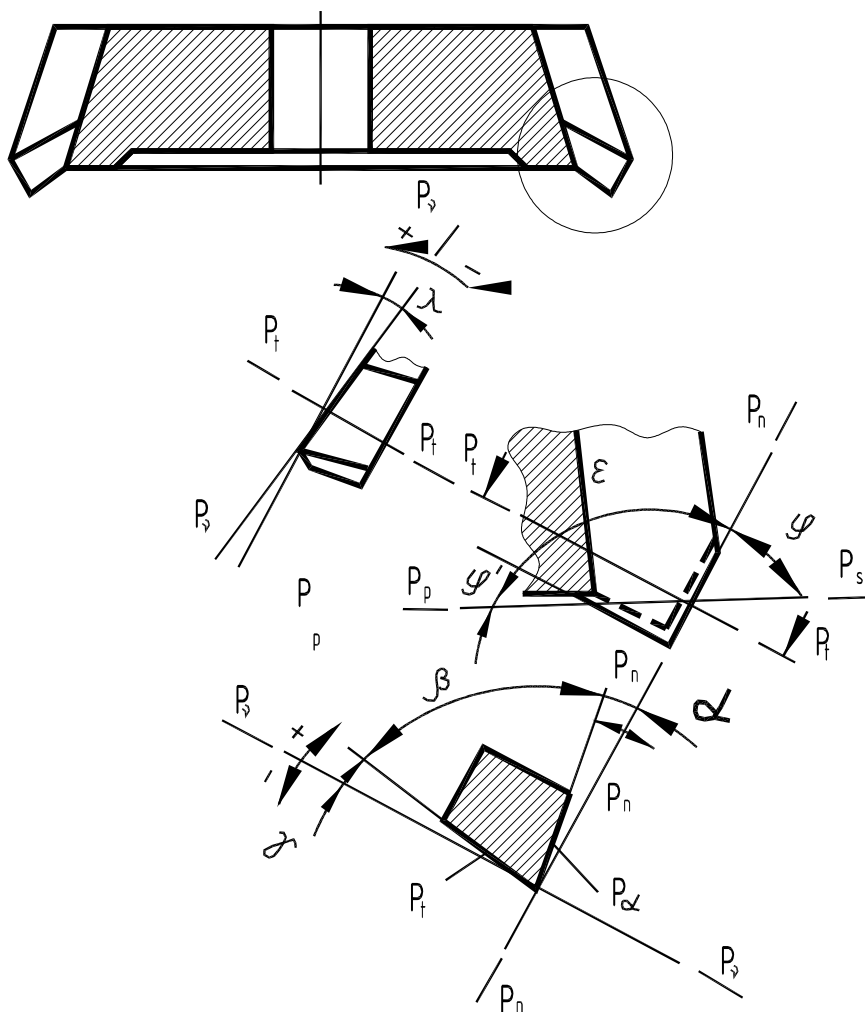


Рис.1.3 Схема углов торцевой фрезы

Углы в главной секущей плоскости:

- *главный задний угол*  $\alpha$  - угол в главной секущей плоскости между задней поверхностью лезвия и плоскостью резания;

- *главный передний угол*  $\gamma$  - угол в главной секущей плоскости между передней поверхностью лезвия и основной плоскостью;

- *главный угол заострения*  $\beta$  - угол в главной секущей плоскости между передней и задней поверхностями лезвия;

*Угол наклона кромки*  $\lambda$  - угол в плоскости резания между режущей кромкой и основной плоскостью. Углы резцов измеряют с помощью специальных угломеров, в частности, может использоваться маятниковый угломер.

Для обработки заготовок применяются инструменты из различных материалов. Инструментальные материалы подразделяются на несколько групп.

