

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра машиностроения и транспорта



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

 Е.И. Луковникова

«31» мая 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**РЕЗАНИЕ МАТЕРИАЛОВ**

**Б1.Б.17**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Технология машиностроения**

Программа прикладного бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств от 11 августа 2016 г № 1000 и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» от 01.04.2019 г. № 196 для очной формы обучения для набора 2019 года

<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>4</b>
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....	4
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	6
4.3 Лабораторные работы.....	23
4.4 Практические работы.....	23
4.5 Контрольные мероприятия: Расчетно-графическая работа.....	23
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>24</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>25</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>25</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>25</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>26</b>
9.1 Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных и практических работ .....	26
9.2 Методические указания для обучающихся по выполнению расчетно-графической работы.....	31
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>32</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>32</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>33</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>	<b>36</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>	<b>37</b>
<b>Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....</b>	<b>38</b>

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

## Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является – получение обучающимися представления об основах теории резания материалов и процессах протекающих в процессе механической обработки.

Задачами изучения дисциплины является:

- научиться использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	способность использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.	<b>знать:</b> - основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда; <b>уметь:</b> - использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда; <b>владеть:</b> - навыками использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б.17 Резание материалов относится к базовой части.

Дисциплина Резание материалов базируется на знаниях, полученных при изучении таких дисциплин как Материаловедение и Технологические процессы в машиностроении.

Основываясь на ранее изученных дисциплинах, Резание материалов представляет основу для изучения дисциплин: Режущий инструмент, Основы технологии машиностроения, Технология машиностроения.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

### 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоёмкость дисциплины в часах						Расчетно-графическая работа	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
Очная	3	5	216	102	17	51	34	87	РГР	экзамен
Заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоёмкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационных формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			5
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	<b>102</b>	<b>17</b>	<b>102</b>
Лекции (Лк)	17	17	17
Лабораторные работы (ЛР)	51	-	51
Практические занятия (ПЗ)	34	-	34
Расчетно-графическая работа (РГР)	+	-	+
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	<b>87</b>	<b>-</b>	<b>87</b>
Подготовка к лабораторным работам	15	-	15
Подготовка к практическим занятиям	15	-	15
Подготовка к экзамену в течение семестра	20	-	20
Выполнение расчетно-графической работы	37	-	37
<b>III. Промежуточная аттестация экзамен</b>	<b>27</b>	<b>-</b>	<b>27</b>
Общая трудоёмкость дисциплины ..... час.	<b>216</b>	<b>-</b>	<b>216</b>
Зач. Ед.	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>6</b>

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий - для очной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	практические занятия	
<b>1.</b>	<b>Введение</b>	<b>52</b>	<b>3</b>	<b>-</b>	<b>34</b>	<b>15</b>
1.1	Основные понятия, термины и определения	4	2	-	-	2
1.2	Различные случаи резания. Свободное и несвободное резание	48	1	-	34	13
<b>2.</b>	<b>Современные инструментальные материалы</b>	<b>31</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>27</b>
2.1	Инструментальные стали	7	1	-	-	6
2.2	Твердые сплавы	7	1	-	-	6
2.3	Минералокерамика	5,5	0,5	-	-	5
2.4	Сверхтвердые материалы	5,5	0,5	-	-	5
2.5	Абразивные инструментальные материалы	6	1	-	-	5
<b>3.</b>	<b>Геометрические параметры режущих инструментов</b>	<b>31</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	<b>15</b>
3.1	Классификация, конструкции и геометрия токарных резцов	16	1	12	-	3
3.2	Конструкция и геометрические параметры спирального сверла	4	1	-	-	3
3.3	Конструкция и геометрические параметры метчика	4	1	-	-	3
3.4	Конструкции и геометрические параметры фрез	3,5	0,5	-	-	3
3.5	Конструкции и геометрические параметры протяжки	3,5	0,5	-	-	3
<b>4.</b>	<b>Сопротивление, сила, работа и мощность резания</b>	<b>45</b>	<b>3</b>	<b>27</b>	<b>-</b>	<b>15</b>
4.1	Системы сил действующие на режущий инструмент при точении	11	1	7	-	3
4.2	Факторы влияющие на составляющие сил резания	8,5	0,5	5	-	3
4.3	Силы резания при сверлении	8,5	0,5	5	-	3
4.4	Силы резания и эффективная мощность при фрезеровании	8,5	0,5	5	-	3
4.5	Силы резания при протягивании	8,5	0,5	5	-	3
<b>5.</b>	<b>Тепловые процессы при резании</b>	<b>30</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	<b>15</b>
5.1	Источники образования тепла	10	1	4	-	5
5.2	Влияния различных факторов на температуру резания	10	1	4	-	5
5.3	Методы изучения тепловых явлений	10	1	4	-	5
<b>ИТОГО</b>		<b>189</b>	<b>17</b>	<b>51</b>	<b>34</b>	<b>87</b>

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

### Раздел 1. Введение

#### Тема 1.1. Основные понятия, термины и определения (лекция-дискуссия 2 час.)

Процесс резания металлов и получения изделия заключается в снятии с обрабатываемой заготовки слоя металла удаляемого при помощи режущего инструмента в виде стружки. Вновь образованные обработанные поверхности формируют готовую деталь. В процессе обработки детали на обрабатываемом изделии имеются следующие поверхности (рис 1.1):

- обрабатываемая(1);
- обработанная(2);
- поверхность резания (3) (данная поверхность образуется главным режущим лезвием и существуют только в процессе обработки);
- рабочая плоскость ( $P_s$ )

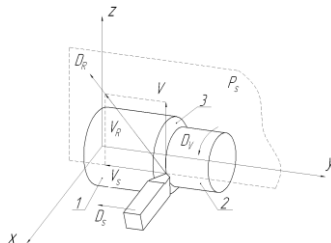


Рис.1.1. Кинематика резания и существующие поверхности:

$V$  – направление скорости резания;  $V_s$  – направление движения подачи;  $V_R$  – результирующее движение;  $D_v$  – главное движение;  $D_s$  – движение подачи;  $D_R$  – результирующее движение.

Для реализации процесса обработки резанием необходимо и иметь как минимум одно взаимное перемещение обрабатываемой заготовки и режущего инструмента. Однако на практике для обработки изделий, как правило, одного взаимного перемещения недостаточно. В таких случаях есть необходимость иметь два или более, движения обрабатываемой заготовки и режущего инструмента взаимосвязанных между собой. Совокупность этих движений режущего инструмента и обрабатываемой заготовки обеспечивает получение профиля заданной формы. При этом движение с максимальной скоростью называют главным ( $D_v$ ), а все остальные движением подачи или вспомогательными ( $D_s$ ). Векторную сумму движения инструмента относительно обрабатываемой детали, включенную в себя главное и вспомогательные движения, называется движением резания (результатирующим) ( $D_R$ ). Величину скорости результирующего движения резания ( $V_R$ ) определяют как геометрическую сумму скорости главного и вспомогательных движений. Вектора скоростей главного и вспомогательных движений располагаются в плоскости проходящей вертикально через вершину режущего инструмента параллельно оси обрабатываемой детали и называется *рабочая плоскость* ( $P_s$ ). В данной плоскости измеряются углы скорости резания и подачи. В случае токарной обработки данный угол равен 90 градусов.

Интенсивность процессов обработки определяется величиной режимов резания. Режимы резания характеризуются следующими параметрами:

- глубиной резания  $t$  (мм);
- подачей  $S$  (мм/об, м/мин, мм/дв.ход);
- скоростью резания  $V$  (м/мин).

Все эти параметры (скорость резания, глубина резания и подача) называются *элементами режимов резания*:

*Скорость резания* – скорость движения обрабатываемой поверхности по отношению к главному режущему лезвию инструмента. Иначе скорость главного движения определяется как отрезок пути, пройденный главной режущей кромкой в единицу времени по направлению главного движения по плоскости резания.

*Глубина резания* – называется величина слоя срезаемого материала, удаляемого за один рабочий ход режущего инструмента.

*Подача* определяется величиной передвижения главной режущей кромки или обрабатываемой заготовки за определенный промежуток времени или величиной, данного передвижения, отнесенной к величине скорости резания.

*Сечением среза* – называют произведение глубины резания и подачи, определяет размер площадь поперечного сечения удаляемого материала.

$$f = t \cdot S, \text{ мм}^2.$$

Процессы пластических деформаций удаляемого материала и величину напряжений возникающие в процессе обработки наиболее широко определяются не размером площади поперечного сечения удаляемого материала, а размерами толщины и ширины поперечного сечения удаляемого материала (рис.1.2). Толщина срезаемого слоя  $a$  определяется расстоянием между двумя последовательно расположенными плоскостями резания, а расстояние между обработанной и обрабатываемой поверхностями, измеренное по плоскости резания называется шириной срезаемого слоя  $b$ .

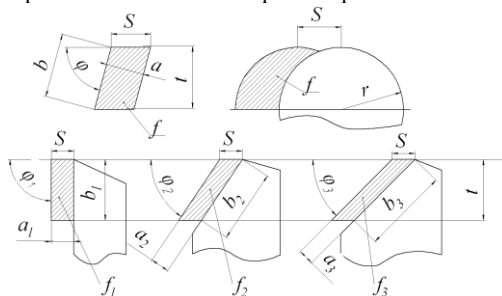


Рис. 1.2. Сечение среза, его формы и размеры

Конфигурация сечения среза зависит от формы лезвия режущего инструмента и расположения его относительно направления вспомогательного движения (подачи). При работе инструмента с прямолинейным режущим лезвием толщина среза  $a$  остается постоянной на всей ширине сечения, если же лезвие режущего инструмента имеет криволинейную конфигурацию то в разных точках по ширине сечения толщины будет разной.

На (рис.1.2) видно, что при неизменных величинах глубины резания  $t$  и подачи  $S$  ширина сечения  $b$  и толщина сечения  $a$  меняются исходя из положения режущего лезвия, и величины главного угла в плане  $\varphi$  который находится между режущей кромкой и направлением подачи.

На (рис. 1.2) показано, что:

$$\begin{aligned} f_1 &= f_2 = f_3; \\ a_1 &> a_2 > a_3; \\ b_1 &< b_2 < b_3; \end{aligned}$$

$$a = S \cdot \sin \varphi; \quad b = \frac{t}{\sin \varphi},$$

при

$$\varphi = 90,$$

отсюда

$$\sin \varphi = 1,$$

$$a = S, \quad b = t.$$

Так как у режущего инструмента имеется вспомогательный угол в плане  $\varphi_1$ , который больше нуля, реальная площадь сечения  $f_\varphi$  будет меньше номинальной на величину площади поперечного сечения неровностей остающихся на поверхности после обработки. Так как величина площади поперечного сечения этих неровностей много меньше номинальной площади поперечного сечения, то для выполнения различных расчетов ею пренебрегают.

Понятие производительности обработки изделия, как правило, характеризуется объемом материала, удаляемого за единицу времени ( $\text{мм}^3/\text{мин}$ ). Данный объем, определяют как произведение длины пути который прошел инструмент за единицу времени (скорости резания в случае токарной обработки) и номинальной площади поперечного сечения среза,:

$$Q = t \cdot S \cdot V \cdot 1000, \text{ мм}^3/\text{мин},$$

здесь:  $V$  – скорость вращения шпинделя, об/мин;

$S$  – скорость движения суппорта, мм/об;

$t$  – размер удаляемого припуска, мм;

Так же, производительность обработки изделий может быть выражена величиной площади обработанной поверхности за определенный промежуток времени и др.

### Тема 1.2. Различные случаи резания. Свободное и несвободное резание (лекция-дискуссия 1 час.)

Пластические деформации слоя удаляемого материала возникающие при резании и связанные с ними процессы стружкообразования на ряду с режимами обработки так же характеризуется степенью сложности производственных условий, в которых эти процессы осуществляются. По данному признаку процессы обработки разделяют на два основных случая: свободное резание и осложненное или несвободное.

*Свободное резание* наблюдается в случаях, когда в процессе резания участвует только одно прямолинейное режущее лезвие. Напряженно-деформированное состояние удаляемого слоя в этом случае плоское. Примером свободного резания может служить случай показанный на (рис.1.3. а). В данном случае деформации совершается в параллельных друг к другу направлениях. В результате элементарные объемы удаляемого материала могут свободно перемещаться в одном направлении не препятствуя друг другу.

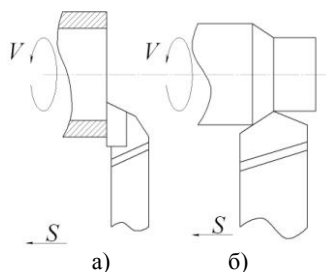


Рис. 1.3. Примеры основных случаев резания.

а) свободное, б) осложненное

Также примером свободного резания может служить обработка строганием прямых гребешков на плоской поверхности призматических заготовок или при токарной обработке в поперечном направлении буртиков на цилиндрических заготовках. В данных случаях необходимо чтобы длина прямолинейного лезвия режущего инструмента была больше ширины гребешка или буртика соответственно и перекрывала их ширину по обеим сторонам. Как правило, схемы свободного резания реализуются в каких-либо экспериментах необходимых для различных исследований. Это необходимо для того, чтобы отсутствовало воздействие осложненных процессов деформации на исследуемые явления. Например, получение хорошего корня стружки для исследования пластических деформаций удаляемого материала или процессов наростообразования, возможно только в случаи свободного резания, так как явления, происходящие в зоне обработки, происходят в параллельных направлениях, и как следствие равны в каждом из них.

Случаи *осложненного* или *несвободного* резания (рис.1.3. б) характеризуются тем, что элементарные объемы удаляемого материала, в разных участках главного и вспомогательного лезвий режущего инструмента, перемещаются независимо друг от друга с различными скоростями и направлениями, в результате этого создаются условия осложненного деформирования, которые затрудняют процессы образования стружки. Также в случаях осложненного резания из-за движения отдельных элементарных объемов удаляемого материала в различных направлениях, одни и те же явления, протекающие в зоне резания, в разных её точках происходят неодинаково и с разной интенсивностью. Поэтому картинка состояния материала в разных секущих плоскостях зоны резания не являются типичными, то есть будут отличаться друг от друга.

В зависимости от расположения главного режущего лезвия относительно направления скорости резания или вектора главного движения, различают прямоугольное или косоугольное резание. *Прямоугольным* резание называется, когда главное режущее лезвие располагается к направлению вектора главного движения под углом  $90^\circ$ , то есть под прямым углом. В случаях, когда главное режущее лезвие расположено к направлению скорости резания под углами не равными  $90^\circ$ , резание называют *косоугольным*. В условиях прямоугольного резания стружка будет завиваться в плоскую логарифмическую спи-

раль. В случаях косоугольного резания стружка завивается в винтовую спираль, направление и шаг которой будет зависеть от величины угла, под которым расположено главное режущее лезвие по отношению к направлению скорости резания.

Процесс обработки металлов может проходить с участием одного главного режущего лезвия, например при работе на токарных, строгальных и др. станках, резание будет называться *однолезвийным*. В тех случаях, когда в процессе обработке участвуют несколько главных режущих кромок, резание называется *многолезвийным*. Примером многолезвийной обработки является сверление, фрезерование, протягивание и т.д. Также процесс обработки бывает *непрерывным* или *прерывистым* с постоянным или переменным сечением среза. Примером непрерывной обработки с постоянным сечением резания является обработка на токарных, сверлильных, и др. станках. В случаях, например фрезерования или строгания, резание называется прерывистым, и происходит с переменным сечением резания.

## Раздел 2. Современные инструментальные материалы

Материал режущей части инструмента определяет эффективность его работы, обеспечивая его работоспособность, стойкость и высокую производительность. Для разных условий производства процесс выбора инструментального материала будет зависеть от большого количества факторов, таких как, используемые оборудования и оснастка, типы и виды режущего инструмента, материал и вид заготовки, требуемая эффективности процесса обработки, качество и точность производимой продукции. По этой причине на современном производстве используется большое разнообразие марок инструментальных материалов, которые отличаются друг от друга по химическому составу и физико-механическим свойствам.

