

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО «КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. Х.М. БЕРБЕКОВА» (КБГУ)**

**Институт информатики, электроники и робототехники  
Кафедра «Технология и оборудование автоматизированного производства»**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель ОПОП  
\_\_\_\_\_ М.М. Яхутлов

Директор института  
\_\_\_\_\_ Б.В. Шогенов

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 г.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«ИНСТРУМЕНТЫ ИЗ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ»**

15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Профиль подготовки  
Технология цифрового производства

Квалификация (степень) выпускника  
Магистр

Форма обучения  
Очная

Нальчик 2024

Рабочая программа дисциплины «Инструменты из сверхтвёрдых материалов»  
/сост. З.Ж. Беров –Нальчик: КБГУ, 2024. -23 с.

Рабочая программа предназначена для преподавания обязательной дисциплины вариативной части блока Б1.В.03 по направлению подготовки 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» во 2 семестре.

Рабочая программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 августа 2020 г. № 1045.

## Содержание

	с.
1 Цели и задачи освоения дисциплины.....	4
2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО.....	4
3 Требования к результатам освоения содержания дисциплины.....	4
4 Содержание и структура дисциплины (модуля).....	6
5 Оценочные материалы для контроля успеваемости и промежуточной аттестации.....	10
6 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.....	15
7 Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	18
8 Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	20
9 Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья	22
10 Приложение	23

## **1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью освоения дисциплины является углубление знаний в области производства и эксплуатации абразивных и лезвийных инструментов из сверхтвёрдых материалов, ознакомление с предпочтительными областями применения алмазных инструментов, обеспечивающими наибольшую эффективность по сравнению с другими.

**Задачами** изучения дисциплины являются:

- ознакомление студентов со сверхтвёрдыми материалами и с физико-химическими основами их производства;
- обучение способам повышения износостойкости и надёжности удержания алмазов в матрице инструмента;
- привитие студентам необходимых знаний для выбора оптимального соотношения состава компонентов алмазосодержащего композиционного материала с учетом вида инструмента и условий его эксплуатации.

## **2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Дисциплина относится к вариативной части (основной части) подготовки магистров по направлению 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

## **3 ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств:

**Профессиональные компетенции** и соответствующие им индикаторы достижений):

**ПКС-1.** Способен разрабатывать и внедрять эффективные технологии изготовления изделий машиностроения:

**ПКС-1.1** Знает методики проектирования технологических процессов изготовления изделий машиностроения, системы конструкторской и технологической документации, технологической подготовки производства, программные средства автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства;

**ПКС-1.2** Умеет проектировать и внедрять эффективные технологические процессы изготовления конкурентоспособных изделий машиностроения;

**ПКС-1.3** Владеет навыками разработки технологических процессов изготовления изделий машиностроения, отвечающих современным требованиям качества продукции и технико-экономической эффективности производства.

**ПКС-2.** Способен выбирать и эффективно использовать материалы и средства технологического оснащения для реализации технологических процессов изготовления машиностроительной продукции:

**ПКС-2.1** Знает современные конструкционные и инструментальные материалы, технологические возможности средств технологического оснащения (оборудования, технологической оснастки, средств механизации и автоматизации) для реализации технологических процессов изготовления машиностроительной продукции;

**ПКС-2.2** Умеет анализировать, выбирать и эффективно использовать материалы и средства технологического оснащения для реализации технологических процессов изготовления машиностроительной продукции;

**ПКС-2.3** Владеет навыками по выбору и эффективному использованию материалов и средств технологического оснащения для реализации технологических процессов изготовления машиностроительной продукции

**ПКС-3.** Способен проектировать средства технологического оснащения машиностроительных производств:

**ПКС-3.1** Знает устройство и характеристики средств технологического оснащения (оборудования, технологической оснастки, средств механизации и автоматизации) и методики их проектирования;

**ПКС-3.3** Владеет навыками автоматизированного проектирования средств технологического оснащения машиностроительных производств.

**В результате изучения дисциплины студент должен:**

**Знать:**

- физико-механические свойства сверхтвёрдых материалов и области их применения (31);
- способы получения сверхтвёрдых материалов(32);
- классификацию алмазных порошков и методы контроля их качества(33);
- способы обработки алмазов для повышения их эксплуатационных характеристик (34);
- виды износа алмазов в инструментах(35)
- основные требования к конструкциям камер высокого давления для получения синтетических алмазов и кубического нитрида бора(36);
- методы металлизации алмазного сырья(37);
- требования к функциональным покрытиям для повышения износостойкости низкосортных технических алмазов в алмазно-абразивных инструментах (38).

**Уметь:**

- моделировать процессы, происходящие при конденсации паров металла на алмазные зёрна (У1)
- выбирать материалы, оборудование и способ осаждения функционального покрытия, обеспечивающего повышение прочностных характеристик алмазов и надёжности их удержаний в инструментах. (У2)
- оценивать и представлять результаты исследования по влиянию функциональных покрытий на износостойкость алмазов в инструментах (У3);
- разрабатывать технологический процесс металлизации алмазов, обеспечивающего при спекании матрицы инструмента физическую и химическую совместимость компонентов покрытия с составом связки и пропиточным материалом (У4).

