

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 03 » марта 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Инструментарий и современные методы исследования структуры  
материалов  
\_\_\_\_\_ (наименование)

**Форма обучения:** \_\_\_\_\_ очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** \_\_\_\_\_ магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов  
\_\_\_\_\_ (код и наименование направления)

**Направленность:** Материаловедение высокотемпературных материалов  
газотурбинных двигателей  
\_\_\_\_\_ (наименование образовательной программы)

# 1. Общие положения

## 1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование комплекса знаний, умений и навыков в области физических и химических основ, принципов и методик исследований авиационных.

Задачи учебной дисциплины:

1) формирование знаний

- теоретических основ и принципов, положенных в основу зондовых технологий, оптических, спектрометрических методов анализа, обработки оцифрованных изображений, визуализации образов;

- основных характеристик приборов и оборудования для исследования авиационных материалов, возможностей применения для решения определенных задач;

2) формирование умений

- выбирать приборы для исследования структуры и свойств материалов;

- использовать различные методы исследования материалов;

3) формирование навыков

- работы с зондовыми микроскопами, оптическими микроскопами, анализаторами размеров частиц, спектрометрами, программными средствами обработки изображений, визуализации образов;

- проведения исследования свойств авиационных материалов и интерпретации результатов.

## 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Современные тенденции развития анализа структура материалов. Моделирование и визуализация кристаллических структур с помощью программных средств. Микроскопические методы исследований: оптическая и электронная микроскопия, обработка оцифрованных изображений. Методы в рентгеноструктурном анализе материалов и покрытий: полнопрофильный анализ дифракционных данных, теоретический расчет рентгенограмм с использованием ПО, особенности в анализе наномасштабных объектов.

## 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.6	ИД-1ПК-1.6	Знает характеристики лабораторного и исследовательского оборудования, используемого в анализе структуры авиационных материалов, принципы его работы и правила эксплуатации	Знает характеристики лабораторного оборудования, принципы его работы и правила эксплуатации; современные методы проведения лабораторного контроля наноструктурированных композиционных материалов	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.6	ИД-2ПК-1.6	Умеет проводить пробоподготовку и исследование по заданным методикам, обрабатывать и анализировать результаты; составлять описания проводимых исследований, оформлять отчет по результатам исследований	Умеет проводить эксперимент по заданным методикам, обрабатывать и анализировать результаты; производить технические измерения, составлять описания проводимых исследований, готовить данные для составления обзоров	Индивидуальное задание
ПК-1.6	ИД-3ПК-1.6	Владеет навыками разработки плана исследований в соответствие с целью и задачами; контроля правильности выполнения лабораторного исследования структуры авиационных материалов	Владеет навыками разработки графика проведения лабораторного контроля качества наноструктурированных композиционных материалов; контроля правильности выполнения лабораторного контроля качества наноструктурированных композиционных материалов	Индивидуальное задание

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		3
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	36	36
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:		
- лекции (Л)	16	16
- лабораторные работы (ЛР)	16	16
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)		
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4
- контрольная работа		
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72
2. Промежуточная аттестация		
Экзамен	36	36
Дифференцированный зачет		
Зачет		
Курсовой проект (КП)		
Курсовая работа (КР)		
Общая трудоемкость дисциплины	144	144

#### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
3-й семестр				
Инструментальные методы анализа материалов.	8	8	0	36
Современные тенденции развития анализа структура материалов на различных масштабных уровнях. Классификация физических, физико-химических методов анализа и их сравнительная характеристика. Рентгеноструктурный анализ несовершенств кристаллической структуры. Метод Ритвельда. Источники рентгеновского излучения высокой плотности, поликапиллярная оптика Кумахова. Малоугловое рассеяние нейтронов и рентгеновских лучей в материалах. Высокотемпературная рентгенография. Атомная и молекулярная спектроскопия. Спектроскопия комбинационного рассеяния. Дериватографический анализ.				
Анализ структуры на различных масштабных уровнях, диагностика поверхностей и микромеханических характеристик материалов	8	8	0	36
Оптическая, электронная и зондовая микроскопия материалов, скретч-тестирование. Анализ размера частиц. Особенности пробоподготовки для анализа. Программные средства обработки оцифрованных изображений.				
ИТОГО по 3-му семестру	16	16	0	72
ИТОГО по дисциплине	16	16	0	72

#### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Теоретический расчет дифрактограммы
2	Моделирование методом Монте-Карло взаимодействия электронного луча с веществом
3	Термомеханический анализ: интерпретация результатов.
4	Принцип работы сканирующего электронного микроскопа. Интерпретация СЭМ-изображений.
5	Компьютерный анализ структуры материалов

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Брандон Д., Каплан У. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля : учебное пособие пер. с англ. М. : Техносфера, 2006. 377 с.	4