Существующие в настоящее время инструментальные материалы делятся следующие группы:

- 1) *инструментальные стали*. Они могут быть углеродистыми, легированными, быстрорежущими;
- 2) *твердосплавные*;
- 3) *минералокерамические*;
- 4) *сверхтвердые материалы*, к ним относятся алмазы и кубический нитрид бора;
- 5) *абразивные* инструментальные материалы.

Для обеспечения эксплуатационных свойств обеспечивающих высокую производительность и качество производимой продукции к инструментальным материалам предъявляются определенные требования:

1) требования, предъявляемые исходя из условий эксплуатации (*эксплуатационные*):

- материал режущей части инструмента должен обладать *высокой твердостью* (твердость материала режущей части инструмента должна превышать твердость обрабатываемого материала не менее 1,5 раз);
- достаточная *механическая прочность* (предел прочности на изгиб, способность противостоять к переменным (усталостная прочность) и ударным (ударная вязкость) нагрузкам должны обеспечивать условия производства);
- необходимая стойкость к высоким температурам, которая определяется *температурой краснотойкости*, то есть способностью сохранять химические, и физико-механические свойства и как следствие режущую способность при высоких температурах, которые выделяются в процессе резания;
- способность противостоять абразивному, адгезионному, диффузионному и др. видам изнашивания, то есть обладать *высокой износостойкостью*;
- *теплопроводность* должна обеспечивать отвод образовавшегося в результате резания тепла от режущего лезвия инструментального материала;

2) требования, предъявляемые из условий изготовления инструмента из данного инструментального материала (*технологические*):

- так как инструмент бывает сложной формы (фасонные резцы, сверла, протяжки и т.д.) для возможности его изготовления инструментальный материал должен обладать хорошей *обрабатываемостью* резанием, в том числе *шлифуемостью* и обладать хорошей *способностью к пластическим деформациям*;
  - так как инструмент подвергается термической обработке для обеспечения высоких эксплуатационных свойств (твердость, прочность и др.) инструментальный материал должен обладать необходимой *закаливаемостью* и *прокаливаемостью*;
- 3) *экономические требования*:
- инструментальный материал должен иметь низкую стоимость;
  - затраты на изготовление режущего инструмента должны быть не велики.

### Тема 2.1. Инструментальные стали (лекция-дискуссия 1 час.)

#### Углеродистые стали

В соответствии с ГОСТ 1435–90 инструментальные углеродистые стали, маркируют буквой «У» и цифрами, показывающими десятые доли процента среднего содержания углерода. Например, сталь марки У12 эта углеродистая сталь содержащая 1.2% углерода. В основном для изготовления режущего инструмента, применяются качественные стали марок У7–У13 и стали марок У7А–У13А. буква А здесь означает, что сталь высококачественная.

По назначению, химическим, физико-механическим свойствам углеродистые стали делятся:

- стали с повышенной вязкостью (содержание углерода у которых находится в пределах от 0,7 до 0,9 %) применяются в основном для изготовления инструмента с высокими режущими свойствами, работающего в условиях ударных нагрузок;
- стали с повышенной твердостью (содержание углерода у которых находится в пределах от 0,7 до 0,9 %) применяются в основном для изготовления износостойкого инструмента, работающего в условиях отсутствия ударных нагрузок.

Углеродистые стали применяются в основном при изготовлении слесарного и столярного инструментов, таких как напильники, шаберы, метчики и др., штампов для холодной штамповки, а также хирургического инструмента.

Основными достоинствами углеродистой инструментальной стали является её низкая цена и высокие технологические свойства в отожженном состоянии, такие как обрабатываемость при резании и способностью к пластическому деформированию.

К недостаткам углеродистых сталей можно отнести низкую скорость резания и невозможность изготовления инструмента больших размеров, так как данные материалы обладают низкой прокаливаемости и при закаливании в воде наблюдаются большие деформации.

#### Легированные стали

Маркировка и химический состав легированных инструментальных сталей определяется по ГОСТ 5950–73. Они делятся на стали глубокой и низкой прокаливаемости.

Легированные стали низкой прокаливаемости, по устойчивости переохлажденного аустенита незначительно превосходят углеродистые инструментальные материалы, но благодаря наличию легирующих элементов, таких как хромом, ванадий



и вольфрам обладают более высокими износостойкостью и температурой красностойкости, и инструмент, изготовленный из таких материалов более устойчив к перегреву.

Легированные стали, как правило, используются для производства режущего инструмента, который подвергается местной или поверхностной закалке, например: пил, зубил, ножей для холодной и горячей резки, обрезных матриц и пуансонов. Есть легированные инструментальные стали имеющие специальное применение. Например, сталь марки 13Х применяется в основном для изготовления хирургических и гравировальных инструментов, а так же ножей и лезвий для бритвы. Сталь марки В2Ф используется в основном для производства ножовочных полотен и ленточных пил для обработки сталей средней твердости, для сравнения, её работоспособность превосходит в 1,5–2 раза работоспособность стали марки 9ХФ. Сталь марки ХВ4Ф отличает особо высокая твердость, которая достигает HRC 67–69, так же она обладает высокой стойкостью к изнашиванию благодаря присутствию в данном материале карбида вольфрама WC, который не растворяется при температурах закаливания, из этой стали изготавливают резцы и фрезы для обработки с низкими скоростями резания конструкционных сталей.

Стали глубокой прокаливаемости, обладают более высоким содержанием хрома (в пределах от 0,6 до 1,7 %) и повышенным содержанием общего количества хрома, марганца, кремния вольфрама в некоторых марках сталей. За счет того, что легирование в этом случае является комплексным, то при относительно небольших количествах каждого из легирующих элементов значительно повышается эксплуатационные свойства материала, такие как прокаливаемость, карбиды распределяются по объему материала более равномерно (исключением являются стали типа ХВГ) и уменьшается чувствительность сталей к перегреву, то есть повышается температура красностойкости.

Стали марок ХВГ, ХГС, 9ХС, 9ХВГ и ХВГС предназначены для изготовления режущего и штампового инструмента (метчиков, плашек, разверток, фрез, пробойников, вырубных штампов и т.д.) работающего с повышенными скоростями резания в сравнении с инструментом из углеродистых сталей и применяют для обработки деталей более ответственного назначения.

#### Быстрорежущие стали

Режущий инструмент, изготовленный из быстрорежущих сталей, нашел широкое применение при обработке в условиях значительных динамических нагрузок и с повышенной температурой резания (в пределах от 600 до 640 °С) на контактных поверхностях инструмента и в области режущей кромки. К данной группе материалов относятся легированные стали с высоким содержанием вольфрама и других карбидообразующих элементов, таких как ванадий, хром, молибден. Быстрорежущие стали, приобретают высокие эксплуатационные свойства (твердость, прочность, теплостойкость и износостойкость) в результате двойной термообработки. Сначала сталь подвергается закалке до мартенситной структуры, а затем проводится относительно высокий отпуск при температуре от 500 до 620 °С для образования мелкодисперсных упрочненных фаз и снятия внутренних напряжений.

Маркируются быстрорежущие инструментальные материалы буквой «Р» (с англ. «rapid» — быстрый) и цифрой, показывающей среднее содержание вольфрама в %, далее могут следовать буквы и цифры, указывающие на наличие и их количество в % других легирующих элементов, так же как и в стандартной маркировке легированной стали. Углерод и хром маркировке быстрорежущих сталей не указываются, их массовая доля по умолчанию составляет не более 1-го % и не более 4-х % соответственно. Содержание молибдена и ванадия до 1 % в маркировках сталей Р18, Р9, Р9К5, Р6М5 и др. также не указывается.

Все быстрорежущие стали по своим физико-механическим свойствам, подразделяются на следующие подгруппы:

- стали умеренной теплостойкостью (например стали марок Р9, Р6М5);
- стали с повышенной износостойкостью (к ним относятся, стали марок Р12Ф3, Р6М5Ф3);
- стали повышенной теплостойкостью (такие как стали марок Р6М5К5, Р9К5);
- стали с повышенными износо- и теплостойкостью (сталь марки Р18К5Ф2);
- стали с высокой твердостью и теплостойкостью и улучшенной шлифуемостью (стали марок Р9М4К8, В11М7К23).

Быстрорежущие стали, в основном применяют для режущего инструмента сложной формы. Например, при изготовлении сверл, разверток, зенкеров, метчиков, плашек, концевых и насадных фрез, фасонных резцов, а так же токарных резцов работающих в условиях высоких ударных нагрузок.

#### Тема 2.2. Твердые сплавы (лекция-дискуссия 1 час.)

К твердым сплавам относятся композитные материалы, состоящие из твердых и тугоплавких соединений карбидов вольфрама, титана, тантала, или небольших добавок ванадия, ниобия, хрома в сочетании с легкоплавкими металлами, являющимися связкой. Связкой в твердых сплавах обычно служит кобальт, а в ряде случаев никель, железо или молибден.

Твердосплавные инструментальные материалы изготавливаются в виде пластинок с различным числом граней и получают методом порошковой металлургии. По данному методу порошки карбидов смешиваются с порошком кобальта, эта смесь прессуется в изделие заданной формы и подвергается спеканию при температурах от 1400 до 1550 °С в среде защитной атмосферы например в водорода или в вакууме. При спекании порошок кобальта расплавляется и заполняет пространство между зёрнами карбидов, это позволяет получить материал достаточной плотности, с пористостью, не превышающей 2-х % и состоящий из частиц карбидов на 80 – 97 %, соединенных между собой связкой. Более высокое содержание кобальтовой связки ведет к снижению твердости, но в тоже время повышает вязкость и предел прочности на изгиб.

Твердосплавные инструментальные материалы обладают рядом необходимых физико-механических свойств, например высокая твердость (в пределах HRA 82 – 92) и износостойкость. Также данные материалы сохраняют в значительной степени свои свойства и при повышенных температурах выделяемых в процессе резания, то есть обладают высокой теплостойкостью (температура красностойкости в пределах от 800 до 1000 °С)

В зависимости от состава карбидной основы твердые сплавы разделяются на четыре основные группы:

- вольфрамокобальтовые (группа ВК) на основе WC—Co;
- титановольфрамокобальтовые (группа ТК) на основе WC—TiC—Co;
- титанотанталовольфрамокобальтовые (группа ТТК) на основе WC—TiC—TaC—Co;
- безвольфрамовые (группа БВТС) на основе TiC и TiCN.

В обозначении марок сплавов используются буквы: В - карбид вольфрама, К - кобальт, первая буква Т - карбид титана, вторая буква Т - карбид тантала. Цифры после букв указывают примерное содержание компонентов в процентах. Остальное в сплаве - карбид вольфрама. Буквы в конце марки означают: В - крупнозернистую, М - мелкозернистую, ОМ - особомелкозернистую структуру.

*Вольфрамокобальтовые твердые сплавы* (группа ВК) состоят из зерен карбида вольфрама и кобальта. Сплавы данной группы различаются между собой процентным содержанием в них кобальта и размерами зерен карбида вольфрама, а так же

технологией их изготовления. В настоящее время для изготовления твердосплавных пластинок применяются сплавы с содержанием кобальта от 3 до 10 %.

Основными представителями данной группы являются материалы марок ВК3, ВК3М, ВК3ОМ, ВК4, ВК4В, ВК6, ВК6М, ВК6ОМ, ВК6В, ВК8, ВК8В, ВК10, ВК10М, ВК10ОМ, ВК10ХОМ, ВК11, ВК11В, ВК15, ВК15ХОМ, ВК20, ВК20В.

В этих материалах при увеличении процентного содержания связки (кобальта) возрастают предел прочности на изгиб, ударная вязкость и способность к пластическим деформациям, однако снижаются твердость и модуль продольной упругости (модуль Юнга). Также с ростом содержания кобальта наблюдается повышение теплопроводности твердосплавных материалов и коэффициент их термического расширения, одновременно с этим наблюдается снижение удельного электрического сопротивления. Повышение концентрации кобальта в твердом сплаве ведет к повышению его износостойкости, и одновременно к возрастанию способности противостоять ударным нагрузкам. Таким образом, физико-механические свойства твердосплавных материалов определяют их режущую способность в разных условиях обработки и зависят главным образом количества связки в материале.

Например, твердый сплав марки ВК3 с минимальным содержанием кобальта, обладает наибольшей износостойкостью, но одновременно наименьшей прочностью в основном рекомендуется для чистовых операций с максимально высокой скоростью главного движения, и относительно малой толщиной и глубиной обработки (сечением среза). Такие твердые сплавы как ВК8, ВК10-М и ВК10-ОМ, как правило, применяются на черновых операциях с относительно низкой скоростью резания и высокой подачей и глубиной резания в условиях с высокими ударными нагрузками, так как благодаря повышенному содержанию кобальта имеют более высокие твердость и предел прочности на изгиб. В основном твердые сплавы группы ВК рекомендуются для обработки материалов, дающих стружку надлома, таких как чугуны, цветные металлы, стеклопластики, фарфор и др.

*Титановольфрамкобальтовые твердые сплавы* (группа ТК) предназначаются, как правило, при изготовлении инструмента применяемого для резания материалов, обработка которых связана с образованием сливной стружки. В сравнении с твердыми сплавами группы ВК они имеют более высокую твердость, жаропрочность, стойкость к окислению и в то же время низкую теплопроводность и электропроводность, а также малым модулем продольной упругости.

Также твердые сплавы на основе карбидов титана и вольфрама обладают способностью сопротивляться истиранию под воздействием трения стружки о переднюю поверхность режущего инструмента, это объясняется тем, что температура химического схватывания (адгезия) со сплавами на основе железа у сплавов данной группы выше, чем у твердых сплавов групп ВК, это позволяет производить обработку конструкционных сталей резанием на более высоких скоростях без снижения стойкости режущего инструмента то есть повысить производительность обработки.

Основными марками твердых сплавов этой группы являются: Т30К4, Т15К6, Т14К8, Т5К10, Т5К12, Т8К7.

*Танталотитановольфрамкобальтовые твердые сплавы* (группа ТТК) изготавливаются из трех основных твердых фаз карбидов титана TiC, вольфрама WC, тантала TaC и кобальта Co используемого в качестве связки. Добавление в твердые сплавы карбида тантала повышает их физико-механические свойства и вследствие этого эксплуатационные характеристики инструментального материала. Это выражается в увеличении предела прочности при изгибе и увеличении способности к пластическим деформациям и при высоких температурах. Сплавы, в состав которых входит карбид тантала, имеет более высокую твердость, чем у твердых сплавов групп ВК и ТК и не теряет ее при высоких температурах (600—800 °С). Наличие карбида тантала в твердых сплавах ведет к снижению ползучести, существенному повышению предела усталости при циклических нагрузках, а также возрастанию термостойкости и стойкости к окислению в воздушной среде.

Основными марками твердых сплавов этой группы являются: ТТ7К12, ТТ8К6, ТТ10К8-Б, ТТ20К9.

Твердые сплавы на основе карбида тантала рекомендуются, как правило, при обработке в тяжелых условиях обработке с большими значениями глубины и подачи, когда на режущее лезвие инструмента действуют высокие силы резания и контактные температуры, а также для условий прерывистого резания, главным образом при фрезеровании.

Так как вольфрам и кобальт являются редкими, дефицитными элементами имеющие высокую стоимость с целью их экономии и снижения стоимости инструментально материала современная промышленность производит твердые сплавы на основе карбидов и карбонитридов титана с никель-молибденовой связкой. Эти твердые сплавы входят в группу *безвольфрамовых твердых сплавов* (БВТС).

В сравнении с вольфрамосодержащими твердыми сплавами безвольфрамовые твердые сплавы обладают более низкой теплопроводностью и более высоким коэффициентом линейного расширения, это определяет особые условия при их пайке. Так как коэффициент линейного расширения безвольфрамовых твердых сплавов практически такой же, как у сталей, они могут быть использованы для производства различных калибров и концевых мер. Твердость БВТС соизмерима с твердостью твердых сплавов на основе карбида вольфрама, но уступают им по прочностным характеристикам, особенно по модулю поперечной упругости. При высоких температурах твердость безвольфрамовых твердых сплавов несколько ниже, чем твердость сплава на основе карбида вольфрама марки Т15К6.