**Владеть:**

- информацией о видах алмазных инструментов, способов их изготовления и используемых в них характеристиках алмазов по качеству и зернистости (В1);
- информацией о практическом применении различных методов нанесения покрытий на алмазы (В2);
- способностью использовать научные результаты по изучению влияния адгезионно-активных металлических покрытий на износостойкость алмазов в инструментах и на основе их анализа оптимизировать величину энергии конденсации распылённых частиц металла на поверхность алмаза(В3);
- способностью к профессиональному управлению вакуумной установкой с триодной системой распыления металлов, обеспечивающей замещение вакансий на дефектных участках поверхности алмаза атомами основного компонента покрытия.(В4).

## 4 СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

№ разд.	Наименование раздела	Содержание раздела	Формируемая компетенция (часть компетенции)	Форма текущего контроля
1	2	3		4
1	Понятие о сверхтвердых материалах	Понятие о сверхтвердых материалах и их классификация. Природные алмазы. Основные гипотезы происхождения алмазов в природе. Синтетические алмазы. Кубический нитрид бора (КНБ) и другие сверхтвердые материалы на его основе. Физико-механические свойства СТМ. Области применения СТМ.	ПКС-2.1 ПКС-3.1	ЛР, ПЗ, К, Т
2	Получение сверхтвердых материалов	Камера высокого давления для получения синтетических алмазов и кубического нитрида бора. Процесс полиморфного превращения гексагонального нитрида бора в кубический. Поликристаллические СТМ.	ПКС-2.1 ПКС-3.1	ПЗ, К, Т
3	Порошки из алмазов, их производство, классификация и контроль качества	Зерновой состав алмазных порошков и их классификация. Технологии изготовления шлифпорошков и микропорошков. Зернистость и нормы зернового состава шлифпорошков, микропорошков и субмикропорошков. Контроль качества порошков. Микротвердость алмазов. Прочность монокристаллов алмазов. Методы измерения микротвердости и прочности алмазов.	ПКС-2.1	ЛР, К, Т
4	Способы крепления алмазов в инструменте.	Зачеканка. Завальцовка. Принудительное шаржирование. Механическое крепление прижимными пластинами и другими устройствами. Заливкой жидким металлом. Способы формирования алмазонасной части алмазно-абразивных инструментов: центробежным литьем; способами гальванотехники; способами порошковой металлургии.	ПКС-1.1 ПКС-2.1	ПЗ, К, Т
5	Алмазные абразивные инструменты и технологии их изготовления.	Классификация алмазных абразивных инструментов. Выбор конструкции и размеров инструмента, профиля рабочей поверхности, марки и зернистости алмазного порошка. Выбор концентрации алмазов. Расчет массы алмазов в инструменте. Особенности технологии изготовления инструмента на органической связке. Составы органических связок и расчет весового содержания компонентов шихты связки. Технологии изготовления инструментов на металлической связке. Составы металлических связок и расчет весового содержания компонентов шихты.	ПКС-1.1 ПКС-1.2 ПКС-2.1 ПКС-2.2	ЛР, К, Т
6	Монокристалльные алмазные инструменты	Алмазный режущий инструмент и технология его изготовления. Алмазные контрольно-измерительные инструменты, их классификация и требования к их изготовлению. Алмазные волокна и технология их изготовления.	ПКС-1.1 ПКС-2.1	ЛР, К, Т

1	2	3	4	5
7	Правящие алмазные инструменты	Алмазные иглы. Алмазы в оправках. Правящие алмазные карандаши и их классификация. Технология изготовления алмазных игл и правящих алмазных карандашей. Правящие алмазные ролики прямого и фасонного профиля. Отличительные особенности их проектирования и изготовления. Изготовление правящих роликов методом гальванопластики.	ПКС-1.1 ПКС-2.1	ЛР, К, Т
8	Алмазные инструменты для бурения	Алмазные буровые коронки и их классификация. Геометрия режущей части матрицы буровых коронок. Схемы размещения алмазов в матрицах коронок. Технология изготовления алмазных буровых коронок. Взаимосвязь качества алмазного сырья с твердостью разбуриваемой породы. Алмазные калибровочные расширители и их роль при бурении скважин.	ПКС-1.1 ПКС-2.1	ЛР, К, Т
9	Виды износа алмазов в инструментах	Адгезионный, абразивный, диффузионный, химический, окислительный. Макро- и микроскалывание, обеспечивающие процесс самозатачивания. Выпадение алмаза из матрицы	ПКС-1.1 ПКС-2	К, Т
10	Способы предварительной обработки алмазов	Избирательное дробление. Термоциклирование алмазного сырья. Оваллизация алмазов. Полирование алмазов: механическое, термическое, химическое. Металлизация алмазов.	ПКС-1.1 ПКС-2.1	К, Т
11	Методы металлизации алмазного сырья	Материалы покрытий. Классификация методов нанесения покрытий на алмазы: электрохимический, химический (бестоковый), нанесение металлических покрытий из жидкой фазы, вжиганием механически нанесенного покрытия. Методы нанесения покрытий путем подведения осаждаемого материала к поверхности алмазных зерен: испарением металлов в вакууме, методом газотранспортных реакций, ионно-плазменным распылением металлов. Комбинированные методы нанесения покрытий: детонационный, реакционное осаждение в дисперсном металлизаторе, интегральные методы.	ПКС-2.1 ПКС-2.2 ПКС-2.3	ПЗ, ЛР, К, Т
12	Нанесение ориентированной (ортотропной) островковой структуры покрытия на низкосортные технические алмазы	Ионно-плазменные методы металлизации. Преимущества ионно-плазменных методов металлизации алмазов. Требования к конструкциям устройств для ионно-плазменной металлизации порошкового материала. Способы оценки надёжности алмазоудержания в абразивных инструментах. Фазообразования в островковых покрытиях при термообработке алмаза. Влияние островковой структуры покрытия из адгезионно-активных металлов на прочность, износостойкость и на надёжность удержания алмазов в инструменте.	ПКС-1.1 ПКС-1.3 ПКС-2.1 ПКС-2.2 ПКС-2.3 ПКС-3.3	ПЗ, ЛР, К, Т