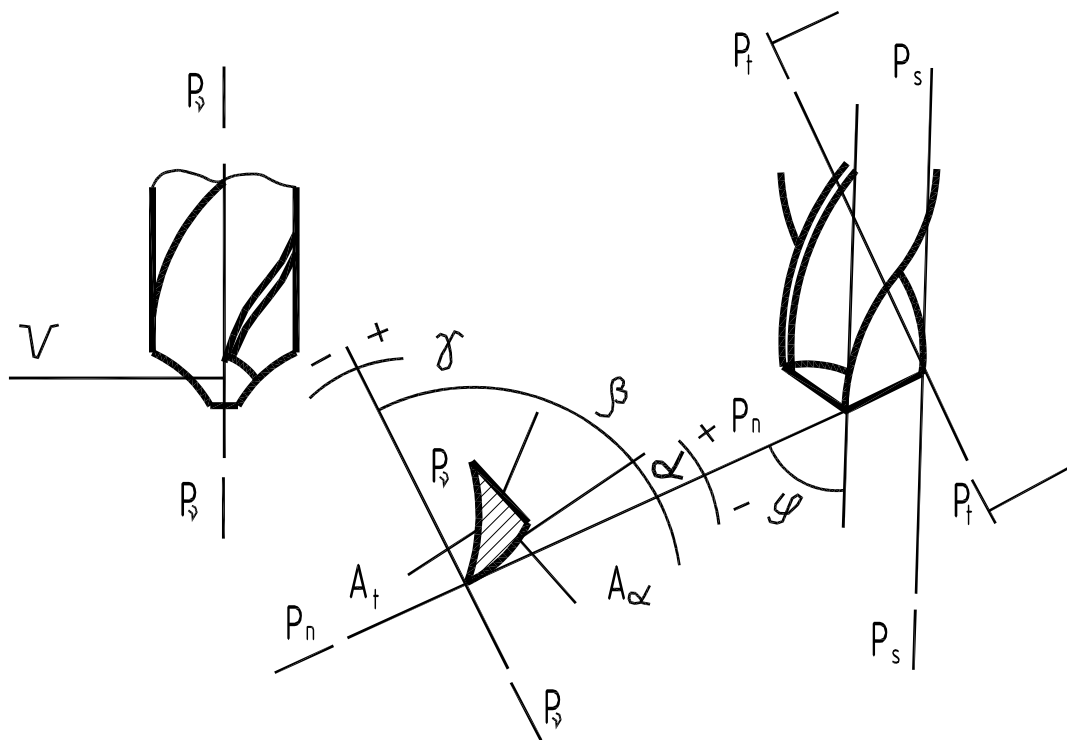


Рис.1.4 Схема углов спирального сверла

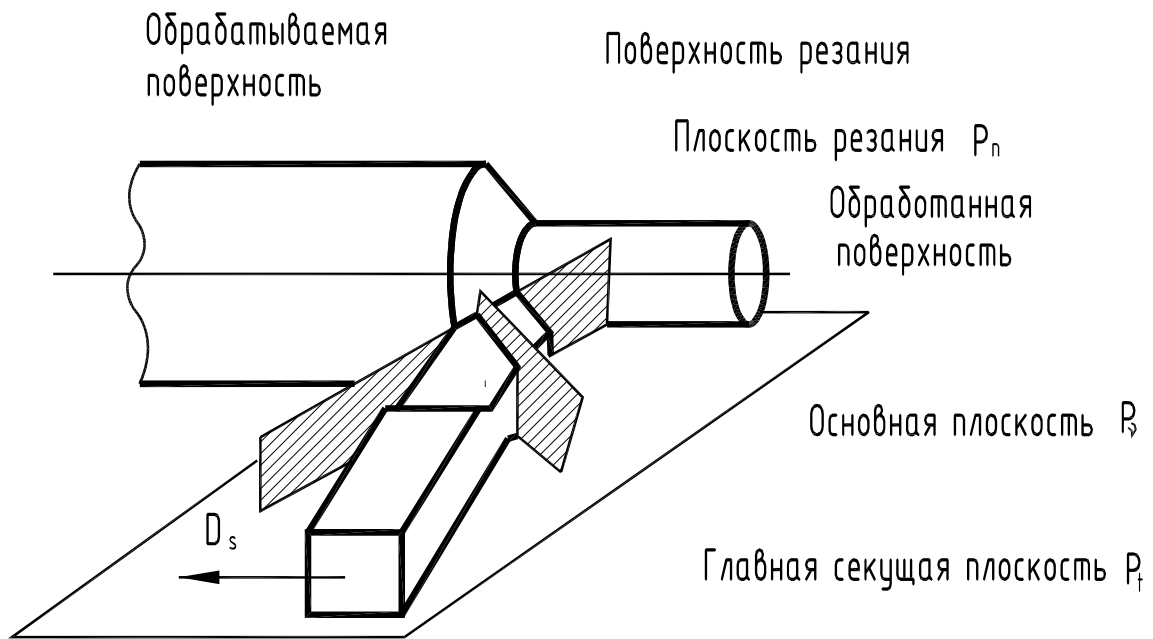


Рис.1.5 Схематическое изображение поверхностей заготовки и координатных плоскостей