Основными марками этой группы являются материалы ТН20, ТН50, КНТ16.

Безвольфрамовые твердые сплавы марок ТН20 и КНТ16 предназначены для чистовой и получистовой обработки углеродистых и низколегированных сталей, чугунов, сплавов на основе цветных металлов, никелевых сплавов, полиэтилена. Твердый сплав марки ТН50 в основном применяют для производства опорных пластин под сменные твердосплавные многогранные пластины.

### **Тема 2.3. Минералокерамика (лекция-дискуссия 0,5 час.)**

Основным преимуществом минералокерамики является свойство сохранять свои физико-механические свойства в условиях высоких контактных температур. Это позволяет вести обработку резания на скоростях значительно выше (до 2000 м/мин), чем при использовании твердосплавного инструмента, что приводит к повышению производительности и качества обработанной поверхности. Также к преимуществу минералокерамики можно отнести ее низкую стоимость вследствие того, что сырьё для ее изготовления являются практически неограниченным ресурсом.

Минералокерамику, выпускаемую у нас в стране и за рубежом, по химическим составам, методом производства и областями применения. разделяют на три основные группы.

К первой группе относится *оксидная керамика*, состоящая в основном из оксида алюминия  $Al_2O_3$  (до 99 %) и небольшого количества легирующих добавок, таких как  $ZrO_2$   $MgO$ , и др. Выпускаются минералокерамика в виде пластин путем холодного прессования с последующим спеканием. Процесс изготовления таких пластин экономичен, дефицитные материалы в их состав не входят вследствие этого их стоимость очень низкая. Основным недостатком этих пластин является относительно небольшая прочность при изгибе, но твердость и теплостойкость их высокие. Также к недостаткам минералокерамики можно отнести неоднородность структуры и нестабильность физико-механических свойств данного материала.

К числу основных марок минералокерамики относятся материалы ЦМ-332, ВО-13 и ВШ-75.

Вторая группа - *оксидно-карбидная* и *оксидно-нитридная* (смешанная, «черная») керамика, состоящая из  $Al_2O_3$  (до 60 %), TiC (до 20 – 40 %),  $ZrO_2$  (до 20 – 40 %) и других карбидов и нитридов тугоплавких материалов с различными легирующими элементами. Пластины из данного инструментального материала получают путем горячего прессования в графитных пресс-формах. Процесс получения минералокерамики данной группы является более трудоемким, в сравнении с процессом получения оксидной минералокерамики.

Наиболее известными марками керамики этой группы являются В-3, ВОК-60 и ВОК-63.

Пластины данной группы применяются в основном для обработки ковких и отбеленных чугунов, термоулучшенных, цементируемых и закаленных до твердости HRC 30 – 65 сталей.

К третьей группе относят минералокерамику изготовленную на основе *нитрида кремния* ( $Si_3N_4$ ) легированного оксидами циркония, алюминия, иттрия и др. Пластины из нитрида кремния получают при помощи методов горячего прессования.

В нашей стране наиболее известная марка этой минералокерамики является материал «силинит-Р».

Применяется минералокерамика этой группы в основном при обработке чугунов, легированных сталей и цветных металлов на основе меди и никеля в условиях отсутствия циклических ударных нагрузок.

#### **Тема 2.4. Сверхтвердые материалы (лекция-дискуссия 0,5 час.)**

Использование при изготовлении режущего инструмента синтетических алмазов, а также поликристаллов сверхтвердых материалов (СТМ) на основе кубического нитрида бора (КНБ) и вюрцитоподобного нитрида бора (ВНБ) позволяет значительно повысить производительность обработки.

Современная инструментальная промышленность выпускает две группы многогранных пластин из СТМ:

- 1) композиты на основе нитрида бора имеющие следующие торговые названия: эльбор-Р, белбор, ПТНБ, гексанит-Р, боразон, амборит, сумиборон BN200, вюрцин;
- 2) поликристаллы на основе углерода, к ним относятся синтетические алмазы: АСБ, АСПК, СВБН, карбонит, компакс, синдит, мегадаймонд.

Эти две группы сверхтвердых материалов имеют не связанные между собой области применения, которые определяются их химическим составом и физико-механическими свойствами. По твердость синтетические алмазы превосходят твердость материалов на основе нитрида бора, однако их теплостойкость ниже в 1,5-2 раза. Композитные материалы на основе нитрида бора практически химически нейтральны к сплавам на основе железа, а синтетические алмазы проявляют по отношению к этим сплавам повышенную химическую активность, особенно при высоких контактных температурах и давлениях, которые имеют место в зоне обработки. Исходя из этих особенностей режущий инструмент, оснащенный сверхтвердыми многогранными пластинками из композитов на основе нитрида бора, применяют главным образом при обработке чугуна и стали, а инструменты, оснащенные синтетическими алмазами, используются при обработке цветных металлов и сплавов на их основе, а также неметаллических труднообрабатываемых материалов.

#### **Тема 2.5. Абразивные инструментальные материалы (лекция-дискуссия 1 час.)**

Абразивные материалы (с латинского «abradere» – соскабливать) – это материалы, обладающие высокой твердостью и предназначенные для обработки различных материалов (сталь, керамика, стекло, и др.). Они используются в технологических процессах шлифования, полирования, доводки, суперфиниширования и т.д. Все абразивные материалы делятся на природные и искусственные. К природным абразивным материалам относятся различные минералы: кремний, кварц, пемза, корунд, алмаз и др. Структура этих абразивных материалов отличается большой неоднородностью и включает в себя различные посторонние примеси. Вследствие этого абразивные свойства природных материалов в большинстве случаев не удовлетворяют высокие требования, предъявляемые современной промышленностью. Поэтому ведущее место в машиностроительном производстве занимают искусственные абразивные материалы.

К основным искусственным абразивным материалам относятся электрокорунд, монокорунд, карбиды кремния зеленого и др. Также к искусственным абразивным материалам относятся полировочные и доводочные порошки из окисей хрома и железа. К особой группе искусственных абразивных материалов относятся кубический нитрид бора и синтетический алмаз.

Электрокорунд (в американской лит. - алунд от латинского «alundum» - огнеупорный) получают при помощи электрической плавки материалов, обогащенных окисью алюминия, таких как бокситы или глинозем, в смеси с антрацитом или коксом которые используются в качестве восстановителей.

Выпускаются следующие разновидности электрокорундов: монокорунд (изготовлен в виде монокристалла путем разложения оксисульфидного шлама из сырья, содержащего глинозем и серу), сферокорунд (из глинозема, структура в виде корундовых сфер), легированный (изготовлен из глинозема с добавлением легирующих элементов, образующих твердый раствор с корундом), циркониевый (изготавливается из сырья содержащего глинозем и цирконий, отличается эвтектической структурой), титанистый (из глинозема с добавлением оксида титана), белый (из глинозема), нормальный (из боксита) и хромистый (оксид хрома вводится в глинозем).

*Нормальный электрокорунд* содержит от 92 до 95 % окиси алюминия и делится следующие марки: 12А, 13А, 14А, 15А, 16А. Зерна нормального электрокорунда наряду с достаточно высокой прочностью и твердостью обладают относительно высокой вязкостью, необходимой при обработке в условиях большого давления с переменными нагрузками. Поэтому нормальный электрокорунд, применяется при обработке разных материалов с высокой прочностью, таких как углеродистые и легированные стали, ковкий и высокопрочный чугуны, никелевые и алюминиевые сплавы.

*Белый электрокорунд* производится следующих марок 22А, 23А, 24А, 25А его отличает высокое содержание окиси алюминия в пределах от 98 до 99 %. По сравнению с нормальным электрокорундом он обладает более высокой твердостью, хрупкостью и имеет повышенную абразивную способность. Он в основном используется для обработки тех же материалов, что и нормальный электрокорунд. Однако в силу того, что электрокорунд белый обладает более высокой стоимостью в сравнении с нормальным электрокорундом, область его применения распространяется на более ответственных операциях, например на операциях окончательного или профильного шлифования, при шлифовании резьбы и затачивании режущего инструмента.

Хромистый электрокорунд производят следующих марок: 32А, 33А, 34А. Добавление окиси хрома изменяет микроструктуру и строение зерен. Прочность хромистого электрокорунда приблизительно равна прочности нормального электрокорунда, а по своим режущим свойствам он приближается к белому электрокорунду. Рекомендуемая область применения хромистого электрокорунда эта круглошлифовальные операции для обработки изделий из конструкционных и углероди-

стых сталей при высоких режимах резания, в результате чего обеспечивается высокая производительность (на 20—30% выше) в сравнении с белым электрокорундом.

Электрокорунд титанистый марки 37А наряду с окисью алюминия содержит окись титана  $TiO_2$ . Он отличается от электрокорунда нормальным большим постоянством свойств и повышенной вязкостью. Это позволяет использовать его в условиях тяжелых и неравномерных нагрузок. Электрокорунд титанистый применяется на операциях предварительного шлифования с увеличенным съемом металла.

Электрокорунд циркониевый марки 38А наряду с окисью алюминия содержит окись циркония. Он имеет высокую прочность и применяется в основном для обдирочных работ с большими удельными давлениями резания.

Монокорунд марок 43А, 44А, 45А получается в виде зерна, имеющего повышенную прочность, острые кромки и вершины с более выраженным свойством самозатачивания по сравнению с электрокорундом. Это обеспечивает ему повышенные режущие свойства. Монокорунд предпочтителен для шлифования труднообрабатываемых сталей и сплавов, для прецизионного шлифования сложных профилей и для сухого шлифования режущего инструмента.

Сферокорунд содержит более 99 %  $Al_2O_3$  и получается в виде полых сфер. В процессе шлифования сферы разрушаются с образованием острых кромок. Сферокорунд целесообразно применять при обработке таких материалов, как резина, пластмассы, цветные металлы.

Карбид кремния получается в результате взаимодействия кремнезема и углерода в электрических печах, а затем дробления на зерна. Он состоит из карбида кремния и незначительного количества примесей. Карбид кремния обладает большой твердостью, превосходящей твердость электрокорунда, высокой механической прочностью и режущей способностью.

Наиболее распространены две разновидности карбида кремния: зеленый (КЗ), имеющий цвет от светло-зеленого до темно-зеленого, и черный (КЧ) – обычно черного или темно-синего цвета. Карбид кремния зеленый отличается от карбида кремния черного меньшим количеством примесей. Зеленый карбид кремния обладает большей твердостью, но меньшей прочностью по сравнению с черным карбидом кремния.

Карбид кремния черный марок 53С, 54С, 55С применяют для обработки твердых, хрупких и очень вязких материалов: твердых сплавов, чугуна, стекла, цветных металлов, пластмасс.

Карбид кремния зеленый марок 63С, 64С используют для заточки твердосплавного инструмента, шлифования керамики.

Карбид бора  $B_4C$  обладает высокой твердостью, высокой износоустойчивостью и абразивной способностью. Вместе с тем карбид бора очень хрупок, что и определяет его применение в промышленности в виде порошков и паст для доводки твердосплавных режущих инструментов, фильер из твердых сплавов, шлифования камней из искусственного рубина, агата и др.

### Раздел 3. Геометрические параметры режущих инструментов

#### Тема 3.1. Классификация, конструкции и геометрия токарных резцов (лекция-дискуссия 1 час.)

Многообразие видов поверхностей, обрабатываемых на станках токарной группы, привело к созданию большого числа типов токарных резцов, которые можно классифицировать по следующим признакам (рис. 3.1):

1. По технологическому назначению различают резцы: проходные (а, б), подрезные (в, г), канавочные (д, е), расточные (ж, з), отрезные (и, к, л), резьбовые (м, н), фасонные (о), галтельные (п, р).

Проходной резец применяется для обточки наружных цилиндрических и конических поверхностей.

Подрезной резец – для подрезки плоских торцовых поверхностей.

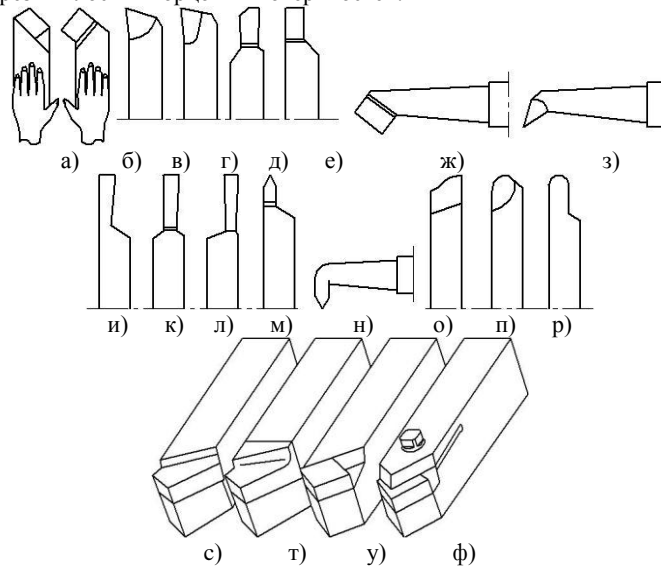


Рис. 3.1. Токарные резцы

Расточной резец – для расточки отверстий, предварительно полученных на предыдущих операциях технологического процесса.

Канавочный резец – для обработки канавок.

Галтельный резец – для обработки галтельных сопряжений поверхностей.

Отрезной резец – для отрезания заготовок.

Резьбовой резец – для нарезания резьбы.

Фасонный резец – для обработки фасонной поверхности методом поперечной подачи.

2. По форме рабочей части резцы разделяются на прямые, отогнутые, оттянутые.

3. По направлению подачи резцы бывают левые (а) и правые (б). Левые резцы работают слева направо, а правые – справа налево

4. По конструктивному оформлению резцы могут быть цельные, с приваренной встык рабочей частью, с приваренной или припаянной пластинкой из материала режущей части, с механическим креплением режущих пластинок.

Токарный резец показанный на рис. 3.2 имеет две основных части: рабочую (I) и стержень (II).

Стержень в сечении, как правило имеет квадрат или прямоугольник и служит для установки резца в резцедержателе станка.

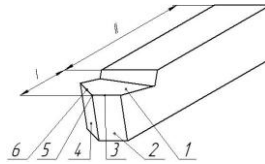


Рис. 3.2. Элементы токарного проходного резца

Рабочая часть резца непосредственно выполняет работу резания и состоит из следующих элементов (рис. 3.2):

1. Передней (главной) поверхностью (1) называют поверхность, по которой сходит стружка;
2. главной и вспомогательно называют поверхности, обращенные к обрабатываемой заготовке. Главной задней поверхностью (2) называют поверхность, обращенную к поверхности резания, а вспомогательной задней (4) - поверхность, обращенную к обработанной поверхности заготовки;
3. главная режущая кромка (лезвие) (3) образуется пересечением передней и главной задней поверхностей, а вспомогательной режущей кромкой (6) называют главной и вспомогательной задней поверхностей.
4. Пересечение главной и вспомогательной режущей кромки образует вершину резца (5). Вершина резца может быть изготовлена как острой, так и закругленной.

Для определения углов резца вводятся понятия следующих плоскостей (рис. 3.3).

Основная плоскость (ОП) – плоскость, параллельная направлению продольной и поперечной подачи. Применительно к токарным резцам за основную принимается плоскость, проходящая через основание стержня.

Плоскость резания (ПР) – плоскость, которая проходит через главное режущее лезвие резца и является касательной к поверхности резания (перпендикулярна основной поверхности).

Главная секущая плоскость (NN) - плоскость, перпендикулярная проекции режущего лезвия на основную плоскость.

Вспомогательная секущая плоскость ( $N_1N_1$ ) - плоскость, перпендикулярная к проекции вспомогательного режущего лезвия на основную плоскость.

Углы резца определяют положение элементов рабочей части в пространстве относительно координатных плоскостей и относительно друг друга.