В графе 5 приводятся планируемые формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР), защита практического занятия (ПЗ), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), домашнего задания (ДЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), рубежный контроль (РК), тестирование (Т) и т.д.

#### 4.2 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часов)

Вид работы	Трудоемкость, часов
	2 семестр
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>144</b>
<b>Аудиторная работа:</b>	<b>54</b>
<i>Лекции (Л)</i>	10
<i>Лабораторные занятия (ЛР)</i>	36
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	8
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>63</b>
Расчетно-графическое задание (РГЗ)	
Самостоятельное изучение разделов	40
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.),	23
<b>Подготовка и сдача экзамена</b>	<b>27</b>
<b>Вид итогового контроля</b>	<b>экзамен</b>

#### 4.3 Лекционные занятия

№	Темы
1	Понятие о сверхтвердых материалах и способах их производства
2	Способы крепления алмазов в инструментах
3	Алмазные порошки, их производство, классификация и контроль качества
4	Способы предварительной обработки алмазов для повышения эффективности их использования в инструментах. Достоинства и недостатки
5	Противоречивый характер влияния существующих способов металлизации алмазов на повышение работоспособности инструмента
6	Преимущества ионно-плазменных методов нанесения тугоплавких адгезионно-активных металлов в вакууме на алмазные зёрна



#### 4.4 Лабораторные занятия

№	Наименование лабораторных работ
1	Производство порошков алмаза, их классификация и контроль качества
2	Алмазные инструменты для правки
3	Алмазные буровые коронки и расширители
4	Технологии изготовления алмазных правящих инструментов
5	Технология изготовления алмазных буровых коронок
6	Алмазный режущий и мерительный инструмент
7	Алмазные абразивные инструменты
8	Технология изготовления алмазных шлифовальных кругов на органической связке
9	Изучение конструкции и принципа работы установки с триодной системой для ионно-плазменной металлизации алмазных зерен.
10	Подготовка алмазного сырья к ионно-плазменной металлизации.
11	Нанесение титано-нихромового покрытия на алмазный порошок.
12	Определение привеса алмазного порошка после его металлизации.

#### 4.5 Практические занятия (семинары)

№	Тема
1	Физико-химические основы процессов получения синтетических алмазов
2	Камеры высокого давления для синтеза сверхтвердых материалов
3	Составы органических связок. Расчет весового содержания компонентов органической связки
4	Составы металлических связок. Расчет содержания компонентов металлической связки
5	Расчет весового содержания алмазов в инструменте
6	Способы крепления алмазов в инструментах и их влияние на стойкость инструмента
7	Влияние рекомендуемых способов предварительной обработки алмазов на прочность закрепления и износостойкость в инструменте
8	Физико-химические основы адгезионного соединения алмазов с металлической матрицей
9	Основные методы металлизации технического алмазного сырья. Достоинства и недостатки
10	Замещение вакансии на приповерхностных участках алмаза атомами осаждаемого металла при ионно-плазменных методах металлизации

#### 4.6 Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№ разд.	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1	Кубический нитрид бора (КНБ) и другие сверхтвердые материалы на его основе. Области применения инструментальных СТМ.
2	Процесс полиморфного превращения гексагонального нитрида бора в кубический. Поликристаллические СТМ
3	Технология изготовления шлифпорошков, микропорошков, субмикропорошков. Зернистость и нормы зернового состава шлифпорошков, микропорошков и субмикропорошков.
4	Формирование алмазональной части алмазно-абразивных инструментов: центробежным литьем; способами гальванотехники; способами порошковой металлургии.
5	Выбор конструкции и размеров инструмента, профиля рабочей поверхности, марки и зернистости алмазного порошка. Выбор материалов матрицы (связки). Выбор концентрации алмазов.
6	Алмазные контрольно-измерительные инструменты, их классификация и требования к их изготовлению. Алмазные волокна и технология их изготовления.
7	Правящие алмазные ролики прямого и фасонного профиля. Отличительные особенности их проектирования и изготовления.
8	Взаимосвязь качества алмазного сырья с твердостью разбураемой породы. Алмазные калибровочные расширители и их роль при бурении скважин
9	Процесс самозатачивания алмазов при эксплуатации инструмента.
10	Геометрия режущей части матрицы буровых коронок. Схемы размещения алмазов в матрицах коронок
11	Методы металлизации алмазного сырья
12	Ионно-плазменные методы металлизации

### 5 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

#### 5.1 Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости

Текущий контроль успеваемости студентов осуществляется в соответствии с балльно-рейтинговой системой аттестации обучающихся по ОП ВО В КБГУ. Сведения об организации работы по этой системе приведены в таблице.