2	Горелик С. С., Скаков Ю. А., Расторгуев Л. Н. Рентгенографический и электронно-оптический анализ : учебное пособие для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. Москва : Изд-во МИСиС, 2002. 358 с.	25
3	Миронов В. Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии : учебное пособие для вузов. Москва : Техносфера, 2004. 143 с.	4
4	Физические методы исследования неорганических веществ : учебное пособие для вузов / Баличева Т. Г., Белорукова Л. П., Звинчук Р. А., Кондратьев Ю. В. М. : Academia, 2006. 443 с.	13
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Кларк Э. Р., Эберхардт К. Н. Микроскопические методы исследования материалов : пер. с англ. Москва : Техносфера, 2007. 371 с.	3
2	Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия : учебник / Уманский Я. С., Скаков Ю. А., Иванов А. Н., Расторгуев Л. Н. Москва : Metallurgia, 1982. 632 с.	43
3	Материаловедение и технологии современных и перспективных материалов : конспект лекций учебное пособие для вузов / Оглезнева С. А., Сметкин А. А., Муратов К. Р., Абляз Т. Р. Пермь : ПНИПУ, 2013. 171 с. 13,78 усл. печ. л.	5
4	Пупышев А. А. Атомно-абсорбционный спектральный анализ. Москва : Техносфера, 2009. 782 с.	4
5	Синдо Д., Оикава Т. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия : пер. с англ. М. : Техносфера, 2006. 253 с.	4
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Заводская лаборатория. Диагностика материалов : научно-технический журнал по аналитической химии, физическим, математическим и механическим методам исследования, а также сертификации материалов. Москва : Тест-ЗЛ, 1932 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Беккер Ю. Спектроскопия : монография пер. с нем. Москва : Техносфера, 2017. 527 с. 33,5 усл. печ. л.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks267954">https://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks267954</a>	локальная сеть; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Иванов А. С. Рентгенография металлов : учебное пособие / А. С. Иванов. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3626">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3626</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение : пер. с англ. / Под ред. У. Жу, Ж. Л. Уанга. - Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2013.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks167130">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks167130</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Эгертон Р. Ф. Физические принципы электронной микроскопии. Введение в просвечивающую, растровую и аналитическую электронную микроскопию : монография пер. с англ. Москва : Техносфера, 2010. 300 с. 19 усл. печ. л.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks154325">https://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks154325</a>	локальная сеть; авторизованный доступ

### 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

## **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Макет рентгеновского дифрактометра ДРОН-0,5	1
Лабораторная работа	Микротвердомер ПМТ-3	1
Лабораторная работа	Оптический микроскоп Axiovert 40MAT	1
Лабораторная работа	Оптический микроскоп МИМ-7	1
Лабораторная работа	Учебный лабораторный комплекс «Фемтоскан» (компьютерный класс)	1
Лекция	Медиапроектор, ноутбук	1

## **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**  
Передовая инженерная школа  
«Высшая школа авиационного двигателестроения»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине  
**«ИНСТРУМЕНТАРИЙ И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ  
СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

**Направленность (профиль)  
образовательной программы:** Материаловедение высокотемпературных  
материалов газотурбинных двигателей

**Квалификация выпускника:** «Магистр»

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 2

**Семестр:** 3

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 144 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен: 3 семестр

Пермь, 2022

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### **1.Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (3 семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, лабораторные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по практическим и лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Промежуточный	
	ОП	ЛР	ОПР	Т/КР		Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>						
характеристики лабораторного и исследовательского оборудования, используемого в анализе структуры авиационных материалов, принципы его работы и правила эксплуатации	+	+		+		ТВ
<b>Освоенные умения</b>						
проводить пробоподготовку и исследование по заданным методикам, обрабатывать и анализировать результаты; составлять описания проводимых исследований, оформлять отчет по результатам исследований		+	+			КЗ
<b>Приобретенные владения</b>						
навыками разработки плана исследований в соответствие с целью и задачами; контроля правильности выполнения лабораторного исследования структуры авиационных материалов		+	+			КЗ

*ОП – опрос, для анализа усвоения материала предыдущей лекции; КР – контрольная работа по теме; ПЗ – практическое занятие; ОПР – отчет по практической работе; ЛР – лабораторная работа; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); Кр – курсовая работа; ТВ –*

Итоговой оценкой достижения является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучающегося и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль в форме текущей контрольной работы, тестирования, опроса по тематике, изучаемой самостоятельно. Результаты по 4-х балльной шкале оценивания учитываются при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится по каждому учебному модулю в следующих формах:

- защита лабораторных работ (модули 1, 2);
- контрольные работы (тестирование) (модули 1, 2).

### 2.2.1. Защита практических и лабораторных работ

Всего запланировано 6 практических и 4 лабораторных работ. Типовые темы практических и лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Результаты защиты лабораторных работ по 4-балльной шкале оценивания учитываются при проведении промежуточной аттестации. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### 2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы (тестирование) (Т/КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая Т/КР по модулю 1 «Инструментальные методы анализа материалов», вторая Т/КР – по модулю 2 «Анализ структуры на различных масштабных уровнях, диагностика поверхностей и микромеханических характеристик материалов».

#### Типовые вопросы задания первой Т/КР:

1) *Характеристическое рентгеновское излучение обусловлено переходами электронов*

А: между внутренними и внешними оболочками атома

Б: между внешними оболочками атома

В: между внутренними оболочками атома

2) *Закон Вульфа-Брэгга соответствует формуле*

А:  $2d n = \lambda \cdot \sin \theta$

Б:  $\lambda = 2d \cdot n \cdot \sin \theta$

В:  $n\lambda = 2d \cdot \sin \theta$

3) *В ультрафиолетовой спектроскопии на поверхность падает ультрафиолетовое излучение и исследуются*

А: эмитированные фотоэлектроны

Б: вторичные электроны

В: отраженные электроны

4) *Закон Бугера–Ламберта–Бэра отражает*

А: снижение интенсивности вторичного излучения по глубине образца  $I = I_0(x)$

Б: увеличение интенсивности вторичного излучения по глубине образца

$I = I_0 \exp(-\mu l x)$

В: снижение интенсивности первичного излучения по глубине образца

$I = I_0 \exp(-\mu l x)$

5) *Рентгеновская флуоресценция — это*

А: механизм освобождения атома от избыточной энергии, полученной при ионизации, путем испускания рентгеновского фотона

Б: механизм перемещения атома, сопровождающийся испусканием рентгеновского фотона

В: механизм поглощения атомом избыточной энергии, полученной при ионизации

б) *Рентгенофлуоресцентные спектрометры подразделяются на два вида:*

А: энергодисперсионные и с волновой дисперсией

Б: газоразрядные пропорциональные и сцинтилляционные

В: газоразрядные и полупроводниковые.