Рассмотрим определение углов на примере токарного проходного резца. Все данные ниже положения будут справедливы для любого токарного резца.

Углы резца подразделяют на главные и вспомогательные (рис. 3.3). Главным передним углом  $\gamma$  называется угол между передней поверхностью резца и плоскостью, которая перпендикулярна плоскости резания и проходит через главную режущую кромку резца. Угол  $\gamma$  может быть положительным, отрицательным или равным нулю.

Главным задним углом  $\alpha$  называется угол между главной задней поверхностью резца и плоскостью резания (ПР).

Углы  $\gamma$  и  $\alpha$  измеряются в главной секущей плоскости NN.

Углом заострения  $\beta$  называется угол между передней и главной задней поверхностями резца. Сумма углов  $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$ .

Углом резания  $\delta$  называется угол между передней поверхностью резца и плоскостью резания. Сумма углов  $\gamma + \delta = 90^\circ$ .

Вспомогательным задним углом  $\alpha_1$  называется угол между вспомогательной задней поверхностью и плоскостью, проходящей через вспомогательную кромку перпендикулярно основной плоскости. Угол  $\alpha_1$  измеряется во вспомогательной секущей плоскости  $N_1N_1$ .

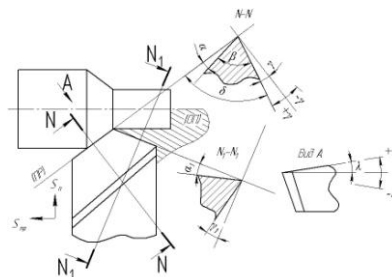


Рис. 3.3. Углы резца

Главным углом в плане  $\phi$  называется угол между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи. Вспомогательным углом в плане  $\phi_1$  называется угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

Углом при вершине в плане  $\epsilon_1$  называется угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость. Сумма углов  $\phi + \phi_1 + \epsilon_1 = 180^\circ$ .

Углом наклона главной режущей кромки  $\lambda$  называется угол между главной режущей кромкой и плоскостью, проходящей через вершину резца параллельно основной плоскости. Угол  $\lambda$  может быть положительным, отрицательным или равным нулю.

Каждый из углов резца оказывает своеобразное физическое влияние на процесс резания и формирование качества обработанной поверхности.

С увеличением переднего угла  $\gamma$  облегчается процесс стружкообразования, снижаются сила резания и расход мощности, улучшаются условия схода стружки и повышается качество обработанной поверхности заготовки. Однако уменьшается прочность лезвия главной режущей кромки, вследствие чего снижается стойкость инструмента и более возможны становятся выкрашивания режущей кромки.

Увеличение заднего угла снижает трение обрабатываемой заготовки о заднюю поверхность инструмента, деформацию обработанной поверхности, износ инструмента, уменьшает шероховатость обработки. Вместе с тем большие задние углы снижают прочность лезвия и способствуют выкрашиванию режущей кромки.

Углы заострения  $\beta$  и резания  $\delta$  на показатели процесса резания оказывают влияние через смежные с ними углы  $\gamma$  и  $\alpha$ .

Угол в плане  $\phi$  влияет на шероховатость обработанной поверхности. С уменьшением угла  $\phi$  шероховатость обработанной поверхности уменьшается, уменьшается износ инструмента, однако возрастает составляющая силы резания, направленной

ная перпендикулярно от заготовки, что вызывает её повышенную деформацию, вследствие чего снижается точность обработки.

С уменьшением угла  $\phi_1$  шероховатость обработанной поверхности уменьшается, одновременно увеличивается прочность вершины реза и снижается его износ.

Угол наклона кромок  $\lambda$  не оказывает относительно большого влияния на показатели процесса резания. Знак угла  $\lambda$  определяет направление схода стружки из зоны обработки: при положительном угле стружка движется в сторону обработанной поверхности, при отрицательном - в сторону обрабатываемой поверхности заготовки. Этим обстоятельством умело пользуются на практике для отвода стружки в нужном направлении и для её устойчивого принудительного ломания о поверхность заготовки.

Углы  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\phi$  и  $\phi_1$  могут изменяться вследствие погрешности установки реза в резцедержателе станка. Если вершина реза будет установлена не по линии центров станка, то изменятся углы  $\gamma$  и  $\alpha$ . Если ось реза не будет перпендикулярна линии центров, то это вызовет изменение углов  $\phi$  и  $\phi_1$ . В процессе резания углы реза  $\gamma$  и  $\alpha$  также изменяются вследствие наличия двух движений: вращения заготовки и поступательного движения реза (изменяется положение плоскости резания в пространстве). В некоторых случаях эти изменения необходимо учитывать при изготовлении (заточке) резцов.

### Тема 3.2. Конструкция и геометрические параметры спирального сверла (лекция-дискуссия 1 час.)

Сверло состоит из рабочей части, шейки и хвостовика (рис. 3.4). Конический или цилиндрический хвостовик служит для закрепления сверла в шпинделе станка, удлинителе или патроне. Для сверл диаметром свыше 6 мм хвостовик чаще всего имеет коническую форму и заканчивается лапкой. Лапка предназначена для выбивания сверла из конического отверстия.

Шейка - промежуточная часть между хвостовиком и рабочей частью сверла. Она имеет несколько меньший диаметр, чем рабочая часть.

Рабочая часть состоит из режущей и направляющей частей. Условия работы сверла определяются главным образом конструкцией его режущей части. Она имеет два лезвия, которые соединены между собой сердцевинной, расположенной вдоль оси сверла. Размер сердцевины соответствует диаметру окружности, касательной к поверхности канавок, и может увеличиваться по направлению к хвостовику для большей прочности и жесткости сверла. Главные задние поверхности лезвий образуются при заточивании сверла по конической, винтовой или плоской поверхности. Передние поверхности лезвий сверла имеют винтовую форму, по ним стружка транспортируется из зоны резания. Пересечения передних поверхностей (винтовых канавок) с главными задними поверхностями образуют главные режущие кромки, которые должны быть расположены симметрично относительно оси сверла. При пересечении двух задних поверхностей на сердцевине образуется поперечная кромка, или перемычка.

Направляющая часть обеспечивает ориентацию сверла в кондукторной втулке или обрабатываемом отверстии и служит резервом для образования режущей части при переточках сверла. Направляющая часть сверла для уменьшения трения соприкасается с отверстием только по шлифованным винтовым ленточкам, которые расположены по краю винтовой канавки. Ленточки шлифуются по окружности с очень малой конусностью по направлению к хвостовику. Они являются вспомогательными задними поверхностями лезвий сверла. Пересечения передних поверхностей (винтовых канавок) со вспомогательными задними поверхностями (ленточками) образуют вспомогательные режущие кромки.

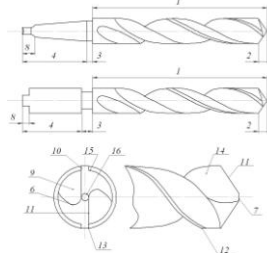


Рис. 3.4. Конструктивные элементы спирального сверла:

1 – рабочая часть; 2 – режущая часть; 3 – шейка; 4 – хвостовик; 5 – лапка; 6 – зуб; 7 – поперечная кромка; 8 – поводок; 9 – стружечная канавка; 10 – задняя поверхность; 11 – режущая кромка; 12 – ленточка; 13 – кромка ленточки; 14 – передняя поверхность; 15 – спинка зуба; 16 – сердцевина.

Углы в плане сверла, как и для всех инструментов, рассматриваются в основной плоскости. Главным углом в плане  $\phi$  называется угол между плоскостью резания и рабочей плоскостью. От угла  $\phi$  зависит ширина и толщина срезаемого слоя, условия теплоотвода, прочность режущей части сверла.

Для упрощения измерения углов на сверлах указывается не  $\phi$  а  $2\phi$ . Величину угла  $2\phi$  (рис. 3.5) назначают в зависимости от свойств обрабатываемого материала.

В основной плоскости рассматриваются также вспомогательные углы в плане  $\phi_1$ . Чтобы избежать защемления сверла в просверленном отверстии, диаметр рабочей части сверла уменьшают по направлению к хвостовику, т.е. выполняют обратную конусность в пределах 0,03...0,15 мм на 100 мм длины сверла.

Вспомогательным углом в плане  $\phi_1$  называется угол между проекцией вспомогательной режущей кромки (ленточки) на основную плоскость сверла и рабочей плоскостью. Он обеспечивается за счет обратного конуса и его величина не превышает  $10'$ . Угол  $\phi_1$  можно определить по следующей формуле:

$$\operatorname{tg} \phi_1 = \frac{D - D_1}{2L}$$

где  $D$ ,  $D_1$  — диаметр сверла соответственно в начале и в конце направляющей части;  $L$  — длина направляющей части.

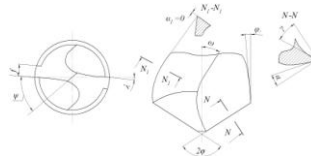


Рис. 3.5 Геометрия спирального сверла

Углом наклона винтовой канавки  $\omega$  называется угол между осью сверла и касательной к винтовой линии ленточки. Винтовая поверхность канавки сверла состоит из семейства винтовых линий с одинаковым шагом  $H$  различным углом наклона  $\omega_x$ .

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{\pi D}{H} \quad \operatorname{tg} \omega_x = \frac{\pi D_x}{H}$$

где  $\pi D$ ,  $\pi D_x$  — развертки окружностей, на которых лежат точки режущей кромки.  
В общем случае

$$\operatorname{tg} \omega_x = \frac{D_x}{D} \operatorname{tg} \omega$$

Для всех винтовых линий канавки шаг одинаковый. Следовательно, чем меньше  $D$ , на котором расположена точка режущей кромки, тем меньше угол  $\omega$ . Угол  $\omega$  выбирают в зависимости от диаметра сверла  $D$ , свойств обрабатываемого материала, глубины просверливаемого отверстия и других факторов. Сверла изготавливаются с углами  $\omega = 15 \dots 60^\circ$ .

Наклон винтовой стружечной канавки — это наклон передней поверхности сверла в продольном направлении. Следовательно, это продольный передний угол сверла, т.е.  $\omega = \gamma_{\text{пр}}$ . Но для характеристики процесса сверления необходимо знать передний угол в главной секущей плоскости, который определяет условия резания.

Главная секущая плоскость N-N перпендикулярна к главной режущей кромке (рис. 3.5).

Главным передним углом  $\gamma$  называется угол между касательной к передней поверхности в рассматриваемой точке режущей кромки и нормалью в той же точке к поверхности резания. Поскольку угол наклона винтовой канавки, являющейся передней поверхностью сверла, уменьшается при приближении к оси сверла, то и передний угол для разных точек режущей кромки будет переменным. Он тем меньше, чем ближе рассматриваемая точка к оси сверла (рис. 3.5). Передний угол  $\gamma$  в плоскости N—N можно найти из упрощенной формулы:

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \frac{D_x \operatorname{tg} \omega}{D \sin \varphi}$$

Главным задним углом сверла  $\alpha$  называется угол между касательной к задней поверхности в рассматриваемой точке режущей кромки и плоскостью резания (рис. 3.5).

Вспомогательный задний угол сверла  $\alpha_1$  измеряется в плоскости  $N_1-N_1$ , нормальной к вспомогательной режущей кромке (кромке ленточки). Так как ленточка шлифуется по окружности, вспомогательные задние углы сверла  $\alpha_1$  равны нулю.

Углом наклона главной режущей кромки  $\lambda$  называется угол между режущей кромкой и прямой, проходящей через вершину режущей кромки параллельно основной плоскости (рис. 3.5). Если крайняя точка режущей кромки самая низкая, то угол  $\lambda$  считается положительным, если же самая высокая — отрицательным.

Углом наклона поперечной кромки  $\psi$  называется угол между проекциями поперечной и главной режущих кромок на плоскость, перпендикулярную к оси сверла. Величина этого угла при правильной заточке сверла равна  $50 \dots 55^\circ$ .

### Тема 3.3. Конструкция и геометрические параметры метчика (лекция-дискуссия 1 час.)

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 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.

Конструктивные элементы метчиков и геометрические параметры режущей части. Несмотря на большое разнообразие типов метчиков, они имеют общие основные части, конструктивные элементы и геометрию режущей части.

Основными частями метчика (рис. 3.6) являются: режущая (заборная) и калибрующая части, стружечные канавки, число перьев и зубьев, хвостовик с элементами крепления. К геометрическим параметрам относятся:  $\varphi$  — угол заборного конуса, играющий роль угла в плане;  $\gamma$  и  $\alpha$  — передний и задний углы на режущих кромках;  $\omega$  — угол наклона винтовых стружечных канавок;  $\lambda$  — осевой угол подточки передней поверхности.

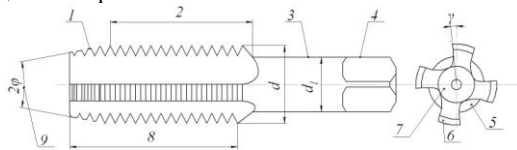


Рис. 3.6. Основные элементы метчика:

1- заборный конус; 2- Калибрующая часть; 3 — хвостовик; 4 - квадрат; 5- канавка; 6- режущее перо; 7- сердцевина; 8 — рабочая часть; 9 — угол конуса заборной части.

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

Для распределения припуска между зубьями режущая часть выполняется на поверхности усеченного конуса, называемого заборным, с углом  $\varphi$  наклона его образующей к оси. Если режущая часть получается путем срезания на конус резьбы исходного винта, то высота зубьев на нем переменная.

Геометрические параметры зубьев режущей части метчика показаны на рис. 3.7.

Передний угол  $\gamma$  у зубьев метчика - это угол между касательной к передней поверхности и радиусом, проведенным в точку режущей кромки, через который проходит основная плоскость. Строго говоря, этот угол изменяется по высоте зуба, так как точки режущих кромок лежат на разных диаметрах  $d$  и  $d_1$ , однако для крепежных резьб с небольшой высотой резьбы перепад этих диаметров небольшой и изменение угла невелико.

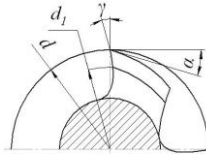


Рис. 3.7. Геометрические параметры режущих зубьев метчика

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

Задний угол  $\alpha$  на главных вершинных кромках - 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  $\alpha = 6...12^\circ$  для ручных метчиков углы изготавливаются несколько меньше.

На боковых режущих кромках при генераторной схеме резания задние углы отсутствуют, так как толщины срезаемых слоев небольшие.

Форма стружечных канавок и перьев метчика оказывает большое влияние на его работоспособность. 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.

### Тема 3.4. Конструкции и геометрические параметры фрез (лекция-дискуссия 0,5 час.)

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 фрезерования проста: фреза получает вращение от главного привода, а заготовка, закрепленная на столе станка, - движение подачи от отдельного привода станка, кинематически не связанное с вращением фрезы. Движение подачи может быть прямолинейным, вращательным или винтовым, а режущие кромки фрезы - прямолинейными, наклонными к оси, винтовыми или фасонными. Это обусловило появление огромного разнообразия конструкций фрез и широкую область их применения.

Многообразие выпускаемых промышленностью конструктивных разновидностей фрез можно разделить на следующие типы:

по конструкции инструмента:

- фрезы цельные, когда зубья выполнены за одно целое с корпусом;
- фрезы сборные (со вставными ножами);
- фрезы наборные или комплектные, состоящие из набора нескольких универсальных и специальных фрез, предназначенных для одновременной обработки нескольких поверхностей;

по конструкции зубьев:

- фрезы с острозаточенными (остроконечными) зубьями и фрезы с затылованными зубьями;

по расположению зубьев относительно оси фрезы:

- фрезы цилиндрические; угловые; торцовые;
- фасонные фрезы, у которых зубья расположены по поверхности с криволинейной образующей;
- фрезы с комбинированным расположением зубьев (торцово-цилиндрические, двухугловые и др.);

по форме зубьев:

- фрезы с прямыми зубьями, фрезы с винтовыми зубьями,
- фрезы с угловыми зубьями;

по профилю зубьев (по назначению):

- резбовые, зуборезные дисковые и пальцевые;
- зуборезные червячные, дисковые фасонные (для канавок инструментов);

по способу крепления на станке

- фрезы концевые (с коническим или цилиндрическим хвостовиком);
- фрезы насадные, имеющие отверстия под оправку.