№	Контрольные мероприятия	Макс. балл (распред.)
1	Посещение занятий	10 (3+3+4)
2	Коллоквиум	18 (6+6+6)
3	Тестирование	18 (6+6+6)
4	Выполнение и защита лабораторных и практических работ	24(8+8+8)
Итого		70

## Коллоквиумы

Коллоквиумы проводятся по вопросам, выносимым на промежуточную аттестацию. При этом на каждый из трех рубежных контрольных мероприятия выносятся одна треть вопросов из общего их числа к экзамену. Подготовка к коллоквиуму осуществляется по материалам лекций, лабораторных работ и основной и дополнительной литературы, рекомендуемой по дисциплине.

## Тесты

Для текущего контроля успешности обучения используются разработанные на кафедре аттестационные педагогические измерительные материалы для компьютерного тестирования (тестовые задания). Структура этих материалов приведена в таблице

№ тем	Тема	Колич. заданий
1	Абразивные материалы и их физико-механические свойства	19
2	Порошки из обычных абразивных материалов	14
3	Алмазные порошки	23
4	Методы контроля абразивных порошков	19
5	Абразивные инструменты	15
6	Технология изготовления абразивных инструментов	24
7	Алмазно-абразивные инструменты.	21
8	Технология изготовления алмазно-абразивных инструментов	42
9	Однокристалльные алмазные инструменты	30
Итого		207

### Примеры тестовых заданий

1. Тонкозернистые агрегаты алмаза овальной формы, состоящие из массы микроскопических кристаллов относятся группе

- 1) борт –
- 2) карбонадо +
- 3) балласы –

2. Сформулировал сочетание трёх необходимых условий (среды, давления и температуры) для синтеза алмаза и рассчитал кривую равновесия графит – алмаз

- 1) Лавуазье –
- 2) Теннанти –
- 3) Лейпунский +
- 4) Верещагин –

3. Установление соответствия между инструментальными материалами и их модулем упругости:

- |                               |                                  |
|-------------------------------|----------------------------------|
| 1) Алмаз                      | 72000 – 93000 кГ/мм <sup>2</sup> |
| 2) Карбид бора                | 29600 кГ/мм <sup>2</sup>         |
| 3) Карбид кремния             | 36500 кГ/мм <sup>2</sup>         |
| 4) Металлокерамические сплавы | 44000 кГ/мм <sup>2</sup>         |

4. Использование в качестве наполнителя обычных абразивных зерен в алмазно-абразивных инструментах не способствует

- 1) повышению прочности матрицы инструмента –
- 2) экономии дорогостоящего алмаза –
- 3) улучшению самозатачиваемости –
- 4) повышению точности и размеров обрабатываемой детали +

5. На выбор материала корпуса алмазного инструмента не влияет
- 5) связка –
  - 6) температура спекания алмазоносного слоя –
  - 7) режимы эксплуатации инструмента –
  - 8) марка и зернистость алмазов +
6. Импрегнированные буровые коронки предназначены для бурения горных пород ...категорий буримости
- 1) VI...IX–
  - 2) IX...XI–
  - 3) XI...XII +
7. Наибольшая прочность алмазоносного слоя инструмента достигается при использовании металлической шихты, частицы которой имеют формы
- 1) дендритные +
  - 2) сферические Импрегнированные буровые коронки
  - 3) осколочные –
8. Импрегнированные буровые коронки оснащаются мелкими алмазными зёрнами, равномерно распределённых в матрице с концентрацией
- 1) 75% –
  - 2) 100% –
  - 3) 125% +
  - 4) 150% –
9. Алмазные выглаживающие наконечники для поверхностного упрочнения деталей не оснащаются природными алмазами с рабочей поверхностью
- 1) сферической, –
  - 2) конической, –
  - 3) цилиндрической –
  - 4) торической –
  - 5) плоской +
10. Износостойкость кристаллов алмаза выше износостойкости корунда
- 1) в 10 раз –
  - 2) в 70 раз –
  - 3) в 140 раз +
  - 4) в 175 раз–
11. Твёрдость алмаза превышает твёрдость минералокерамических сплавов
- 1) в 2 раза –
  - 2) в 5 раз –
  - 3) в 8 раз +
  - 4) в 10 раз
12. Соединение алмазоносного слоя с корпусом инструмента при их раздельном приготовлении не производят
- 1) диффузионным спеканием +
  - 2) приклеиванием –
  - 3) запрессовкой –
  - 4) пайкой –
  - 5) резьбовым креплением –

## Лабораторные работы

Лабораторные работы посвящены изучению основных видов алмазных инструментов и технологиям их изготовления. В лабораторных работах изучается также конструкция и принцип работы устройств для металлизации алмазов ионно-плазменными методами распыления материалов покрытия. В методических разработках к лабораторным работам приведены цель и программа работы, основные методические указания к их выполнению, содержание отчета, контрольные вопросы и список рекомендуемой литературы.