7) *Содержание элемента в рентгеноспектральном анализе рассчитывается*

А: из отношения положений спектральных линий на образце и стандарте с известной концентрацией определяемого элемента в последнем

Б: из отношения ширины спектральных линий на образце и стандарте с известной концентрацией определяемого элемента в последнем

В: из отношения интенсивностей на образце и стандарте с известной концентрацией определяемого элемента в последнем

### **Типовые задания второго рубежного тестирования Т/КР:**

1) *Перечислите в какой последовательности пучок проходит через объективную линзу, конденсорную линзу, диафрагму, усилитель фотоумножителя.*

А: объективная линза;

Б: конденсорные линзы;

В: диафрагма;

Г: усилитель фотоумножителя

2) *Какие электроны чаще используются во фрактографических исследованиях?*

А: первичные;

Б: вторичные;

В: отраженные;

Г: эмитированные

3) *Какая линза просвечивающего электронного микроскопа формирует конечное изображение объекта?*

А: объективная;

Б: промежуточная линза;

В: конденсорная линза;

Г: проекционная линза.

4) *Чем регулируется изменение фокусного расстояния в просвечивающем электронном микроскопе?*

А: изменением тока в магнитных катушках;

Б: напряжением на катоде;

В: величиной магнитного поля;

Г: положением линз.

5) *Чему соответствует дифракционная картина в виде концентрических колец?*

А: монокристалл;

Б: поликристалл;

В: аморфный кристалл;

Г: проводник.

6) *На чем основан бесконтактный режим работы сканирующего зондового микроскопа?*

А: сила Ньютона;

Б: закон Вульфа-Брэгга;

В: закон Лоуренса;

Г: использование сил Ван-дер-Ваальса.

7) Что представляет собой кантилевер атомно-силового микроскопа?

А: тонкую пластину;

Б: проволоку;

В: конус;

Г: цилиндр.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, для и комплексные задания (КЗ) для проверки усвоенных умений и контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и комплексные задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

##### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

- 1) Классификация физических, физико-химических методов анализа и их сравнительная характеристика.
- 2) Рентгеноструктурный анализ несовершенств кристаллической структуры.
- 3) Метод Ритвельда: общие положения.
- 4) Источники рентгеновского излучения высокой плотности, поликапиллярная оптика Кумахова.
- 5) Малоугловое рассеяние нейтронов и рентгеновских лучей в материалах.
- 6) Высокотемпературная рентгенография: общие положения.
- 7) Взаимодействие между светом и материей. Внешние (неквантованные) и внутренние (квантованные) эффекты
- 8) Атомная и молекулярная спектроскопия: общие сведения.
- 9) Абсорбционная и эмиссионная спектроскопия: общие сведения.
- 10) Условия возбуждения в атомной и молекулярной спектроскопии.
- 11) Измерительные системы спектроскопии: место и интенсивность поглощения.
- 12) Спектроскопия в УФ- и видимой областях спектра: суть метода и принцип измерения.
- 13) Источники света в УФ- спектроскопии и спектроскопии в видимых областях спектра.
- 14) ИК-спектроскопия: суть метода и принцип измерения.
- 15) Спектроскопия комбинационного рассеяния: суть метода и принцип измерения.

- 16) Продукты взаимодействия первичного электронного луча с веществом в сканирующей электронной микроскопии. Оценка глубины проникновения электронов.
- 17) Методы термического анализа, общие сведения, цели и задачи термического анализа.
- 18) Теплофизические характеристики веществ (теплоемкость, тепло- и температуропроводность, закон теплопроводности).
- 19) Методы измерения температуры.
- 20) Тепловые эффекты превращений. Простой термический анализ.
- 21) Термогравиметрический анализ и дифференциальный термический анализ.
- 22) Классификация методов анализа размера частиц.
- 23) Седиментационные методы в анализе размера частиц: суть и принципы измерения.
- 24) Сканирующая зондовая микроскопия: суть метода и принцип измерения.

**Типовые комплексные задания для контроля освоенных умений и контроля приобретенных владений** представлены в приложении 1. *Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей

части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.



**Типовые комплексные задания для контроля освоенных умений и контроля приобретенных владений**

**Задание 1**

1. Проведите анализ

дериwатограммы

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

Начальная масса

образца:  $m_{\text{нач}} = 258,0$

мг, конечная масса:

$m_{\text{кон}} = 72,2$  мг.

Скорость нагрева 10

градусов в минуту.

Выделите и опишите

основные процессы,

протекающие при

нагреве вещества.

Определите

температуры начала и

окончания ярко

выраженных

превращений.