Острозаточенные фрезы изготавливают с зубьями трех типов: трапециевидной (Рис. 3.8., а), криволинейной (параболической) (Рис. 3.8., б) и двухугловой (усиленной) (Рис. 3.8., в).

Трапециевидная форма наиболее простая в изготовлении, но при этом зуб несколько ослаблен, имеет небольшую высоту и объем стружечной канавки. Однако такая форма зуба допускает небольшое число переточек и применяется на фрезах для чистовой обработки.

Параболическая форма зуба обладает наибольшей прочностью на изгиб, т.к. спинка зуба, оформленная по параболе, обеспечивает равнопрочность во всех сечениях по высоте зуба. Недостатком этой формы является необходимость для каждой высоты зуба иметь свою фасонную канавочную фрезу. Поэтому параболу часто заменяют дугой окружности радиуса  $R$ . Переточка допускается только по задней поверхности.



Усиленная форма зуба применяется для тяжёлых работ вместо параболической формы. Такой зуб имеет ломаную спинку, а также увеличенные толщину и высоту. Такие зубья проще в изготовлении, чем параболические. Они имеют большой запас на переточку и высокую прочность. При переточке зубья затачиваются по задней поверхности.

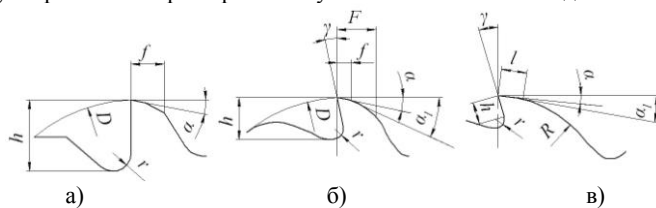


Рис 3.8- Формы зуба остроконечных фрез

Затылованный зуб (Рис. 3.9) внешне отличается большей толщиной, а главное формой задней поверхности, которая выполняется на специальной операции, называемой затылованием, с целью создания задних углов во всех точках режущих кромок. Достигается это за счет того, что радиальное сечение зуба, содержащее фасонный профиль, по мере поворота фрезы вокруг оси смещается в направлении к центру с помощью фасонного реза или шлифовального круга. Благодаря затылованию профиль режущей кромки зуба при переточках по передней грани во всех радиальных сечениях остается неизменным независимо от его сложности. Это является основным достоинством таких фрез наряду с весьма простой и нетрудоемкой по исполнению операцией переточки. Кроме того, зубья такой формы обладают высокой прочностью, а по мере переточки объем канавок для размещения стружки увеличивается, что благоприятно сказывается на работе фрезы.

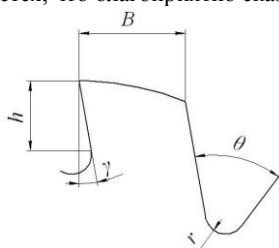


Рис 3.9. Затылованный зуб

### Тема 3.5. Конструкции и геометрические параметры протяжки (лекция-дискуссия 0,5 час.)

Протяжка – многозубый инструмент с рядом последовательно выступающих друг над другом зубьев в направлении, перпендикулярном скорости главного движения резания. С помощью протяжек можно обрабатывать внутренние и наружные поверхности различной формы. При протягивании движение подачи отсутствует, а главное движение резания может быть поступательным или вращательным.

По назначению протяжки подразделяются на две группы: для обработки внутренних поверхностей и для обработки наружных поверхностей.

1. Протяжки для обработки внутренних поверхностей бывают:
  - круглые – для обработки круглых отверстий;
  - шлицевые – для обработки шлицевых отверстий с любым типом шлицев;
  - шпоночные – для обработки шпоночных пазов и пазов вообще;
  - гранные – для многогранных отверстий;
  - протяжки для обработки винтовых канавок.

2. Протяжки для обработки наружных поверхностей различного профиля.

За последние годы получили распространение протяжки для обработки зубчатых колес, протягивания цилиндрических поверхностей валов, наружных шлицев разного профиля на валах, канавок в форме ласточкина хвоста, Т-образных пазов, елочных профилей и др.

По конструктивному исполнению протяжки могут быть цельными и сборными (составными).

По направлению лезвий относительно скорости главного движения резания различают протяжки с кольцевыми и винтовыми зубьями (протяжки для внутреннего протягивания) или с прямыми и наклонными зубьями (протяжки для наружного протягивания, плоские и шпоночные).

По материалу режущей части различают протяжки из инструментальной стали, быстрорежущей стали, твердых сплавов.

По применяемой схеме срезания припуска различают протяжки с профильной, обыкновенной, прогрессивной, групповой, генераторной и ступенчатой схемами резания.

По числу протяжек в комплекте различают протяжки однопроходные и многопроходные (комплектные).

Несмотря на многообразие протяжек для обработки внутренних поверхностей их разновидности имеют те же конструктивные и геометрические параметры, что и протяжки для обработки цилиндрических отверстий (рис. 3.10).

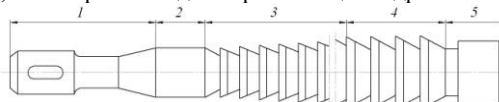


Рис 3.10. Конструктивные элементы протяжки

- 1- хвостовик; 2- передняя направляющая; 3- режущая часть; 4- калибрующая часть; 5- задняя направляющая.

Хвостовик служит для закрепления протяжки в патроне протяжного станка. Формы и размеры хвостовиков протяжек нормализованы: ГОСТ 4044-70 – хвостовики круглые для протяжек, ГОСТ 4043-70 – хвостовики плоские для протяжек.

Передняя направляющая часть протяжки предназначена для установки обрабатываемой детали на протяжке перед протягиванием. Она обеспечивает плавный, без перекосов, переход детали на режущую часть протяжки.

Режущая часть протяжки снабжается большим количеством зубьев и производит всю работу по срезанию припуска.

Профили режущих кромок и поперечные размеры зубьев режущей части постепенно изменяются: первый зуб соответствует размерам предварительного отверстия, последний – форме и размерам готового отверстия. Промежуточные режущие зубья последовательно увеличиваются в размерах, благодаря чему при протягивании осуществляется срезание зубьями припуска без движения подачи.

Калибрующая часть протяжки также имеет зубья, но в меньшем количестве; их размеры и форма одинаковы и соответствуют форме и размерам готового отверстия. Поэтому калибрующая часть гарантирует получение размеров готового отверстия и пополняет режущие зубья, выходящие из строя от износа, при переточках (первый калибрующий зуб становится последним режущим и т.д.).

Задняя направляющая препятствует перекоосу детали на протяжке и повреждению обработанной поверхности детали в момент выхода из отверстия последних калибрующих зубьев; ее диаметр образует с диаметром обработанного отверстия сопряжение типа посадки.

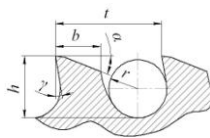


Рис 3.11. Геометрические параметры шпоночной протяжки.

Геометрические параметры зубьев протяжки и размеры среза покажем на примере шпоночной протяжки (рис. 3.11). Размеры зубьев протяжки характеризуются следующими величинами:

- t - осевой шаг (измеряется параллельно оси протяжки);
- h - глубина стружечной канавки;
- b - ширина задней поверхности;
- r - радиус закругления дна стружечной канавки;
- $\gamma$  и  $\alpha$  - передний и задний углы.

#### Раздел 4. Сопротивление, сила, работа и мощность резания

##### Тема 4.1. Системы сил действующие на режущий инструмент при точении (лекция-дискуссия 1 час.)

При обработке металлов резанием между обрабатываемым материалом и инструментальным возникает система сил взаимодействия, состоящая из сил, нормальных к поверхностям инструмента, и сил трения по этим поверхностям. Таким образом, образуются две фрикционные пары: первая – стружка и передняя поверхность инструмента, вторая – задняя поверхность инструмента и обрабатываемая деталь, - распределенные согласно рис. 4.1.

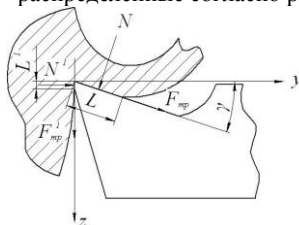


Рис. 4.1. Система взаимодействия физических сил при резании

В результате взаимодействия трущихся поверхностей на нормальных площадках контакта длиной  $L$  и  $L^1$  возникают силы трения и нормальные силы, распределенные на них по неизвестным законам. Равнодействующие (средние значения) этих сил соответственно равны  $F_{тр}$  и  $N$ ,  $F_{тр}^1$  и  $N^1$  – их принято считать физическими силами резания.

Определение физических сил экспериментальным путем связано с большими трудностями. Наиболее доступным способом их измерения является методика М.Б. Гордона, описанная в [4]. Поэтому при решении инженерных задач для оценки действия физических сил принято оперировать проекциями этих сил на оси координат. На основании рис. 4.1 проекции этих сил на радиальное ( $Y$ ) и тангенциальное ( $Z$ ) направления равны

$$P_y = F_{mp} \cdot \cos \gamma - N \cdot \sin \gamma + N^1, \quad (4.1)$$

$$P_z = N \cdot \cos \gamma + F_{mp} \cdot \sin \gamma + F_{mp}^1, \quad (4.2)$$

В полученной системе уравнений остается четыре неизвестных ( $F_{тр}$ ,  $N$ ,  $F_{тр}^1$ ,  $N^1$ ). Несмотря на физическую связь этих сил зависимостями

$$F_{mp} = \mu \cdot N \quad \text{и} \quad F_{mp}^1 = \mu_1 \cdot N^1,$$

где  $\mu$  и  $\mu_1$  – соответственно средние коэффициенты трения фрикционных пар, эти зависимости фактически ничего не дают для уменьшения числа неизвестных, которых по-прежнему больше числа уравнений.

Однако для определения этих сил можно пойти другим путем, сделав при этом определенные допущения:

- 1) пусть  $\gamma = 0$ , тогда уравнения (4.1), (4.2) можно представить в виде

$$P_y = F_{mp} + N^1,$$

$$P_z = N + F_{mp}^1;$$

- 2) т.к. силы  $N^1$  и  $F_{тр}^1$  распределяются на малой площади контакта и в сравнении с силами  $N$  и  $F_{тр}$  составляют малую величину, то ими можно пренебречь. Тогда и соотношение сил можно представить в виде

$$P_y \approx F_{mp} \quad \text{и} \quad P_z \approx N.$$

В конечном счете при таких допущениях экспериментальные данные дают близкое совпадение физических сил с технологическими.

Проекции сил  $P_z$ ,  $P_y$ ,  $P_x$  увязаны с технологическими параметрами, поэтому их принято называть технологическими силами резания. Эти силы в практических условиях можно измерить с высокой степенью точности.

Величины технологических сил необходимо знать и использовать при проектировании металлорежущего оборудования, в расчетах конструкций узлов привода и механизмов подач, в расчетах технологической оснастки и инструментов.

Рассмотрим расположение технологических сил на примере токарной обработки.

При токарной обработке величина и направление составляющей силы резания  $P$  распределяется согласно рис. 4.2 и может быть представлена в виде

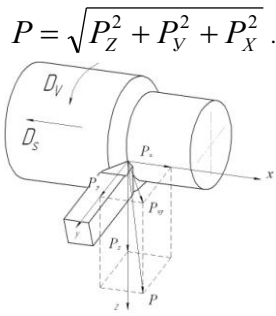


Рис. 4.2. Силы, действующие на резец при токарной обработке:

- $P_x$  - осевая составляющая (сила подачи);
- $P_y$  - радиальная составляющая (сила отжатия);
- $P_z$  - вертикальная составляющая (главная составляющая силы резания).

#### Тема 4.2. Факторы, влияющие на составляющие сил резания (лекция-дискуссия 0,5 час.)

В процессе резания на величину составляющих силы резания влияют обрабатываемый металл, глубина резания, подача, передний угол резца, главный угол резца в плане, радиус закругления при вершине резца, смазочно-охлаждающие жидкости, скорость резания и износ резца.

Физико-механические свойства обрабатываемого металла оказывают большое влияние на величину силы, затрачиваемой на образование стружки и величину деформаций. Чем больше предел прочности при растяжении  $\sigma_b$  и твердость обрабатываемого металла, тем больше  $P_z$ ,  $P_y$  и  $P_x$ .

Увеличение глубины резания и подачи приводит к увеличению усилий, затрачиваемых на образование стружки.

Глубина резания больше влияет на силу резания, чем подача.

Чем меньше передний угол  $\gamma$  или чем больше угол резания (так как  $\delta = 90^\circ - \gamma$ ), тем больше сопротивление резанию.

Изменение главного угла в плане  $\phi$  влияет на силы  $P_y$  и  $P_x$ , а именно: с увеличением  $\phi$  сила  $P_y$  резко уменьшается, а сила  $P_x$  — увеличивается. Для твердосплавных резцов при увеличении  $\phi$  от  $60^\circ$  до  $90^\circ$  сила  $P_z$  практически остается постоянной.

При увеличении радиуса закругления  $r$  при вершине резца сила  $P_z$  и  $P_y$  возрастает, а  $P_x$  — уменьшается.

Смазочно-охлаждающие жидкости уменьшают силу  $P_z$  при тонких стружках, при увеличении толщины среза и скорости резания эффект применения жидкости уменьшается.

Увеличение скорости резания с  $v = 50$  до  $400-500$  м/мин приводит к эффективному уменьшению силы  $P_z$ , после чего влияние скорости на уменьшение  $P_z$  незначительно.

При возрастании износа по задней поверхности значительно увеличиваются  $P_y$  и  $P_x$ .

На силы резания оказывает влияние материал режущей части резца. Для твердосплавных резцов силы резания несколько меньше, чем для резцов из быстрорежущей стали.

#### Тема 4.3. Силы резания при сверлении (лекция-дискуссия 0,5 час.)

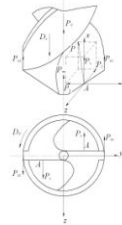


Рис. 4.3 Силы резания, действующие при сверлении

При сверлении в процессе резания участвуют два главных лезвия и и перемычка. На каждое из главных лезвий действует сила резания, условно преложенная на режущей кромки, лежащая на радиусе  $D/4$  (рис. 4.3)

Эту силу раскладывают на:

$P_z$  – касательная сила, касательная к окружности на которой лежит точка приложения равнодействующей силы;

$P_y$  – радиальная сила, проходящая через ось сверла;

$P_x$  – осевая сила, параллельная оси сверла.

На другом главном лезвии действуют аналогичные силы.

Силы резания, действующие на перемычке, представляется только осевой силой  $P_{пк}$  (остальные силы лежащие в плоскости резания, во внимание не принимаются, т.к. особого влияния не оказывают).

На каждую ленточку (вспомогательную режущую кромку) действуют сила  $P_{zl}$ , направленная по касательной к окружности диаметром  $D$  (диаметр сверла), и осевая  $P_{xl}$ , направленная вдоль оси сверла.

Сумма проекций сил, действующих в доль оси сверла, на ось  $X$  будет равна

$$\sum X = 2P_x + P_{пк} + 2P_{xl} = P_0.$$

$P_0$  – осевая сила при сверлении. По ней рассчитывают на прочность детали механизма подачи станка.

Сумма моментов действующих сил относительно оси  $X$  составит

$$\sum M_x = 2P_{zl} \frac{D}{2} + 2P_z \frac{D}{4} = M_{кр}.$$

$M_{кр}$  – крутящий момент сопротивления резанию.

Сила  $P_y$  действуют на обоих главных лезвиях сверла и направлены навстречу друг другу, теоретически должны уравновешиваться. Однако в следствии неточности заточки сверла силы  $P_y$  не равны, поэтому появляется равнодействующая  $\Delta P_y$ , направленная в сторону большей силы. Под действием этой силы происходит увод сверла от оси отверстия.