## Практические занятия

Практические занятия предназначены для углубления знаний студентов по различным направлениям: производство синтетических алмазов и используемое оборудование; металлические и органические связки и расчёт компонентов матрицы инструмента, металлизация алмазов и обеспечение адгезионной связи покрытия с алмазными зёрнами. Оценка усвоения материалов осуществляется в собеседованиях и по вопросам во время занятий.

## 5.2 Промежуточная аттестация

### Вопросы к экзамену

1. Основные свойства материалов, определяющие включение их в группу абразивных.
2. Абразивный инструмент и показатель эффективности его использования.
3. Природные абразивные материалы и их основные физико-механические свойства.
4. Искусственные абразивные материалы.
5. Марки абразивных материалов.
6. Твердость абразивного материала и методы ее определения.
7. Понятие микро твердости, микро хрупкости и микро прочности, методы их определения.
8. Абразивная способность и метод ее определения.
9. Прочность абразивного порошков и способ ее определения.
10. 1 Определение усталости поверхности (хрупкости, разрушаемости, динамической прочности) абразивных зерен.
11. Износостойкость абразивных зерен.
12. Дробление и измельчение абразивного материалов для производства порошков.
13. Обогащение измельченного материала.
14. Рассев измельченного обогащения абразивного порошка по номерам зернистости.
15. Зерновой состав порошков.
16. Фракции абразивных порошков.
17. Способы определения размеров зерен.
18. Основные характеристики абразивного инструмента.
19. Классификация связок, применяемых для изготовления алмазосодержащего композиционного материала.
20. Основы технологии изготовления абразивного инструмента на керамических и органических связках.
21. Контроль качества, маркировка, и упаковка абразивных инструментов.
22. Сверхтвердые материалы и их физико-механические свойства.
23. Основные гипотезы о происхождении алмазов в природе.
24. Разновидности кристаллов и поликристаллических образований алмаза (классификации алмазов).
25. Структурная кристаллическая решетка алмаза и графита.

26. Физико-механические свойства природных алмазов.
27. Анизотропия свойств алмаза.
28. Влияние микродефектов на свойство алмаза.
29. Синтетические алмазы и их физико-механические свойства.
30. Кубический нитрид бора и другие сверхтвердые материалы на его основе, их физико-механические свойства.
31. Диаграмма фазового состояния углерода и нитрида бора.
32. Камера высокого давления для получения синтетических алмазов.
33. Технологические параметры фазового превращения графита в алмаз и их влияние на процесс синтеза.
34. Модификации нитрида бора.
35. Процесс полиморфного превращения гексагонального бора в кубический.
36. Зерновой состав алмазных порошков.
37. Технология изготовления алмазных микропорошков.
38. Технология изготовления алмазных шлифпорошков.
39. Зернистость и нормы зернового состава шлифпорошков, микропорошков и субмикропорошков.
40. Определение зернового состава алмазных порошков.
41. Определение прочности алмазных порошков.
42. Определение абразивной способности алмазных микропорошков.
43. Определение носимой массы и удельной поверхностей алмазных порошков.
44. Алмазные шлифовальные круги и головки, их назначение и основные характеристики.
45. Алмазные отрезные круги и пилы, их назначение и основные характеристики.
46. Алмазные бруски и притиры, их назначения и основные характеристики.
47. Выбор конструктивных характеристик алмазного инструмента при его проектировании.
48. Выбор марки зернистости алмазного порошка при проектировании инструмента.
49. Выбор концентрации алмазов и расчет его весового содержания в инструменте.
50. Выбор связки для алмазного инструмента.
51. Конструкции алмазных резцов и технология его изготовления.
52. Алмазные наконечники для измерения твердости.
53. Алмазные иглы для измерения шероховатости поверхности.
54. Алмазные волокна, их конструктивные параметры и область применения.
55. Алмазные инструменты для правки шлифовальных кругов.
56. Технология изготовления алмазных правящих карандашей.
57. Отличительные особенности проектирования и изготовления правящих алмазных роликов.
58. Изготовления правящего ролика методом гальваностегии.
59. Изготовление правящего ролика методом гальванопластики.
60. Алмазные буровые коронки и их классификация по конструкции режущей части и типу матрицы.
61. Типовые схемы укладки алмазов в матрице буровой коронки.
62. Классификация буровых коронок в зависимости от схемы размещения алмазов в ее матрице.
63. Основные требования к матрице буровых коронок и подбору алмазного сырья.