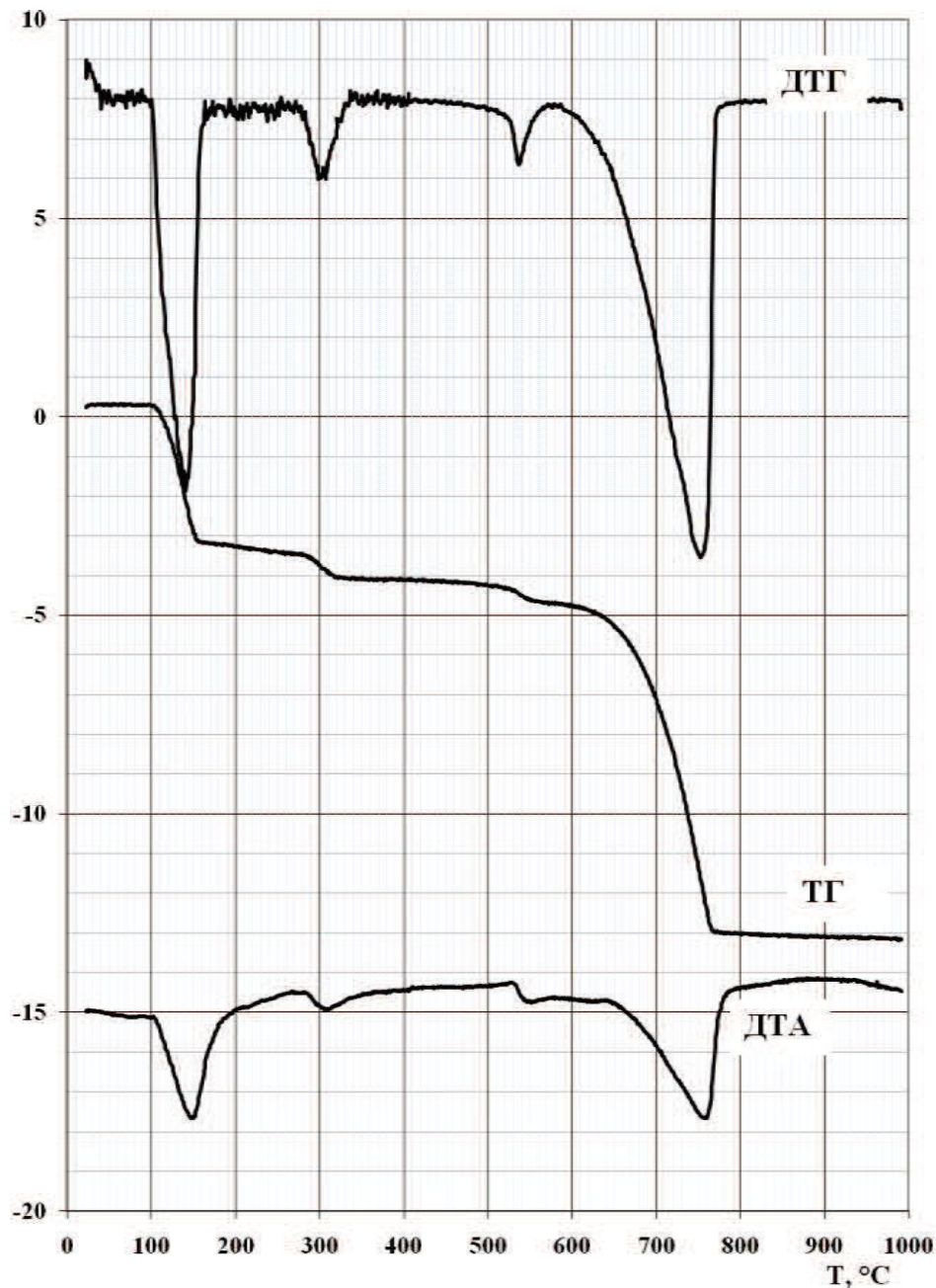


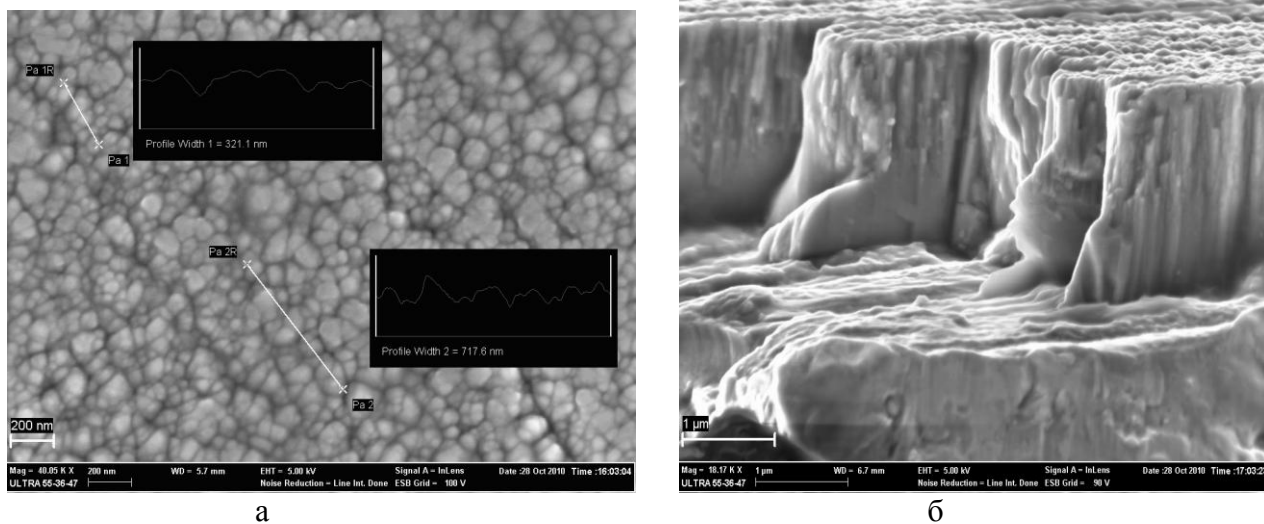
Рисунок – Дериwатограмма  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

## Задание 2.

Дайте описание структуры магнетронного покрытия (Ti,Al)N на стали 20Х3МВФ-Ш по СЭМ-изображениям излома образца и картам распределения основных элементов покрытия.

При каких условиях выполнена съемка образцов?

Какую пробоподготовку образцов с покрытиями следует выполнить для исследования на сканирующем электронном микроскопе, совмещенном EDX-спектрометром?