#### Тема 4.4. Силы резания и эффективная мощность при фрезеровании (лекция-дискуссия 0,5 час.)

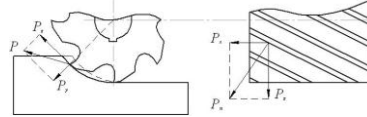


Рис. 4.4 Силы резания при работе цилиндрической фрезой

При работе цилиндрической фрезой действует равнодействующая сил  $R$  которую можно разложить на составляющие силы  $P_z$ ,  $P_y$  и в случае если канавки фрезы наклонные силу  $P_x$ . (рис. 4.4)

$P_z$  - окружная сила. По ней рассчитывается крутящий момент на шпинделе и эффективная мощность.

$P_y$  – радиальная сила, действует на опоры шпинделя, создает дополнительный момент трения и изгибает оправу фрезы.

$P_x$  – осевая сила, действует на подшипники шпинделя станка, на крепление заготовки и элементы механизмов подачи.

Эффективная мощность при фрезеровании определяется как средняя мощность по уравнению

$$N_{e.ср.} = \frac{2^{1-K} \cdot C_p \cdot D^{K/2} \cdot B \cdot S_Z^{1-K} \cdot Z \cdot n \cdot t^{1-K/2}}{2^{-K} \cdot 1000 \cdot 6120} \quad (4.3)$$

Согласно уравнению (4.3) мощность при работе цилиндрической фрезой зависит:

от числа оборотов фрезы  $n$ , об/мин;

числа зубьев фрезы  $Z$ ;

глубины фрезерования  $t$ , мм;

ширины фрезерования  $B$ , мм;

диаметра фрезы  $D$ , мм;

подачи на зуб фрезы  $S_Z$ , мм/зуб.

Постоянная  $C_p$  и показатель степени  $K$  определяются видом и механическими свойствами материала обрабатываемой детали: с увеличением его прочности и твердости  $C_p$  возрастает, а  $K$  уменьшается.

В основу уравнения (4.3) А.М. Розенберг заложил экспериментально полученное уравнение (4.4) для удельного давления резания при работе цилиндрической фрезой с винтовым зубом:

$$P = \frac{C_p \cdot C_\omega}{a^K} \quad (4.4)$$

где

$C_\omega$  - поправочный коэффициент, зависящий от угла наклона винтовой канавки зубьев фрезы;

$a$  - мгновенная толщина среза,  $a = S_Z \cdot \sin \theta$ ;

$\theta$  - угол, характеризующий мгновенное положение данной точки режущей кромки зуба на дуге контакта (рис. 4.5).

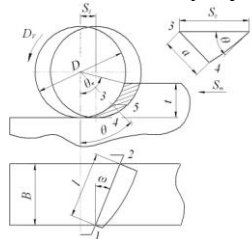


Рис. 4.5. Элементы резания и размер срезаемого слоя при фрезеровании

Опытами А.М. Розенберга и Н.Н. Зорева установлено, что если угол наклона винтовой канавки  $\omega$  зубьев фрезы не превышает  $45^\circ$ , то удельная сила резания и окружная сила практически не зависят от угла  $\omega$ .

#### Тема 4.5. Силы резания при протягивании (лекция-дискуссия 0,5 час.)

В связи с сопротивлением обрабатываемого материала резанию на протяжку в продольном направлении действует сила резания  $P$  (рис 4.6)

Величину силы  $P$  можно определить по формуле

$$P = P'_z \sum b_c \text{ кг,}$$

Где  $P'_z$  - сила резания на 1 мм длины режущей кромки;

$\sum b_c$  - наибольшая суммарная длина режущих кромок всех работающих одновременно зубьев.

Максимальное число одновременно работающих зубьев определяют по формуле

$$z = \frac{L}{t_p} + 1,$$

где  $L$  – длина протягиваемой поверхности;

$t_p$  – шаг режущих зубьев.

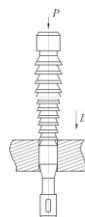


Рис. 4.6 Силы резания при протягивании.

## Раздел 5. Тепловые процессы при резании

### Тема 5.1. Источники образования тепла (лекция-дискуссия 1 час.)

Тепло, образующееся в процессе резания, вызывает нагрев обрабатываемой детали, режущего инструмента и сходящей стружки. Источниками тепла являются огромные пластические деформации в обрабатываемом материале и трение на передней и задней поверхностях инструмента. Тепло оказывает влияние на стойкость инструмента, а также на качество обрабатываемой детали.

В резании принято считать, что работа, затраченная на резание, полностью переходит в тепло, т.е.

$$Q = P_Z \cdot V, \quad (5.1)$$

где  $Q$  - количество тепла, выделяющегося в зоне резания за 1 с;  $P_Z$  - сила резания, Н;  $V$  - скорость резания, м/с.

Распределение тепла между контактными поверхностями (рис. 5.1) зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала, материала и геометрии режущих инструментов, условий обработки и может быть представлено в виде уравнения теплового баланса (5.2).

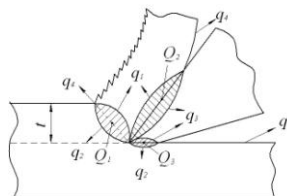


Рис. 5.1. Зоны теплообразования при резании:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4, \quad (5.2)$$

где

$Q_1$  - тепло, выделившееся в зоне стружкообразования в результате пластической деформации срезаемого слоя;

$Q_2$  - тепло, выделившееся в результате трения стружки о переднюю поверхность инструмента;

$Q_3$  - тепло, выделившееся в результате трения обработанной поверхности о главную и вспомогательную поверхности инструмента;

$q_1$  - тепло, уходящее в стружку;

$q_2$  - тепло, уходящее в деталь;

$q_3$  - тепло, уходящее в инструмент;

$q_4$  - тепло, уходящее в окружающую среду

### Тема 5.2. Влияния различных факторов на температуру резания (лекция-дискуссия 1 час.)

Наибольшее влияние на температуру резания оказывает скорость. С увеличением скорости температура возрастает. Отсюда количество тепла, выделяющегося в зоне резания, выражается уравнением

$$Q = C \cdot V^{X_Q}, \quad (5.3)$$

В меньшей степени на температуру резания оказывает влияние подача:

$$Q = C \cdot S^{Y_Q}, \quad (5.4)$$

Незначительное влияние на температуру оказывает глубина резания:

$$Q = C \cdot t^{Z_Q}, \quad (5.5)$$

Объединяя частные формулы в полное уравнение, зависимость температуры от режимов обработки можно записать в виде

$$Q = C_Q \cdot V^{X_Q} \cdot S^{Y_Q} \cdot t^{Z_Q}, \quad (5.6)$$

где  $C_Q$  - общий коэффициент, характеризующий условия обработки (геометрические элементы режущего инструмента, наличие смазочно-охлаждающей жидкости и её свойства, физико-механические свойства обрабатываемого и инструментального материалов);  $X_Q$ ,  $Y_Q$ ,  $Z_Q$  - показатели степени, характеризующие степень влияния скорости резания, подачи и глубины резания на температуру.

Влияние этих факторов, их значения определяются экспериментальным путем и графоаналитическим методом.

### Тема 5.3. Методы изучения тепловых явлений (лекция-дискуссия 1 час.)

Основными объектами изучения являются:

- количество выделяемого при резании тепла и его распределение между стружкой, деталью и инструментом;
- температура, устанавливающаяся на контактных поверхностях инструмента;
- температурные поля в зоне деформации и режущем клине инструмента.

Для измерения температуры резания применяются следующие методы: микроструктурного анализа, бегущей термопары, полупроводниковой, искусственной термопары, аналитический метод, калориметрический метод, метод термокрасок, по цветам побежалости контактирующих поверхностей и др.

Наибольшее распространение получил метод измерения температуры термопарами (рис. 5.2), основанный на явлении термоэлектрического эффекта (термоЭДС). Это явление заключается в том, что если два проводника из различных металлов соединены между собой, образуя замкнутую цепь, то при различной температуре и местах соединения проводников по цепи будет протекать ток. Ток, протекающий по цепи термопары, зависит от её сопротивления, которое, в свою очередь, изменяется от температуры нагрева электродов. Вследствие этого термоэлектрический эффект характеризуется не величиной силы тока, а величиной термоЭДС, которая не зависит от сопротивления и однозначно связана с температурой.

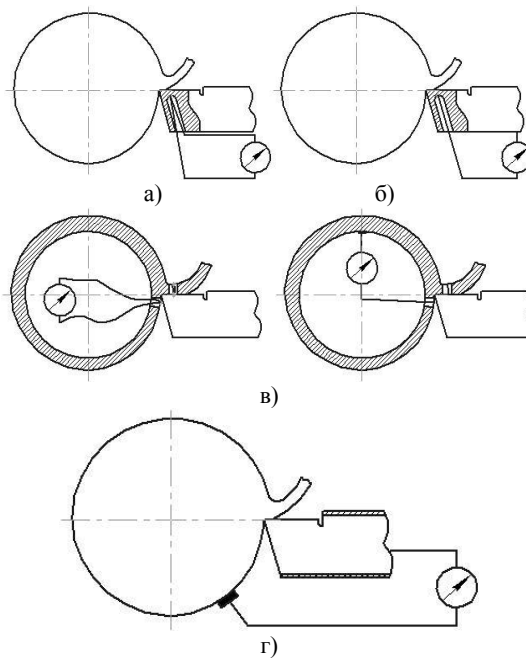


Рис. 5.2 Схемы измерения температуры при резании металлов:

- а) - метод искусственной термопары;
- б) - метод полуискусственной термопары;
- в) - метод "бегущей" термопары;
- г) - метод естественной термопары

Искусственная термопара позволяет определить температуру вблизи различных точек нагретой поверхности (рис. 5.2, а). Однако она не позволяет определить температуру непосредственно в зоне резания. Иногда применяют так называемую "бегущую" термопару. Горячий спай этой термопары замыкается во время её срезания (рис. 5.2, в).

Полуискусственная термопара позволяет произвести измерения более точно. В ряде случаев горячий спай термопары можно поместить непосредственно в зону резания (рис. 5.2, б).

Наиболее простым и распространенным является метод естественной термопары. Здесь в качестве термопары используются непосредственно режущий инструмент и обрабатываемая заготовка (рис 5.2, г).

### 4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1.	3	Конструкция и геометрия токарного резца	12	-
2.	4	Зависимость усилий резания от режимов обработки	13	-
3.	4	Влияние режимов обработки на эффективную мощность при фрезеровании цилиндрической фрезой	14	-
4.	5	Исследование контактной температуры при резании металлов	12	-
<b>ИТОГО</b>			<b>51</b>	<b>-</b>

### 4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1.	1	Расчет режимов обработки при точении	8	-
2.	1	Расчет режимов обработки при фрезеровании	9	-
3.	1	Расчет режимов обработки при сверлении	8	-
4.	1	Расчет режимов обработки при шлифовании	9	-
<b>ИТОГО</b>			<b>34</b>	<b>-</b>

### 4.5. Контрольные мероприятия: Расчетно-графическая работа

Цель: освоение обучающимися методики расчета рациональных режимов резания для операций механической обработки металла.

Структура: Номер задания и название работы, исходные данные для расчетов, выбор глубины резания, подачи, инструментального материала. Расчет скорости резания, мощности, выбор оборудования.

Рекомендуемый объем: в печатном виде пояснительная записка должна содержать до 10...25 листов формата А4, электронная копия может содержать любой дополнительный иллюстративный материал.

Выдача задания, прием расчетно-графических работ (РГР) проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки Расчетно-графической работы</b>
отлично	Расчетно-графическая работа оформлена в соответствии с требованиями, содержание полностью соответствует заявленной тематике. Тема индивидуального задания исчерпывающе раскрыта и даны соответствующие выводы и рекомендации. Автор свободно ориентируется в предоставляемом материале.
хорошо	Расчетно-графическая работа оформлена с незначительными отклонениями от предъявленных требований, содержание соответствует заявленной тематике. Тема индивидуального задания полностью раскрыта и даны соответствующие выводы и рекомендации. Автор ориентируется в предоставляемом материале.
удовлетворительно	Расчетно-графическая работа оформлена с отклонениями от предъявленных требований, содержание частично соответствует заявленной тематике. Тема индивидуального задания частично раскрыта и даны неполные выводы и рекомендации. Автор слабо ориентируется в предоставляемом материале.
неудовлетворительно	Расчетно-графическая работа оформлена со значительными отклонениями от предъявленных требований, содержание не соответствует заявленной тематике. Тема индивидуального задания не раскрыта. Автор не владеет предоставляемым материалом.

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>	$\Sigma$ <i>комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub>, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ОПК</i>				
		<i>1</i>				
<b>1.</b> Введение	52	+	1	52	Лк, ПЗ, СР	РГР, Экзамен
<b>2.</b> Современные инструментальные материалы	31	+	1	31	Лк, СР	РГР, Экзамен
<b>3.</b> Геометрические параметры режущих инструментов	31	+	1	31	Лк, ЛР, СР	РГР, Экзамен
<b>4.</b> Сопротивление, сила, работа и мощность резания	45	+	1	45	Лк, ЛР, СР	РГР, Экзамен
<b>5.</b> Тепловые процессы при резании	30	+	1	30	Лк, ЛР, СР	РГР, Экзамен
<b><i>всего часов</i></b>	<b>189</b>	<b>189</b>	<b>1</b>	<b>189</b>	-	-



## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1 Резание материалов: учебник/ Е.Н. Трембачь [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол: ТНТ, 2010. – 512 с. – ISBN 978-5-94178-135-5.

2. Проектирование технологических операций металлообработки : учебное пособие / Л. А. Чупина, А. И. Пульбере [и др.]. - Старый Оскол : ТНТ, 2010. - 636 с.

3. Янюшкин, А. С. Теория резания металлов: лабораторный практикум / А. С. Янюшкин, Н. Р. Лосева, В. И. Межецкий. - Братск: БрГТУ, 2001. - 69 с.

4. Бобров, В. Ф. Основы теории резания металлов / В. Ф. Бобров. - Москва: Машиностроение, 1975. - 344 с.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование издания	Вид занятия	Кол-во экз. в библи., шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
<b>Основная литература</b>				
1.	Резание материалов: учебник / Е.Н. Трембачь [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол: ТНТ, 2010. – 512 с. – ISBN 978-5-94178-135-5	Лк, ЛР, ПЗ, РГР, СР	10	0,6
2.	Проектирование технологических операций металлообработки : учебное пособие / Л. А. Чупина, А. И. Пульбере [и др.]. - Старый Оскол : ТНТ, 2010. - 636 с.	Лк, РГР, СР	10	0,6
<b>Дополнительная литература</b>				
3.	Янюшкин, А. С. Резание металлов: учебное пособие / А. С. Янюшкин. - Братск: БрГУ, 2016. - 89 с. Б. ц.	Лк, ЛР, ПЗ, РГР, СР	23	1
4.	Бобров, В. Ф. Основы теории резания металлов / В. Ф. Бобров. - Москва: Машиностроение, 1975. - 344 с.	Лк, РГР, СР	5	0,3

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.Электронный каталог библиотеки БрГУ

[http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=).

2. Электронная библиотека БрГУ <http://ecat.brstu.ru/catalog> .

3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» <http://biblioclub.ru> .

4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com> .

5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru> .

6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .

7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ) <https://uisrussia.msu.ru/> .

8. Национальная электронная библиотека НЭБ <http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/> .

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Рекомендуемый режим и характер учебной работы по проработке лекционного материала заключается в освоении на практике и совершенствовании знаний в области технологии машиностроения и методик расчета оптимальных режимов резания.

При оформлении отчётов по лабораторным работам следует особое внимание обращать на принципы и задачи проектирования, классификацию технологических процессов и этапы проектирования технологических процессов.

Желательно обладать навыками применения полученных знаний по проектированию технологических процессов машиностроительных производств. Следует использовать научные результаты и известные научные методы и способы для решения новых научных и технических проблем, и оптимизации конструкторско-технологической подготовки машиностроительных производств.