## 6. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 6.1. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

Контролируемые компетенции (часть компетенций)	Результаты обучения (объекты оценивания)	Основные показатели оценки результатов	Оценочные средства
1	2	3	4
<b>ПКС-1.</b> Способен разрабатывать и внедрять эффективные технологии изготовления изделий машиностроения	<b>З1</b> Знать основные требования к конструкциям важнейших узлов устройства для нанесения адгезионно-активных тугоплавких металлов в вакууме на частицы алмазного порошка	Возникающие требования к узлу осаждения покрытия при распылении тугоплавких металлов в вакууме и к узлу перемешивания алмазного порошка для получения однородного покрытия на всех гранях алмаза. Выполнение и защита лабораторных и практических работ.	Лабораторные и практические занятия, коллоквиумы, экзамен
	<b>З2</b> Знать современные методы исследования влияния функциональных покрытий на формирование межфазной границы в алмазосодержащих композиционных материалах при их спеканиях	Изучение состояния поверхности покрытия (морфологии) с помощью растровой электронной микроскопии. Изучение структуры покрытия методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии – РФЭС. Выполнение и защита практических занятий.	Коллоквиумы, практические занятия, экзамен
<b>ПКС-2.</b> Способен выбирать и эффективно использовать материалы и средства технологического оснащения для реализации технологических процессов изготовления машиностроительной продукции	<b>У1</b> Уметь оценивать и представлять результаты исследования по влиянию функциональных покрытий на износостойкость алмазов в инструментах	Влияние функционального покрытия на прочность, усталостную повреждаемость алмазов и на интенсивность их износа в инструментах. Влияние компонентов покрытия на формирование межфазной границы в алмазосодержащих композиционных материалах.	Лабораторные и практические занятия, коллоквиумы, экзамен
	<b>У2</b> Уметь разрабатывать эффективные технологии металлизации алмазов, в которых предлагаемый состав покрытия, метод и технологические параметры привязаны к качеству алмазного сырья, компонентам связки и температурно-временным режимам спекания алмазосодержащего композиционного материала	Методы металлизации алмазов, их достоинства и недостатки. Материалы, используемые в качестве покрытия. Характер взаимодействия покрытия с алмазом как в процессе металлизации, так и при изготовлении инструмента. Влияние покрытия на формирование межфазной границы в матрице инструмента. Выполнение и защита практических занятий.	Практические занятия, коллоквиумы, экзамен
<b>ПКС-3.</b> Способен проектировать средства технологического оснащения	<b>В1</b> Владеть способностью использовать научные результаты по изучению влияния адгезионно-	Способы металлизации алмазов, обеспечивающие химическую связь покрытия с алмазными зёрнами за счёт формирования карбидной прослойки	Практические занятия, коллоквиумы, тестирование, экзамен

ния машиностроительных производств	активных металлических покрытий на износостойкость алмазов в инструментах и на основе их анализа оптимизировать величину энергии конденсации распылённых частиц металла на поверхность алмаза	ки. Достоинства и недостатки. Выполнение и защита практических занятий.	
	<b>B2</b> способностью к профессиональному управлению вакуумной установкой с триодной системой распыления металлов, обеспечивающей замещение вакансий на дефектных участках поверхности алмаза атомами основного компонента покрытия	Обеспечение условия совмещения ионной очистки алмазов с осаждением покрытия. Управление параметрами процесса нанесения покрытия: соотношение величин энергии бомбардировки алмазов ионами рабочего газа и энергии конденсации распылённых частиц металла; остаточное давление $P_{\text{раб.}}$ в камере; интенсивность перемешивания алмазов. Выполнение и защита лабораторных и практических работ.	Лабораторные и практические занятия, коллоквиумы, экзамен

## 6.2 Шкала оценивания планируемых результатов обучения

### 6.2.1 Текущий и рубежный контроль

В рамках текущего и рубежного контроля по дисциплине студент может набрать до 70 баллов. Распределение баллов приведено в таблице.

Семестр	Шкала оценивания			
	0-35 баллов	36-50 баллов	51-60 баллов	61-70 баллов
2	Частичное посещение аудиторных занятий. Неудовлетворительное выполнение лабораторных и практических работ. Плохая подготовка к балльно-рейтинговым мероприятиям. Студент не допускается к промежуточной аттестации	Полное или частичное посещение аудиторных занятий. Частичное выполнение и защита лабораторных и практических работ. Удовлетворительные показатели по коллоквиумам и тестированиям.	Полное или частичное посещение аудиторных занятий. Полное выполнение и защита лабораторных и практических работ. Хорошие показатели по коллоквиумам и тестированиям.	Полное или частичное посещение аудиторных занятий. Полное выполнение и защита лабораторных и практических работ. Высокие показатели по коллоквиумам и тестированиям.



Оценка результатов освоения учебной дисциплины проводится по шкале, используемой на экзамене:

Семестр	Шкала оценивания			
	Неудовлетворительно (36-60 баллов)	Удовлетворительно (61-80 баллов)	Хорошо (81-90 баллов)	Отлично (91-100 баллов)
2	Студент имеет 36-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене не дал полного ответа ни на один вопрос. Студент имеет 36-45 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ только на один вопрос	Студент имеет 36-50 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй. Студент имеет 46-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос или частично ответил на оба вопроса. Студент имеет по итогам текущего и рубежного контроля 61-70 баллов на экзамене не дал полного ответа ни на один вопрос.	Студент имеет 51-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй. Студент имеет 61 – 65 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично ответил на второй. Студент имеет 66-70 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене) дал полный ответ только на один вопрос.	Студент имеет 61-70 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй.