а б  
Рисунок 1 – СЭМ-изображения покрытия: сверху (а) и излом (б)

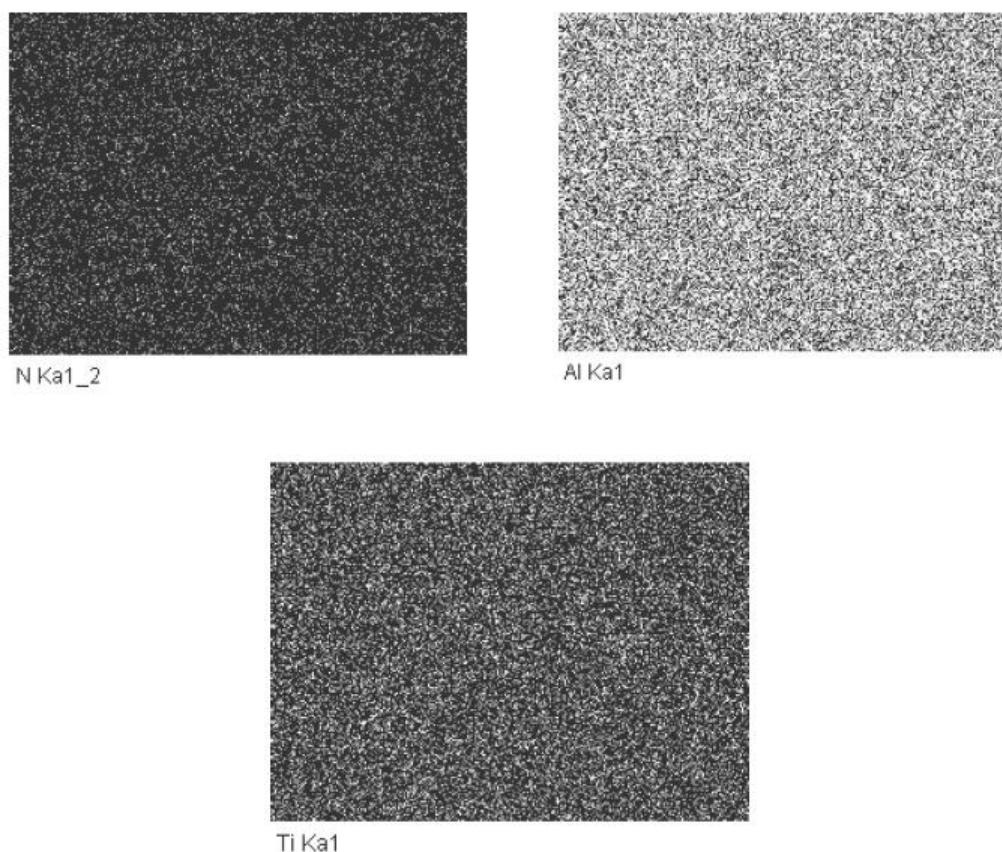


Рисунок 2 – Карты распределения основных элементов в покрытии (Ti,Al)N

### Задание 3

Дайте интерпретацию результатов ситового анализа механоактивированного в высокоэнергетической мельнице порошка алюминид титана.

Какова последовательность выполнения ситового анализа порошковых материалов? Каковы недостатки ситового анализа?

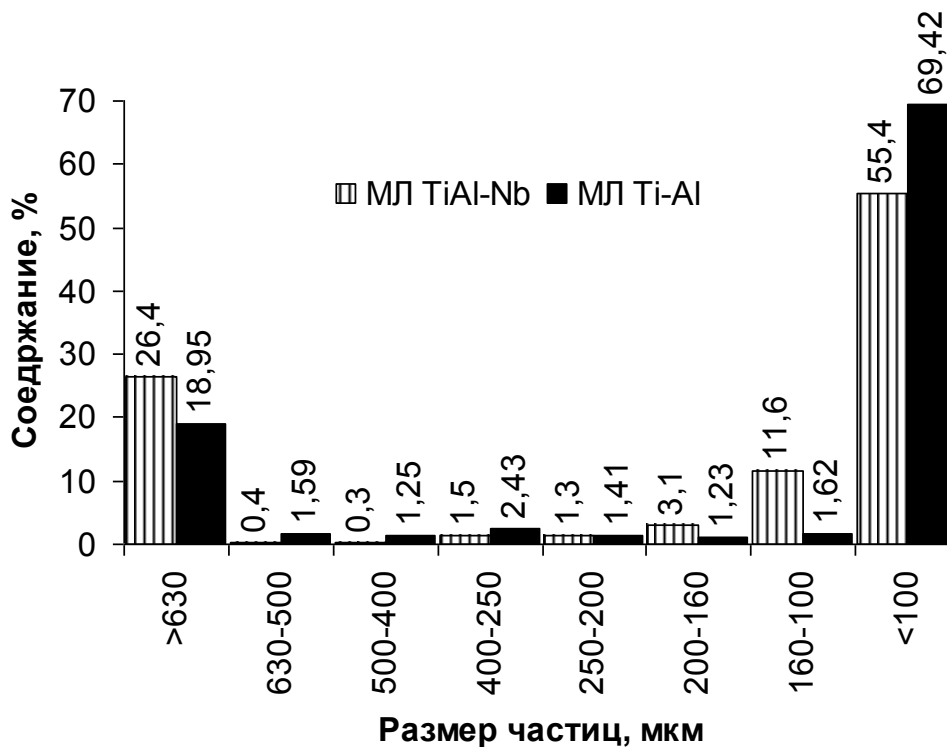


Рисунок – Распределение частиц по размерам механически легированных порошков Ti-50Al и Ti-14Al-20Nb

### Задание 4.

Дайте описание структуры излома спеченного  $ZrO_2$ , стабилизированного  $Y_2O_3$ .

При каких управляющих параметрах выполнена съемка образца?

Какую пробоподготовку керамических образцов следует выполнить для исследования на сканирующем электронном микроскопе?