### 9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных и практических работ

#### Лабораторная работа №1 Конструкция и геометрия токарного резца

##### Цель работы:

Изучить различные конструкции и назначение токарных резцов. Освоить методику измерения геометрических параметров токарных резцов.

##### Задание:

1. Изучить приборы и материалы, необходимые для проведения лабораторной работы.
2. Прочитать теоретические сведения необходимые для проведения данной работы.
3. Произвести все необходимые измерения.
5. Оформить отчёт.

##### Порядок выполнения:

1. Проработать все пункты задания.
2. Внести все пункты задания в отчет.
3. Ответить на вопросы самопроверки.
4. Оформить и защитить отчет.

Форма отчётности: отчёт по лабораторным работам должен содержать: цель работы, решаемые в ней задачи, матрица проведения экспериментальных исследований и метод расчета коэффициентов функции, список использованных источников.

##### Задания для самостоятельной работы:

1. Из заданной группы резцов определить назначение каждого резца.
2. По заданию преподавателя выполнить измерения геометрических параметров резца в соответствии с настоящими указаниями.
3. результаты измерения углов резца в виде таблицы (форма табл. 1);

Форма таблицы 1

Результаты измерений										
№ п/п	Углы	$\alpha$	$\gamma$	$\beta_{расч}$	$\delta_{расч}$	$\lambda$	$\varphi$	$\varphi_1$	$\epsilon_{расч}$	$\alpha_1$
	Вид резца									

4. Сформулировать выводы.

##### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Лабораторная работа выполняется на базе информации по выбранной тематике исследования, собранной обучающимся самостоятельно. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

##### Рекомендуемые источники

###### Основная литература

1. Резание материалов: учебник/ Е.Н. Трембачь [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2010. – 512 с. – ISBN 978-5-94178-135-5

###### Дополнительная литература

2. Янюшкин, А. С. Резание металлов : учебное пособие / А. С. Янюшкин. - Братск : БрГУ, 2016. - 89 с. Б. ц.

##### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Назовите элементы резца.
2. Назовите элементы режущей части и дайте их определения.
3. Перечислите углы резца и дайте их определения.
4. Дайте определения координатных плоскостей.
5. Дайте классификацию токарных резцов.
6. Как влияют углы резца на процесс резания?
7. Как производится измерение углов?

## Лабораторная работа №2 Зависимость усилий резания от режимов обработки

### Цель работы:

Исследование сил, действующих на резец при точении, изучение опыта использования этих сил в режущем инструменте, экспериментальное определение усилий резания в зависимости от глубины резания и подачи, а также вывод эмпирических зависимостей технологических сил от режимов резания. Освоение методики тензометрирования и тарирования динамометра.

### Задание:

1. Изучить приборы и материалы, необходимые для проведения лабораторной работы.
2. Прочитать теоретические сведения необходимые для проведения данной работы.
3. Произвести все необходимые измерения.
5. Оформить отчет.

### Порядок выполнения:

1. Проработать все пункты задания.
2. Внести все пункты задания в отчет.
3. Ответить на вопросы самопроверки.
4. Оформить и защитить отчет.

Форма отчётности: отчет по лабораторным работам должен содержать: цель работы, решаемые в ней задачи, матрица проведения экспериментальных исследований и метод расчета коэффициентов функции, список использованных источников.

### Задания для самостоятельной работы:

1. Измерить и записать геометрию, характеристики и марку резцов.
2. Выяснить и записать марку и основные характеристики обрабатываемого материала.
3. Протарировать динамометр
4. Установить резец в динамометр таким образом, чтобы вылет резца до точки приложения равнодействующей силы резания совпал с вылетом оправки при тарировании динамометра. За точку приложения равнодействующей силы резания принято считать среднюю точку части режущей кромки, участвующей в процессе резания.
5. Провести серию опытов с изменением глубины резания. Число опытов в серии 6-8. Глубину резания изменять от 0,5 до 6-8 мм. Подача и скорость резания в данной серии опытов остаётся постоянной и равны  $S_{const} = 0,21$  мм/об,  $V_{const} = 400$  об/мин. Во время проведения опытов необходимо записывать значения показывающих приборов динамометра, после того как процесс резания стабилизируется. После каждого опыта необходимо провести балансировку измерительного прибора. Данные каждого из опытов этой серии занести в табл. (форма табл. 2).

Форма таблицы 2

### Протокол измерения сил резания при изменении глубины резания

№ п/п	S, мм об	t, мм	n, об мин	V, м мин	Силы резания		Примечания
					n, μA	Pz, кгс	

6. Провести серию опытов с изменением подачи. Число опытов в серии 6-8. Подачу изменять от 0,07 до 0,5 мм/об. Глубина резания и скорость резания сохраняются постоянными во всех опытах и равны  $t_{const} = 2$  мм,  $V_{const} = 400$  об/мин. Данные каждого из опытов этой серии занести в табл. (форма табл. 3).

Форма таблицы 3

### Протокол измерения сил резания при изменении подачи

№ п/п	S, мм об	t, мм	n, об мин	V, м мин	Силы резания		Примечания
					n, μA	Pz, кгс	

7. Провести серию опытов с изменением скорости резания. Число опытов в серии 6-8. Скорость резания изменять от 125 до 800 об/мин. Глубина резания и подача сохраняются постоянными во всех опытах и равны  $t_{const} = 2$  мм,  $S_{const} = 0,21$  мм/об. Данные каждого из опытов этой серии занести в табл. (форма табл. 4).

Форма таблицы 4

### Протокол измерения сил резания при изменении скорости резания

№ п/п	S, мм об	t, мм	n, об мин	V, м мин	Силы резания		Примечания
					n, μA	Pz, кгс	

8. Обработать полученные экспериментальные данные

9. Сформулировать выводы.

### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Лабораторная работа выполняется на базе информации по выбранной тематике исследования, собранной обучающимся самостоятельно. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

### Рекомендуемые источники

#### Основная литература

1. Резание материалов: учебник/ Е.Н. Трембачь [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2010. – 512 с.

#### Дополнительная литература

2. Янюшкин, А. С. Резание металлов : учебное пособие / А. С. Янюшкин. - Братск : БрГУ, 2016. - 89 с. Б. ц.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Как установить зависимость сил резания от  $t$ ,  $S$  и  $V$  при точении?
2. На каком принципе работают динамометры для измерения сил резания?
3. Каковы преимущества тензометрических динамометров?
4. Объясните систему сил, действующих при резании металлов.
5. Назовите методы экспериментального определения физических сил при резании.
6. Назовите технологические силы и методы их измерения.
7. Объясните зависимость сил от элементов режима резания.
8. Объясните зависимость сил от геометрии инструмента.

### Лабораторная работа №3 Влияние режимов обработки на эффективную мощность при фрезеровании цилиндрической фрезой

Цель работы:

Экспериментально определить влияние отдельных факторов режима резания на среднюю эффективную мощность при фрезеровании.

Задание:

1. Изучить приборы и материалы, необходимые для проведения лабораторной работы.
2. Прочитать теоретические сведения необходимые для проведения данной работы.
3. Произвести все необходимые измерения.
5. Оформить отчёт.

Порядок выполнения:

1. Проработать все пункты задания.
2. Внести все пункты задания в отчет.
3. Ответить на вопросы самопроверки.
4. Оформить и защитить отчет.

Форма отчётности: отчёт по лабораторным работам должен содержать: цель работы, решаемые в ней задачи, матрица проведения экспериментальных исследований и метод расчета коэффициентов функции, список использованных источников.

Задания для самостоятельной работы:

Данная работа выполняется на горизонтально-фрезерном станке.

Для того чтобы определить коэффициенты  $C_p$  и  $K$ , нужно построить по результатам эксперимента график в координатах  $\ln S_m - \ln A_w$ . "Срединная" толщина стружки  $S_m$  определяется по формуле (4) при известной подаче на зуб фрезы  $S_z$ , глубине фрезерования и диаметре фрезы  $D$ .

Диаметр фрезы измеряется штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. Глубина фрезерования измеряется индикатором или штангенглубиномером с точностью до 0,05 мм. Подача на зуб фрезы рассчитывается по принятой в эксперименте минутной подаче

$$S_{мин} = S_z \cdot z \cdot n.$$

Удельная работа  $A_w$  определяется в каждом опыте по результатам измерения средней мощности на фрезе:

$$A_w = \frac{1000 \cdot 6120 \cdot N_{e.ср.}}{t \cdot B \cdot S_z \cdot n \cdot z} \quad (6)$$

Для определения  $N_{e.ср.}$  с помощью прибора К-50 (ваттметр) замеряется мощность электродвигателя главного привода  $N_{дв.}$

Средняя мощность фрезерования подсчитывается по формуле

$$N_{e.ср.} = N_{дв.} - N_{х.х.},$$

где  $N_{х.х.}$  - мощность холостого хода.

Мощность холостого хода необходимо фиксировать при вращающейся фрезе, выведенной из зоны резания.

Для получения спокойной нагрузки на фрезе все эксперименты выполняются в условиях равномерного фрезерования и в том случае, если

$$B = \frac{\pi \cdot D \cdot C \cdot \text{tg} \omega}{z}$$

Ширина фрезерования измеряется штангенциркулем.

При проведении опытов берутся 2 глубины фрезерования (обычно 2 и 4 мм) и 6-8 подач при каждой глубине фрезерования. Результаты опытов и необходимые расчётные величины записываются в табл. (форма табл. 5).

Форма таблицы 5

*Протокол измерения мощности при фрезеровании*

t, мм	S <sub>z</sub> , мм зуб	N <sub>дв.</sub> , КВт	N <sub>х.х.</sub> , КВт	N <sub>e.ср.</sub> , КВт	S <sub>m</sub> , мм	A <sub>w</sub> , кг·мм мм <sup>3</sup>	Примечания

Постоянными величинами в процессе проведения экспериментов являются: диаметр фрезы, ширина фрезерования, число зубьев, угол подъема винтовой линии зуба, передний угол, обрабатываемый материал и его механические характеристики.

По результатам экспериментов необходимо построить зависимости удельной работы от срединной толщины среза в логарифмических координатах для двух глубин резания и по ним определить коэффициенты  $K$  и  $C_p$ , входящие в уравнение (5).

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Лабораторная работа выполняется на базе информации по выбранной тематике исследования, собранной магистрантом самостоятельно. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Рекомендуемые источники

Основная литература

1. Резание материалов: учебник / Е.Н. Трембачь [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2010. – 512 с.
- Дополнительная литература
2. Янюшкин, А. С. Резание металлов : учебное пособие / А. С. Янюшкин. - Братск : БрГУ, 2016. - 89 с. Б. ц.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Влияние различных факторов на мощность при фрезеровании.
2. Взаимосвязь мощности привода с главной силой резания  $P_z$ .
3. Методика проведения экспериментов. Условия фрезерования, инструмент, геометрические параметры.

## Лабораторная работа №4 Исследование контактной температуры при резании металлов

### Цель работы:

Изучение тепловых процессов при резании металлов и экспериментальное определение температуры резания в зависимости от скорости, подачи, глубины резания, геометрических параметров режущих инструментов и смазочно-охлаждающих жидкостей.

### Задание:

1. Изучить приборы и материалы, необходимые для проведения лабораторной работы.
2. Прочитать теоретические сведения необходимые для проведения данной работы.
3. Произвести все необходимые измерения.
5. Оформить отчёт.

### Порядок выполнения:

1. Проработать все пункты задания.
2. Внести все пункты задания в отчет.
3. Ответить на вопросы самопроверки.
4. Оформить и защитить отчет.

Форма отчётности: отчёт по лабораторным работам должен содержать: цель работы, решаемые в ней задачи, матрица проведения экспериментальных исследований и метод расчета коэффициентов функции, список использованных источников.

### Задания для самостоятельной работы:

1. Измерить и записать геометрию резцов, марку и основные характеристики обрабатываемого материала, оборудования и специальные условия обработки.
2. Провести серию опытов с изменением глубины резания. Число опытов в серии 5-6. Глубину резания изменять от 0,5 до 3,0 мм. Подача и скорость резания в данном случае останутся постоянными. Построить график зависимости  $Q = f(t)$  и объяснить характер её изменения.
3. Провести серию опытов с изменением подачи. Число опытов 5-6. Подачу изменять в пределах 0,07 ... 0,4 мм/об. Глубину резания и скорость во всех опытах установить постоянными. По результатам опытов построить график зависимости  $Q = f(S)$  и объяснить характер её изменения.
4. Провести серию опытов с изменением скорости резания. Число опытов 5-6. Скорость резания изменять от 20 до 150 м/мин. Глубину и подачу во всех опытах установить постоянными. Построить график зависимости  $Q = f(V)$  и объяснить характер её изменения.
5. По тарифовочному графику установить  $Q^{\circ}C$ .
6. Данные опытов (согласно пунктам 3, 4 и 5) занести в табл. (форма табл. 6).

Таблица 6

Протокол измерения температуры в зависимости от режимов резания

№ п/п	V, м/мин	S, мм/об	t, мм	n, об/мин	m, мВ	Q, °C	Примечания

7. Обработать полученные экспериментальные данные
8. Сформулировать выводы.

### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Лабораторная работа выполняется на базе информации по выбранной тематике исследования, собранной обучающимся самостоятельно. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

### Рекомендуемые источники

#### Основная литература

1. Резание материалов: учебник / Е.Н. Трембачь [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2010. – 512 с.

#### Дополнительная литература

2. Янюшкин, А. С. Резание металлов: учебное пособие / А. С. Янюшкин. - Братск : БрГУ, 2016. - 89 с. Б. ц.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Назовите источники теплообразования и распределения тепла.
2. От каких факторов зависит степень нагрева инструмента и детали при резании?
3. Перечислите методы измерения температуры резания.
4. Какой метод измерения температуры резания используется в данной работе?
5. Для чего строится тарифовочный график термопар?
6. Назовите методы проведения тарифовки термопар.
7. С какой целью режущий инструмент и заготовка изолируются от станка?
8. Какая температура регистрируется методом естественной, полускусственной и искусственной термопар?
9. Какой из элементов режима резания оказывает наибольшее влияние на температуру, и почему?
10. Объясните рост температуры с увеличением скорости резания?
11. Чем объясняется слабое влияние глубины резания на температуру?

## Практическое занятие №1 Расчет режимов обработки при точении

### Цель работы:

Освоить методику расчета параметров механической обработки на токарных станках.

### Задание:

1. Изучить методику расчета режимов резания при точении.
2. Определить исходные данные необходимые для расчета режимов обработки.
3. Произвести все необходимые расчеты.
5. Оформить отчёт.

### Порядок выполнения:

1. Проработать все пункты задания.
2. Внести все пункты задания в отчет.
3. Ответить на вопросы самопроверки.
4. Оформить и защитить отчет.

Форма отчётности: отчёт по практическим работам должен содержать: цель работы, все необходимые расчеты, описание и обоснование выбранного технологического оборудования, ответы на вопросы самопроверки и список использованных источников.

Задания для самостоятельной работы:

1. Рассчитать рациональную скорость резания.
2. Рассчитать мощность необходимую для осуществления процесса резания.
3. Выбрать необходимое технологическое оборудование для осуществления резания.
4. Сформулировать выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Практическая работа выполняется на базе информации по выбранной тематике исследования, собранной обучающимся самостоятельно. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Основная литература

1. Резание материалов: учебник/ Е.Н. Трембачь [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2010. – 512 с.

Дополнительная литература

2. Янюшкин, А. С. Резание металлов : учебное пособие / А. С. Янюшкин. - Братск : БрГУ, 2016. - 89 с. Б. ц.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Элементы резания при точении.
2. Основные элементы токарного станка.

## Практическое занятие №2

### Расчет режимов обработки при фрезеровании

Цель работы:

Освоить методику расчета параметров механической обработки на фрезерных станках.

Задание:

1. Изучить методику расчета режимов резания при фрезеровании.
2. Определить исходные данные необходимые для расчета режимов обработки.
3. Произвести все необходимые расчеты.
5. Оформить отчет.