## **7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1 Основная литература**

1. Алмазы и сверхтвердые материалы. Поляков В.П., Ножкина А.В., Чириков Н.В.: Учебное пособие для вузов. – М.: Металлургия, 1990. – 327 с.
2. Инструменты из сверхтвердых материалов/Под. ред. Н.В. Новикова. – М.: Машиностроение, 2005. - 555 с.
3. Сверхтвердые материалы. Процессы получения и свойства сверхтвердых материалов [Электронный ресурс]: практикум/ Н.И. Полушин [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М.: Издательский Дом МИСиС, 2014. — 54 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56578.html>.— ЭБС «IPRbooks».
4. Полушин Н.И. Сверхтвердые материалы. Определение свойств сверхтвердых материалов [Электронный ресурс]: практикум/ Полушин Н.И., Ермолаев А.А., Лаптев А.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский Дом МИСиС, 2014.— 51 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56577.html>.— ЭБС «IPRbooks».с.

### **7.2.Дополнительная литература**

1. Износостойкость композиционных алмазосодержащих материалов для бурового инструмента / Цыпин Н. В. – Киев: Наук. думка, 1983. – 192с.
2. Прочность алмазометаллического контакта и пайка алмазов / Найдич Ю.В., Уманский В.П., Лавриненко И.А.; отв. ред. Гнесин Г.Г.; АН УССР. Институт проблем материаловедения. – Киев: Наук. думка, 1988. – 136 с.
3. Пайка и металлизация сверхтвердых инструментальных материалов. Найдич Ю.В., Колесниченко Г.А.,Лавриненко И.А., Моцак Я.Ф. Киев: Наук. думка, 1977. – 188 с.
4. Судник Л.В., Витязь П.А., Ильющенко А.Ф. Алмазосодержащие абразивные нанокompозиты. Белорусская наука, 2012. -312 с.
5. Алмазные поликристаллические материалы. Механизм и кинематика синтеза поликристаллического алмаза: Учебное пособие/ Лаптев А.И., Ермолаев А.Д. МИСиС, 2008. – 65с.
6. Металлизация алмазов для буровых коронок / С.А. Ашинов, З.Ж. Беров, Н.И. Корнилов, А.И. Осецкий и др./М.: ВИЭМС, 1989-27 с.
7. Синтетические сверхтвердые материалы: В 3-х т. Т. 1. Синтез сверхтвердыхматериалов / Редкол: Новиков Л. В. (отв. ред.) и др. – Киев: Наукова думка, 1986.– 280 с.
8. Синтетические сверхтвердые материалы: В 3-х т. Т. 2. Композиционные инструментальные сверхтвердые материалы / Редкол. Новиков Н В(отв. ред.) и др.— Киев; Наук, думка, 1986. – 264 с.
9. Синтетические сверхтвердые материалы: В 3-х т. Т. 3. Применение синтетических сверхтвердых материалов. / Редкол: Н.В. Новиков (отв. ред.) и др.– Киев: Наук, думка, 1986. – 280 с.
10. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них. Учеб. пособие для вузов / Панов В.С., ЧувилинаА.М. -М.: «МИСИС», 2001. 428 с.

### **7.3 Периодические издания**

1. СТИН
2. Порошковая металлургия
3. Сверхтвердые материалы

#### **7.4. Методические указания к лабораторным занятиям**

Методические указания к лабораторным работам, электронные учебные пособия расположены на DVD диске «Лекции и методические материалы по дисциплине» с примерами выполнения лабораторных работ.

#### **7.5 Методические указания к практическим занятиям**

Методические указания к занятиям, электронные учебные пособия расположены на DVD диске «Лекции и методические материалы по дисциплине с банком заданий и методическими указаниями выполнения практических работ.

#### **7.6 Интернет-ресурсы**

1. <https://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - научная электронная библиотека РФФИ.
2. <https://elibrary.ru/> - баз данных Science Index (РИНЦ).
3. <https://www.studentlibrary.ru/> - ЭБС «Консультант студента».
4. <https://rusneb.ru/> - национальная электронная библиотека РГБ.
5. <https://e.lanbook.com/> - ЭБС «Лань».
6. <https://iprbooks.ru/> - ЭБС «IPRbooks».
7. <https://urait.ru/> - ЭБС «Юрайт».