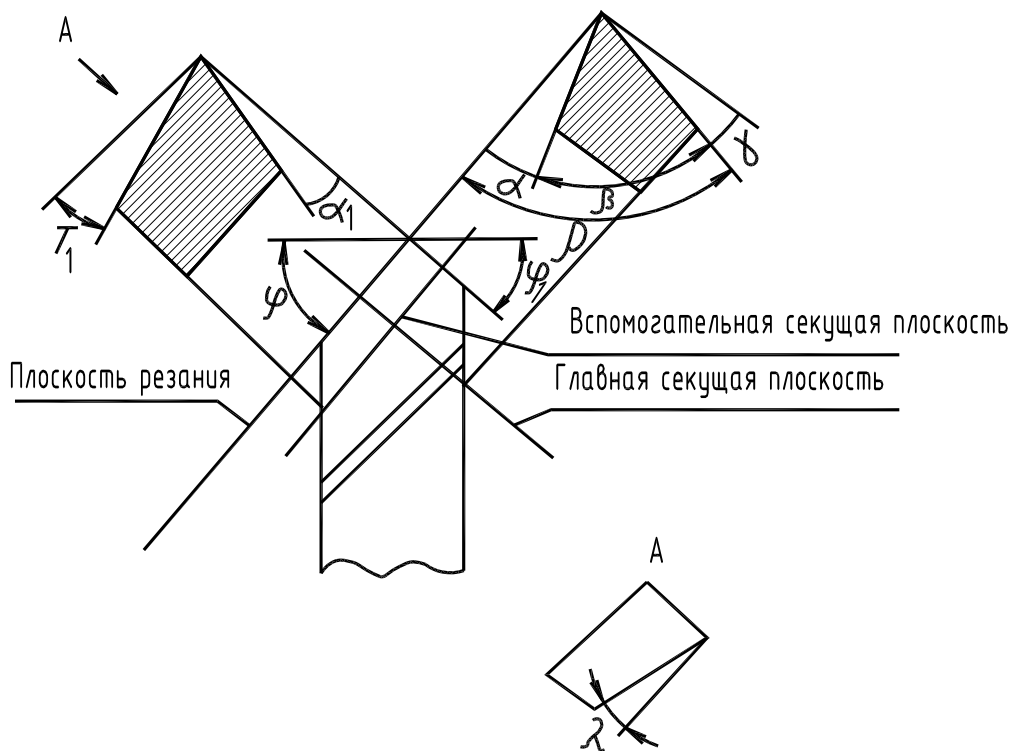


Рис.1.6 Геометрия проходного резца



*Углеродистые и низколегированные стали.* Из углеродистых инструментальных сталей находят наибольшее применение для изготовления инструментов стали марок У10А и У12А, содержащие 1,0- 1,2 % углерода. *Низколегированные стали* (9ХС, ХВГ, В2 и др.) по содержанию углерода соответствуют углеродистым инструментальным сталям, но дополнительно легированы небольшим количеством вольфрама, ванадия, хрома. Ввиду малой температуростойкости (220...240 С) инструментами, изготовленными из этих сталей, можно резать металлы со скоростями резания, обычно не превышающими 20-25 м/мин. Из углеродистых и низколегированных инструментальных сталей изготавливают напильники, ножовочные полотна, мелкоразмерные сверла и другие инструменты, работающие с малыми скоростями резания.

*Быстрорежущие инструментальные стали.* Количество марок быстрорежущих сталей велико. Маркируют быстрорежущие стали аналогично конструкционным за исключением того, что вольфрам в них обозначают не буквой "В", а буквой "Р", в маркировке также опущены данные о содержании углерода и хрома. В зависимости от химсостава их подразделяют на группы: вольфрамовые (Р9, Р18), вольфрамо-ванадиевые (Р9Ф5), вольфрамомолибденовые (Р6М5), вольфрамо-кобальтовые (Р6К5); вольфрамо-кобальто-ванадиевые (Р10К5Ф5) и др.

По пределу прочности на растяжение и изгиб все марки быстрорежущих сталей превышают другие инструментальные материалы. Изготавливаемые из них металлорежущие инструменты способны выдержать большие контактные напряжения. Температуростойкость быстрорежущих сталей порядка 600 °С, поэтому они способны работать со скоростями резания в 2-2,5 раза большими, чем углеродистые инструментальные стали.

Из высоколегированных быстрорежущих сталей изготавливают все виды типоразмеров инструментов для механообрабатывающих цехов машиностроительных заводов. По объему применения в инструментальном производстве быстрорежущие стали занимают лидирующее положение.