Порядок выполнения:

1. Проработать все пункты задания.
2. Внести все пункты задания в отчет.
3. Ответить на вопросы самопроверки.
4. Оформить и защитить отчет.

Форма отчётности: отчет по практическим работам должен содержать: цель работы, все необходимые расчеты, описание и обоснование выбранного технологического оборудования, ответы на вопросы самопроверки и список использованных источников.

Задания для самостоятельной работы:

1. Рассчитать рациональную скорость резания.
2. Рассчитать мощность необходимую для осуществления процесса резания.
3. Выбрать необходимое технологическое оборудование для осуществления резания.
4. Сформулировать выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Практическая работа выполняется на базе информации по выбранной тематике исследования, собранной обучающимся самостоятельно. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Основная литература

1. Резание материалов: учебник/ Е.Н. Трембачь [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2010. – 512 с. – ISBN 978-5-94178-135-5

Дополнительная литература

2. Янюшкин, А. С. Резание металлов : учебное пособие / А. С. Янюшкин. - Братск : БрГУ, 2016. - 89 с. Б. ц.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Элементы резания при фрезеровании.
2. Основные элементы фрезерного станка.

## Практическое занятие №3

### Расчет режимов обработки при сверлении

Цель работы:

Освоить методику расчета параметров механической обработки на сверлильных станках.

Задание:

1. Изучить методику расчета режимов резания при сверлении.
2. Определить исходные данные необходимые для расчета режимов обработки.
3. Произвести все необходимые расчеты.
5. Оформить отчет.

Порядок выполнения:

1. Проработать все пункты задания.
2. Внести все пункты задания в отчет.
3. Ответить на вопросы самопроверки.
4. Оформить и защитить отчет.

Форма отчётности: отчет по практическим работам должен содержать: цель работы, все необходимые расчеты, описание и обоснование выбранного технологического оборудования, ответы на вопросы самопроверки и список использованных источников.

Задания для самостоятельной работы:

1. Рассчитать рациональную скорость резания.
2. Рассчитать мощность необходимую для осуществления процесса резания.
3. Выбрать необходимое технологическое оборудование для осуществления резания.
4. Сформулировать выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Практическая работа выполняется на базе информации по выбранной тематике исследования, собранной обучающимся самостоятельно. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Основная литература

1. Резание материалов: учебник/ Е.Н. Трембачь [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2010. – 512 с.

Дополнительная литература

2. Янюшкин, А. С. Резание металлов: учебное пособие / А. С. Янюшкин. - Братск : БрГУ, 2016. - 89 с. Б. ц.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Элементы резания при сверлении.
2. Основные элементы сверлильного станка.

**Практическое занятие №4**  
**Расчет режимов обработки при шлифовании**

Цель работы:

Освоить методику расчета параметров механической обработки на плоскошлифовальных станках.

Задание:

1. Изучить методику расчета режимов резания при плоском шлифовании.
2. Определить исходные данные необходимые для расчета режимов обработки.
3. Произвести все необходимые расчеты.
5. Оформить отчет.

Порядок выполнения:

1. Проработать все пункты задания.
2. Внести все пункты задания в отчет.
3. Ответить на вопросы самопроверки.
4. Оформить и защитить отчет.

Форма отчётности: отчет по практическим работам должен содержать: цель работы, все необходимые расчеты, описание и обоснование выбранного технологического оборудования, ответы на вопросы самопроверки и список использованных источников.

Задания для самостоятельной работы:

1. Рассчитать рациональную скорость резания.
2. Рассчитать мощность необходимую для осуществления процесса резания.
3. Выбрать необходимое технологическое оборудование для осуществления резания.
4. Сформулировать выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Практическая работа выполняется на базе информации по выбранной тематике исследования, собранной обучающимся самостоятельно. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Основная литература

1. Резание материалов: учебник/ Е.Н. Трембачь [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2010. – 512 с.

Дополнительная литература

2. Янюшкин, А. С. Резание металлов : учебное пособие / А. С. Янюшкин. - Братск : БрГУ, 2016. - 89 с. Б. ц.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Элементы резания при плоском шлифовании.
2. Основные элементы плоскошлифовального станка.

**9.2. Методические указания по выполнению Расчетно-графической работы**

***К выполнению расчетно-графической работы предъявляются следующие требования:***

**1. Структура пояснительной записки**

1. Введение
2. Задание
3. Расчет параметров механической обработки
4. Выбранного технологического оборудования
5. Заключение

Список использованной литературы

**2. Требования к оформлению расчетно-графической работы:**

- расчетно-графическую работу оформляют на листах формата А4 (210x297мм), текст печатается на одной стороне листа через полтора интервала;

- параметры шрифта: гарнитура шрифта – Times New Roman, начертание – обычный, кегль шрифта – 14 пунктов, цвет текста – авто (черный);

- параметры абзаца: выравнивание текста – по ширине страницы, отступ первой строки – 1,5 мм., межстрочный интервал – полуторный;

- поля страницы для титульного листа: верхнее и нижнее поля – 20 мм, правое и левое поля – 15 мм

- поля всех остальных страниц: верхнее и нижнее поля – 20 мм, размер левого поля 30 мм, правого – 15 мм.

Пояснительная записка должна содержать 15...25 страниц.

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Информационно-коммуникативные технологии (ИКТ) используются для:

- получения информации при подготовке к занятиям;
- создания презентационного сопровождения занятий;
- работы в электронной информационной среде.

Стандартное лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Imagine Premium: Microsoft Windows Professional 7.
2. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level.
3. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.
4. Adobe Reader.

## 11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ Лк, ЛР, ПЗ</i>
Лк	Лекционная / семинарская аудитория	Учебная мебель	-
ЛР	Лаборатория Технологии машиностроения	Учебная мебель; Токарно-винторезный станок 1К62; Горизонтально-фрезерный станок 6Р82Г.	ЛР №1...4
ПЗ	Лекционная / семинарская аудитория	Учебная мебель	-
РГР	Читальный зал № 1	Учебная мебель; Оборудование 10-ПК i5-2500/Н67/4Gb (мониторTFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	-
СР	Читальный зал № 1	Учебная мебель; Оборудование 10-ПК i5-2500/Н67/4Gb (мониторTFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	-



**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-1	способность использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.	<b>1. Введение</b> <b>2. Современные инструментальные материалы</b> <b>3. Геометрические параметры режущих инструментов</b> <b>4. Соппротивление, сила, работа и мощность резания</b> <b>5. Тепловые процессы при резании</b>	1.1. Основные понятия, термины и определения 1.2. Различные случаи резания. Свободное и несвободное резание 2.1. Инструментальные стали 2.2. Твердые сплавы 2.3. Минералокерамика 2.4. Сверхтвердые материалы 2.5. Абразивные инструментальные материалы 3.1. Классификация, конструкции и геометрия токарных резцов 3.2. Конструкция и геометрические параметры спирального сверла 3.3. Конструкция и геометрические параметры метчика 3.4. Конструкции и геометрические параметры фрез 3.5. Конструкции и геометрические параметры протяжки 4.1. Системы сил действующие на режущий инструмент при точении 4.2. Факторы влияющие на составляющие сил резания 4.3. Силы резания при сверлении 4.4. Силы резания и эффективная мощность при фрезеровании 4.5. Силы резания при протягивании 5.1. Источники образования тепла 5.2. Влияния различных факторов на температуру резания 5.3. Методы изучения тепловых явлений	Экзаменационные вопросы

**2. Экзаменационные вопросы**

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1.	ОПК-1	способность использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.	<b>1.1</b> Элеметы режимов резания. <b>1.2</b> Различные случаи резания. Свободное и несвободное резание <b>2.1</b> Инструментальные стали <b>2.2</b> Твердые сплавы <b>2.3</b> Минералокерамика <b>2.4</b> Сверхтвердые материалы <b>2.5</b> Абразивные инструментальные материалы <b>3.1</b> Классификация, конструкции и геометрия токарных резцов <b>3.2</b> Конструкция и геометрические параметры спирального сверла <b>3.3</b> Конструкция и геометрические параметры метчика <b>3.4</b> Конструкции и геометрические параметры фрез <b>3.5</b> Конструкции и геометрические параметры протяжки <b>4.1</b> Системы сил действующие на режущий инструмент при точении <b>4.2</b> Факторы влияющие на составляющие сил резания <b>4.3</b> Силы резания при сверлении <b>4.4</b> Силы резания и эффективная мощность при фрезеровании <b>4.5</b> Силы резания при протягивании <b>5.1</b> Источники образования тепла <b>5.2</b> Влияния различных факторов на температуру резания <b>5.3</b> Методы изучения тепловых явлений	<b>1.</b> Введение <b>2.</b> Современные инструментальные материалы <b>3.</b> Геометрические параметры режущих инструментов <b>4.</b> Соппротивление, сила, работа и мощность резания <b>5.</b> Тепловые процессы при резании.

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<b>Знать:</b> <i>ОПК-1</i> - основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда; <b>Уметь:</b> <i>ОПК-1</i> - использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда; <b>Владеть:</b> <i>ОПК-1</i> - навыками использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.	<b>отлично</b>	- даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы; - ответы изложены грамотно, уверенно, логично, последовательно; - опираясь на усвоенные знания, четко увязывает научные положения с практической деятельностью; - свободно владеет основными понятиями дисциплины.
	<b>хорошо</b>	- даны полные, достаточно обоснованные ответы на поставленные вопросы; - твердо усвоил тему, грамотно и по существу излагает ее, опираясь на полученные знания; - не допускает существенных неточностей; - увязывает усвоенные знания с практической деятельностью; - владеет системой основных понятий дисциплины.
	<b>удовлетворительно</b>	- даны в основном правильные ответы на все поставленные вопросы, но без достаточного обоснования; - допускает несущественные ошибки и неточности; - испытывает затруднения в практическом применении полученных знаний; - слабо аргументирует научные положения; - частично владеет системой основных понятий дисциплины.
	<b>неудовлетворительно</b>	- допускает существенные ошибки и неточности при ответе на поставленные вопросы; - испытывает трудности в практическом применении полученных знаний; - не может аргументировать научные положения; - не владеет системой основных понятий дисциплины.

### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина Резание материалов направлена на развитие развернутого представления о процессах, происходящих в процессе резания, современных инструментальных материалах применяемых в различных отраслях промышленности, основных параметрах резания материалов факторов влияющих на них и методов управления ими.

Изучение дисциплины Резание материалов предусматривает:

- лекции,
- лабораторные работы,
- практические занятия,
- расчетно-графическую работу,
- самостоятельную работу,
- экзамен.

В ходе освоения раздела 1. Введение обучающийся должен уяснить элементы резания их единице измерения изучить движения необходимые для процессов механической обработки, рассмотреть основные случаи резания.

В ходе освоения раздела 2 Современные инструментальные материалы обучающейся должен уяснить, какие группы современных инструментальных материалов существуют. Изучить основные марки, используемые в инструментальной промышленности и область их применения.

В ходе освоения раздела 3 Геометрические параметры режущих инструментов обучающийся должен уяснить все геометрические параметры металлорежущего инструмента, назначение всех углов инструмента и рекомендуемые значения углов для разных случаев резания.

В ходе освоения раздела 4 Соппротивление, сила, работа и мощность резания обучающийся должен уяснить силовые процессы, протекающие в процессе обработки металлов, факторы, влияющие на силы резания и методы снижения усилий в металлообработке.

В ходе освоения раздела 5 Тепловые процессы при резании обучающийся должен уяснить тепловые процессы, протекающие в процессе обработки металлов, факторы, влияющие на температуры, возникающие в зоне резания и методы снижения температур в металлооб-

работке.

Необходимо овладеть навыками и умениями применения изученных методов для изучения процессов механической обработки материалов и при проектировании производственных процессов в различных отраслях машиностроительного производства.

В процессе изучения дисциплины рекомендуется на первом этапе обратить внимание на необходимость владения обучающимися общей исходной информацией по исследуемым процессам и знаниями о современных инструментальных материалах и областью их применения.

Овладение ключевыми понятиями является необходимым для корректного оперирования общепринятыми терминами научного сообщества при подготовке выпускной квалификационной работы.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить следующим вопросам: назначение и состав инструментальных материалов, силовые процессы, происходящие во время резания металлов и методы управления ими, тепловые процессы при резании металлов, методы их изучения.

В процессе проведения практических занятий, лабораторных работ происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков определения контактных температур при резании, составляющих сил резания, расчета параметров механической обработки металлов, представления о современном состоянии науки в области металлообработки.

Самостоятельную работу необходимо начинать с ознакомления с основными понятиями и определениями, связанными с резанием материалов, изучения современных инструментальных материалов и области их применения, силовых и температурных явлений происходящих в процессе механической обработки металлов.

В процессе консультации с преподавателем обсуждаются и согласовываются собранная информация, уточняются и корректируются расчеты курсовой работы.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

**АННОТАЦИЯ**  
**рабочей программы дисциплины**  
**Резание материалов**

**1. Цель и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является – получение обучающимися представления об основах теории резания материалов и процессах протекающих в процессе механической обработки.

Задачами изучения дисциплины является:

- научиться использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.

**2. Структура дисциплины**

2.1. Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: лекции – 17 часов; лабораторные работы – 51 час; практические занятия – 34 часа; самостоятельная работа – 87 часов.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 216 часов, 6 зачетных единиц.

2.2. Основные разделы дисциплины:

1. Введение.
2. Современные инструментальные материалы.
3. Геометрические параметры режущих инструментов.
4. Сопротивление, сила, работа и мощность резания.
5. Тепловые процессы при резании..

**3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 – способность использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.

**4. Вид промежуточной аттестации: Экзамен.**

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 20\_\_-20\_\_ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
*(разработчик)*

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
*(подпись)*

\_\_\_\_\_  
*(Ф.И.О.)*

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО  
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-1	способность использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.	1. Введение	1.1. Основные понятия, термины и определения 1.2. Различные случаи резания. Свободное и несвободное резание	Отчет к ПЗ 1...4 Защита РГР
		2. Современные инструментальные материалы	2.1. Инструментальные стали 2.2. Твердые сплавы 2.3. Минералокерамика 2.4. Сверхтвердые материалы 2.5. Абразивные инструментальные материалы	Защита РГР
		3. Геометрические параметры режущих инструментов	3.1. Классификация, конструкции и геометрия токарных резцов 3.2. Конструкция и геометрические параметры спирального сверла 3.3. Конструкция и геометрические параметры метчика 3.4. Конструкции и геометрические параметры фрез 3.5. Конструкции и геометрические параметры протяжки	Отчет по ЛР 1 Защита РГР
		4. Сопротивление, сила, работа и мощность резания	4.1. Системы сил действующие на режущий инструмент при точении 4.2. Факторы влияющие на составляющие сил резания 4.3. Силы резания при сверлении 4.4. Силы резания и эффективная мощность при фрезеровании 4.5. Силы резания при протягивании	Отчет по ЛР 2...3 Защита РГР
		5. Тепловые процессы при резании	5.1. Источники образования тепла 5.2. Влияния различных факторов на температуру резания 5.3. Методы изучения тепловых явлений	Отчет по ЛР 4 Защита РГР

**2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций**

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать:</b> <i>ОПК-1</i> - основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда;</p> <p><b>Уметь:</b> <i>ОПК-1</i> - использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда;</p> <p><b>Владеть:</b> <i>ОПК-1</i> - навыками использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.</p>	<b>зачтено</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы;</li> <li>- ответы изложены грамотно, уверенно, логично, последовательно;</li> <li>- опираясь на усвоенные знания, четко увязывает научные положения с практической деятельностью;</li> <li>- свободно владеет основными понятиями дисциплины.</li> </ul>
	<b>не зачтено</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- допускает существенные ошибки и неточности при ответе на поставленные вопросы;</li> <li>- испытывает трудности в практическом применении полученных знаний;</li> <li>- не может аргументировать научные положения;</li> <li>- не владеет системой основных понятий дисциплины.</li> </ul>