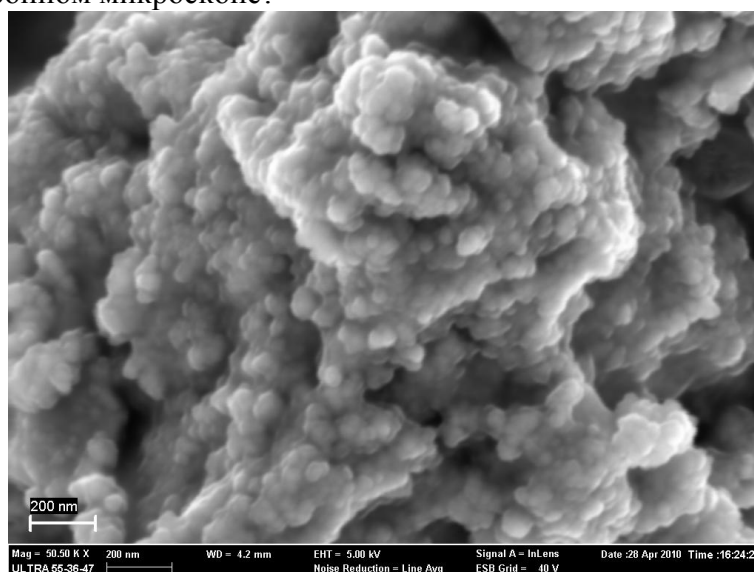
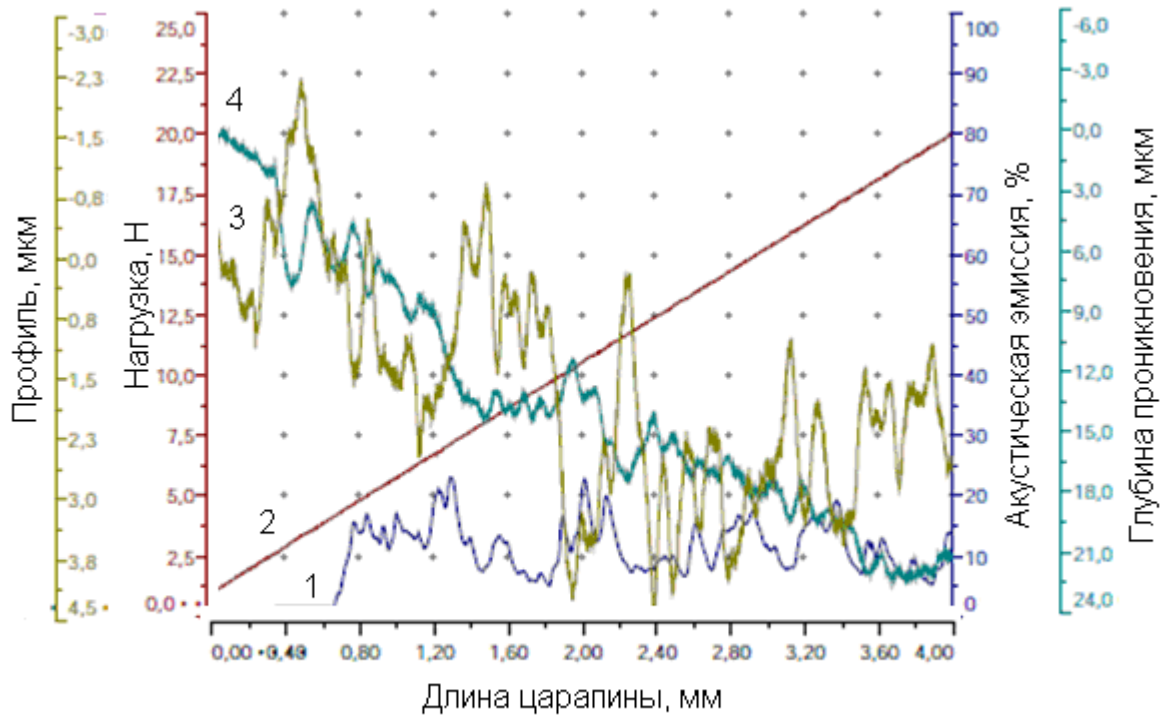


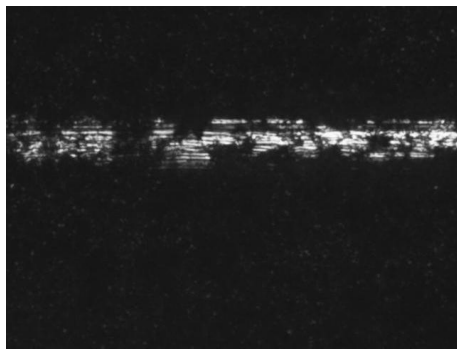
Рисунок – СЭМ-изображение излома керамического образца YSZ

### Задание 5

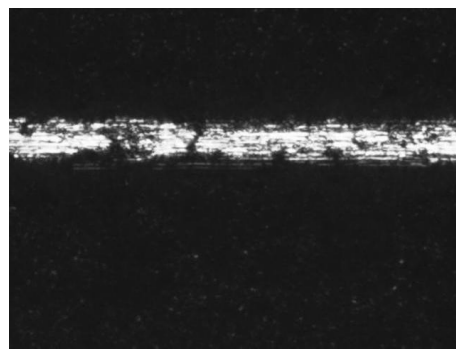
Определить вид испытаний образца из титанового сплава ВТ-1 с осажденными углеродными наноструктурами.



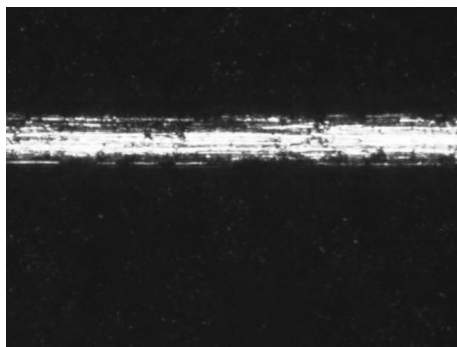
1 – значения акустической эмиссии, 2 – величина нормальной нагрузки, 3 – профиль, 4 – глубина проникновения индентора.