#### **7.7 Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий**

При проведении занятий используются лицензионное программное обеспечение:

- Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат. Вуз 4.0», Модуль поиска текстовых заимствований «Объединенная коллекция 2020»
- Система оптического распознавания текста SETERE OCR для РЭД ОС
- Редактор изображений AliveColorsBusiness
- Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition
- Пакет офисного программного обеспечения Р7-Офис.Профессиональный (Десктопная версия)
- Acrobat Pro DC for teams ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscription Renewal Acrobat Pro DC for teams ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscription Renewal
- Программный пакет внутриорганизационного интранет-портала DeskWork Enterprise
- Программа архиватор 7-zip,
- Web Browser – Firefox.
- Пакет для обработки статистических данных R (programminglanguage).
- GNU Octave (GUI).
- КОМПАС 3D

## 8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Макеты алмазных инструментов

- 8.1.1 Правящие алмазные карандаши;
- 8.1.2 Правящие алмазные ролики;
- 8.1.3 Буровые коронки;
- 8.1.4 Алмазные шлифовальные куги на органической связке
- 8.1.5 Алмазные отрезные круги.
- 8.1.6 Алмазные резцы
- 8.1.7 Набор сит
- 8.1.8 Спекы СВП–К
- 8.1.9 Дробленые природные алмазы
- 8.1.10 Овазированные природные алмазы
- 8.1.11 Порошки поликристаллических синтетических алмазов
- 8.1.12 Аналитические весы

### 8.2. Материально техническое обеспечение лабораторных работ

№ лаб. работ	Материальное обеспечение
1	1. Спекы СВП –К 2. Ступка для дробления спеков 3. Набор сит
2	Набор алмазных правящих карандашей. Алмазы в оправках. Макет правящего алмазного ролика фасонного профиля.
3	Макеты буровых коронок и расширителей. Буровые коронки, прошедшие промышленные испытания в геологических районах.
4	Алмазные правящие карандаши. Алмазы в оправках. Макет правящего алмазного ролика фасонного профиля. Пакет технологической документации по изготовлению алмазных правящих инструментов. Корпуса правящих карандашей. Пресс-форма для прессования алмазоносной части правящего карандаша. 5. Пресс-гидравлический. Металлическая шихта М50
5	1. Пресс-форма для прессования сегментов буровых коронок. Корпуса коронок. 5. Пресс-гидравлический. Металлическая шихта М50. Пакет технологической документации по изготовлению буровых коронок.
6	Макеты алмазных резцов.
7	Алмазные шлифовальные куги на органической связке
8	Пакет технологической документации по изготовлению алмазных шлифовальных кругов на органической связке
9	Лабораторная установка для ионно-плазменной металлизации алмазных порошков «Кабуним» с триодной системой распыления материала покрытия
10	Плакаты установки для ионно-плазменной металлизации алмазных микропорошков с диодной системой распыления материала покрытия

### Требования к условиям реализации дисциплины

№	Вид аудиторного	Требования
---	-----------------	------------

п/п	фонда	
1	Лекционная аудитория	Оснащение специализированной учебной мебелью. Оснащение техническими средствами обучения: настенный экран с дистанционным управлением, мультимедийное оборудование.
2	Кабинет для лабораторных и практических занятий	Оснащение специализированной учебной мебелью. Оснащение техническими средствами обучения: подвижная маркерная доска, считывающее устройство для передачи информации в компьютер; настенный экран с дистанционным управлением, мультимедийное оборудование.

#### Перечень материально-технического обеспечения дисциплины

№	Вид и наименование оборудования	Вид занятий	Краткая характеристика
1	Лекционная аудитория	Лабораторные и практические занятия.	WindowsXPProfessional. № V 2123829 02.02.2016-28.02.2019. АнтивирусDrWeb- лицензия № 112966525 AUTODESK.ACCOUNT бессрочный бесплатный допуск. Продукты AUTODESK. Свободнораспространяемые: 7-Zip; MozillaFirefox; Opera; GoogleChrome; Thunderbird; AdobeAcrobatReader
2	Кабинет для лабораторных и практических занятий	Лекционные, лабораторные и практические занятия.	Демонстрация с ПК электронных презентаций, документов Word, электронных таблиц, графических изображений, фильмов

## **9 ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Лицам с ОВЗ необходимо обеспечить специальные условия для получения высшего образования по программам обучения в соответствии с ФГОС ВПО и ООП ВПО по данному направлению подготовки бакалавров. Для оказания образовательных услуг студентам с ОВЗ требуется наличие в ВУЗе следующих организационных, информационных и технических средств:

1. альтернативная версия официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;
2. обеспечение условий для присутствия сопровождающего ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
3. использование световой сигнализации дублирующую звуковую (например, тревожный сигнал противопожарной системы) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху;
4. обеспечение средствами аудио воспроизведения визуальной информации лекционных материалов, расписаний и других объявлений, относящихся к организации учебного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению;
5. наличие организационных и технических средств, обеспечивающих возможность доступа обучающихся в учебные помещения и в другие помещения университета, связанные с оказанием образовательных услуг, а также доступа к местам питания, гигиены и их комфортного пребывания в указанных местах для студентов с ОВЗ, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата. (расширенные дверные проемы, дополнительные поручни, пандусы, кнопки вызова обслуживающего персонала вспомогательных механизированных средств и приспособлений для перемещения между этажами здания образовательного учреждения и т.п.).

**ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ (ДОПОЛНЕНИЙ)**

в рабочую программу по дисциплине «Инструменты из сверхтвердых материалов» по направлению подготовки 15.04.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств. Профиль подготовки – Технология цифрового производства на \_\_\_\_\_ учебный год.

№п/п	Элемент (пункт) РПД	Перечень вносимых изменений (дополнений)	Примечание

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры «Технология и оборудование автоматизированного производства»

протокол № \_\_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_/М.М. Яхутлов/