*Твердые сплавы.* Твердые сплавы получают с применением порошковой технологии. Порошки твердой основы (WC, TiC и др.) и связки (кобальт, никель, молибден) прессуют и спекают в печи до расплавления связки. В настоящее время более 80% образующейся при металлообработке стружки снимается твердосплавным инструментом. Отечественной промышленностью выпускаются твердые сплавы четырех групп: вольфрамокобальтовые (группа ВК, например ВК6 - основа WC и 6% кобальта), титано-вольфрамо-кобальтовые (группа ТК, например Т15К6-основа WC. 15% TiC и 6% кобальта ). Титано-тантал-вольфрамо-кобальтовые (группа ТТК, например ТТ7К12-основу составляет WC, остальное: 12% кобальта, TiC и TaC в сумме 7%), безвольфрамовые, например ТН20 (основа - TiC, связка никелевая 20%)

В конце обозначения марки твердого сплава могут стоять буквы М, ОМ и Б, что обозначает его зернистость - мелкозернистый, особомелкозернистый и крупнозернистый (ВК6М, ВК15-ОМ. ТТ10К8-Б).

Прочность и износостойкость твердых сплавов зависит, прежде всего, от химического состава сплавов и зернистости карбидной фазы. Увеличение содержания карбидов в сплавах повышает их твердость, но понижает их прочность и наоборот. Уменьшение зернистости твердых сплавов повышает их прочность при сохранении твердости. Температуростойкость твердых сплавов колеблется в зависимости от состава в пределах 900-1250 °С.

Широкое практическое применение в последнее время нашли многогранные пластины с износостойкими покрытиями карбидов, нитридов и карбонитридов титана. Эти покрытия позволяют повысить износостойкость инструмента в 2-3 раза. С применением твердых сплавов изготавливают почти все виды режущего инструмента, за исключением мелкогабаритного.

*Минералокерамика и керметы.* Для резания металлов выпускают два основных типа режущей керамики; окисный - ЦМ (основа  $Al_2O_3$  с небольшими добавками окислов других металлов) и окисно-карбидный

(керметы) - ВЗ. ВОК - 60 и др. (основа  $Al_2O_3$  с различными добавками, в том числе и в виде карбидов вольфрама, титана, молибдена и др.)

Пластины из минералокерамики изготавливают путем прессования и последующего спекания. Керметы получают горячим прессованием керамических и металлических порошков. У керметов прочность почти в 2 раза выше, чем у минералокерамики, но несколько ниже температуростойкость. Температуростойкость минералокерамики  $1500\text{ }^{\circ}C$ , керметов  $-1300\text{ }^{\circ}C$ . Минералокерамику и керметы из-за относительной хрупкости применяют при резании закаленных сталей, серых и ковких чугунов, цветных металлов и других материалов взамен вольфрамосодержащих твердых сплавов в условиях незначительных ударных нагрузок.

*Сверхтвердые материалы.* Являются материалами на основе нитрида бора и синтетического алмаза. Нитрид бора - искусственный инструментальный материал темного цвета, не имеющий природного аналога. Нитрид бора прочнее всех других синтетических инструментальных материалов, а по твердости уступает лишь синтетическому алмазу. Температуростойкость нитрида бора выше, чем у всех известных инструментальных материалов и достигает  $1800\text{ }^{\circ}C$ . Стойкость резцов из нитрида бора в 5 - 10 раз превосходит стойкость резцов из твердых сплавов. Область применения этого материала в настоящее время интенсивно расширяется.

Синтетические алмазы по твердости лишь незначительно уступают природным алмазам, но температуростойкость их сравнительно низка и составляет около  $650\text{ }^{\circ}C$ . Алмазы химически активны к железу, поэтому их применяют для точения цветных металлов и сплавов, пластмасс, стеклопластиков, полупроводниковых материалов. Большие скорости резания  $1000-1200\text{ м/мин}$  обеспечивает высокую производительность обработки.

### 3. Порядок проведения работы

1. Ознакомиться с элементами движения резания при точении, сверлении и фрезеровании.
2. Изучить конструктивные и геометрические элементы режущих инструментов и на примере токарного резца изучить положение координатных плоскостей и углов заточки.
3. Ознакомиться с инструментальными материалами.
4. Получить у учебного мастера токарный резец, фрезу или сверло.
5. Определить положение координатных плоскостей, углов заточки фрезы или сверла.
6. Оформить отчет и подготовиться к защите лабораторной работы.

### Контрольные вопросы

1. Назовите рабочие движения заготовки и режущего инструмента.
2. Какое движение называют главным движением резания? Приведите конкретные примеры.
3. Какое движение называют движением подачи? Приведите конкретные примеры.
4. Как расположены координатные плоскости и углы заточки токарного резца?
5. Как расположены координатные плоскости и углы заточки режущих лезвий сверла и фрезы?
6. Назовите группы инструментальных материалов и область их применения. Приведите конкретные примеры.