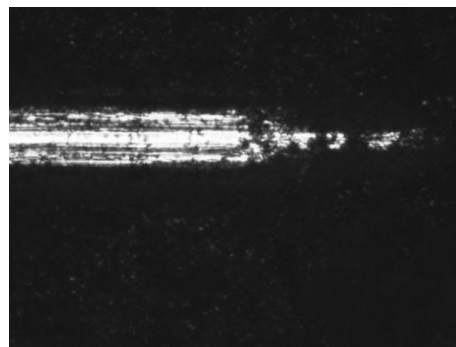
а



б



в



г

Оптические изображения фрагментов царапины на образце при нагрузках: а – 0.93 Н, б – 7.4 Н, в – 10.63 Н, г – 17.92 Н

### Задание 6.

Дайте описание структуры по СЭМ-изображению и EDX-анализу излома образца тернарного соединения  $Ti_3SiC_2$ , полученного методом горячего прессования при 1200 °С и давлении 15 МПа.

Какую пробоподготовку образца следует выполнить для исследования на сканирующем электронном микроскопе, совмещенном EDX-спектрометром?

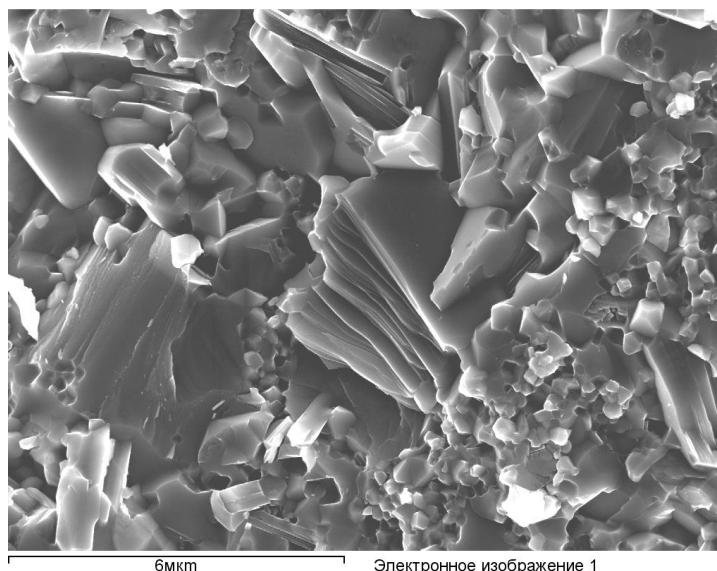


Рисунок – СЭМ-изображение излома образца  $Ti_3SiC_2$

Таблица – Элементный состав образца  $Ti_3SiC_2$ , по результатам EDX-анализа

Спектр	В стат.	C	Si	Ti	Fe	Итог
Спектр 1	Да	16.00	12.64	71.36		100.00
Спектр 2	Да	17.97	15.14	66.89		100.00
Спектр 3	Да		45.06	54.94		100.00
Спектр 4	Да	18.62	12.87	68.51		100.00
Спектр 5	Да	7.41	20.62	56.20	15.77	100.00
Спектр 6	Да	16.32	14.69	69.00		100.00
Спектр 7	Да	6.85	30.41	62.73		100.00
Спектр 8	Да	12.56	15.17	72.27		100.00
Суммарный спектр	Да	14.03	17.13	64.41	4.43	100.00
Макс.		18.62	45.06	72.27	15.77	
Мин.		6.85	12.64	54.94	4.43	

### Задание 7.

Определить управляющие параметры и условия пробоподготовки для анализа размера частиц методом сканирующей фотоседиментации порошка кремния в диапазоне 7-90 мкм.

### Задание 8

Дать интерпретацию результатов измерения размеров частиц, полученных методом лазерной дифракции механоактивированного в высокоэнергетической мельнице порошка алюминия.

Какие существуют способы диспергирования порошков в пробоподготовке для анализа методом лазерной дифракции?

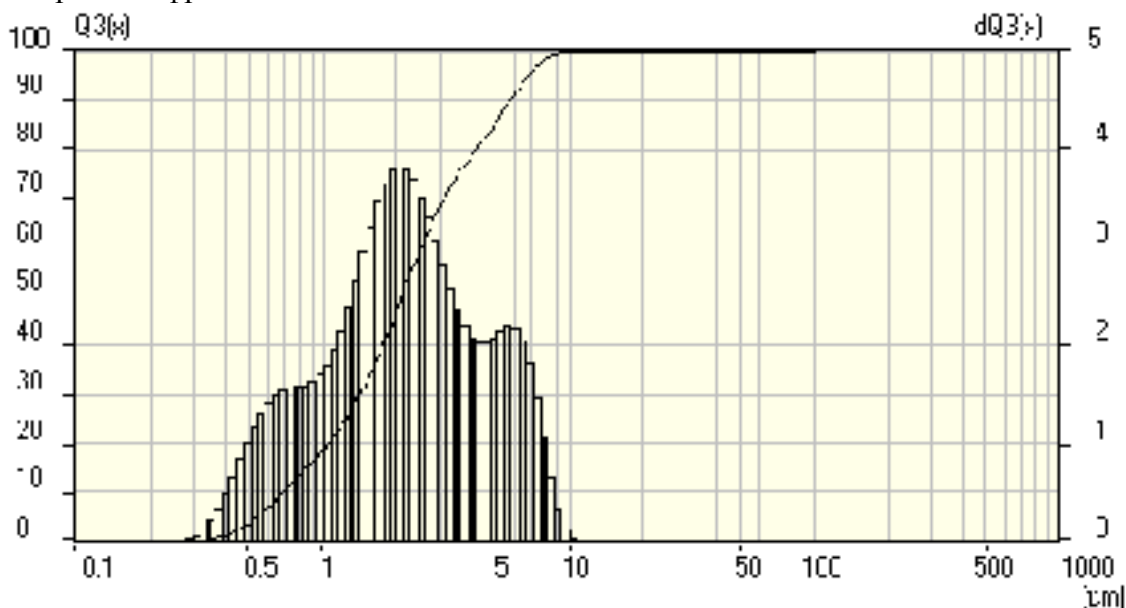
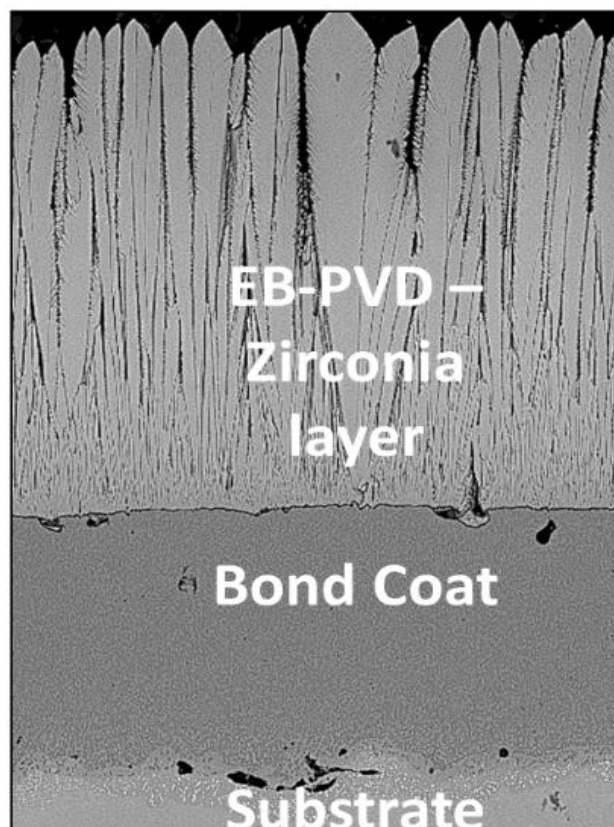


Рисунок – Распределение частиц по размерам порошка алюминия после механоактивации

### Задание 9.

Охарактеризуйте структуру теплозащитного покрытия лопатки ГТД, полученного методом электроннолучевого осаждения. Изображение поперечного сечения ТЗП получено с помощью сканирующего электронного микроскопа во вторичных электронах.

Какие управляющие параметры следует учитывать при выполнении съемки ТЗП с помощью СЭМ?



### Задание 10.

Дайте интерпретацию результатам анализа структуры образца на основе композиции Ti-Si-C, полученных с помощью сканирующего электронного микроскопа, совмещенного с EDX-анализом.

Каким образом следует подготовить образец для СЭМ и EDX-исследований? Какие управляющие параметры сканирующего электронного микроскопа задаются при выполнении съемки?

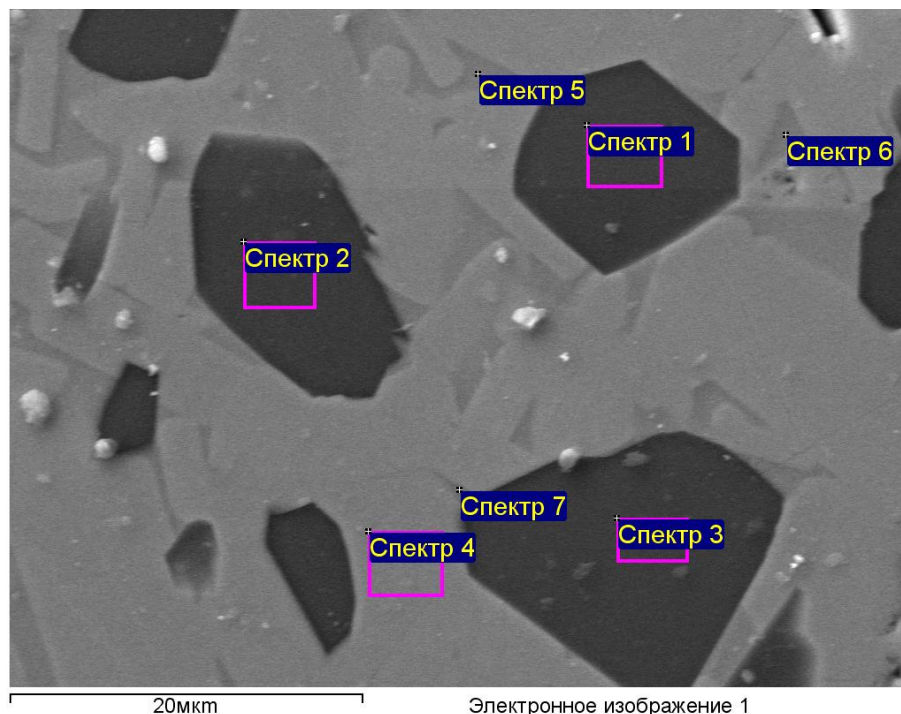


Рисунок – СЭМ-изображение образца Ti-Si-C, полученного искровым плазменным спеканием. Шлиф, нетравлено.

Таблица – Локальный элементный состав образца T-Si-C по данным энергодисперсионной спектроскопии.

Спектр	В стат.	C	Si	Ti	Итог
Спектр 1	Да	30.30	69.70		100.00
Спектр 2	Да	30.23	69.77		100.00
Спектр 3	Да	30.78	69.22		100.00
Спектр 4	Да	15.12	14.25	70.63	100.00
Спектр 5	Да		46.05	53.95	100.00
Спектр 6	Да	6.13	41.20	52.67	100.00
Спектр 7	Да	15.38	42.78	41.84	100.00
Макс.		30.78	69.77	70.63	
Мин.		6.13	14.25	41.84	