

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 27.10.2023 12:14:45

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Физические основы деформации и разрушения

Закреплена за подразделением

Кафедра металловедения и физики прочности

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**6 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

216

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 7

аудиторные занятия

85

самостоятельная работа

95

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	51	51	51	51
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	85	85	85	85
Контактная работа	85	85	85	85
Сам. работа	95	95	95	95
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	216	216	216	216

Программу составил(и):

*к.т.н., доц., Рогачев Станислав Олегович*

Рабочая программа

**Физические основы деформации и разрушения**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-23\_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра металловедения и физики прочности**

Протокол от 22.05.2023 г., №11

Руководитель подразделения Никулин С.А.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цель – дать необходимые базовые знания по физическим основам процессов деформации и разрушения металлических материалов, механизмам и закономерностям влияния на них различных факторов для всесторонней реализации бакалавров направления подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов в различных областях и видах их профессиональной деятельности
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.15
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Защита интеллектуальной собственности и патентоведение	
2.1.2	Коррозия и защита металлов	
2.1.3	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.4	Металловедение инновационных материалов	
2.1.5	Метрология и стандартизация цифровых технологий в материаловедении и металлургии	
2.1.6	Метрология, стандартизация и технические измерения	
2.1.7	Метрология, стандартизация и технические измерения в электронике	
2.1.8	Основы материаловедения и методов исследования материалов	
2.1.9	Разработка новых материалов	
2.1.10	Фазовые равновесия и дефекты структуры	
2.1.11	Физика диэлектриков	
2.1.12	Физика полупроводников	
2.1.13	Введение в квантовую теорию твердого тела	
2.1.14	Дефекты кристаллической решетки	
2.1.15	Компьютеризация эксперимента	
2.1.16	Материалы наукоемких технологий	
2.1.17	Основы дизайна металлических материалов	
2.1.18	Планирование и организация научно-исследовательской работы	
2.1.19	Современные проблемы материаловедения	
2.1.20	Теория поверхностных явлений	
2.1.21	Электроника	
2.1.22	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.23	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.24	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.25	Практическая кристаллография	
2.1.26	Материаловедение	
2.1.27	Методы исследования материалов	
2.1.28	Метрология и технические измерения функциональных материалов	
2.1.29	Механические свойства материалов	
2.1.30	Физика металлов	
2.1.31	Физические свойства материалов	
2.1.32	Кристаллография	
2.1.33	Математическая статистика и анализ данных	
2.1.34	Методы математической физики	
2.1.35	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.36	Физика	
2.1.37	Физическая химия	
2.1.38	Математика	
2.1.39	Введение в научно-исследовательскую деятельность	
2.1.40	Химия	
2.1.41	Диффузия и диффузионно-контролируемые процессы	
2.1.42	Материалы альтернативной энергетики	
2.1.43	Планирование научного эксперимента	
2.1.44	Теория симметрии	

2.1.45	Введение в квантовую механику
2.1.46	Электротехника
2.1.47	Органическая химия
2.1.48	Аналитическая геометрия
2.1.49	Инженерная и компьютерная графика
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Атомная и электронная структура поверхности и межфазных границ
2.2.2	Композиционные материалы
2.2.3	Конструирование композиционных материалов
2.2.4	Методы исследования структур и материалов. Часть 2
2.2.5	Поверхностное модифицирование материалов и защитные покрытия
2.2.6	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
2.2.7	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
2.2.8	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
2.2.9	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
2.2.10	Специальные сплавы
2.2.11	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 1. Магнитно-мягкие сплавы
2.2.12	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 2. Магнитно-твердые сплавы
2.2.13	Аморфные, микро- и нанокристаллические материалы
2.2.14	Биофизика
2.2.15	Высокотемпературные и сверхтвердые функциональные и конструкционные материалы
2.2.16	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве
2.2.17	Материаловедение и технологии перспективных материалов
2.2.18	Методы исследования характеристик и свойств материалов
2.2.19	Методы электронной микроскопии для материалов твердотельной электроники
2.2.20	Метрология и испытания функциональных материалов
2.2.21	Основы научно-технического перевода
2.2.22	Практика научно-технического перевода и редактирования
2.2.23	Тензорные методы в кристаллофизике
2.2.24	Технология получения кристаллов
2.2.25	Физические основы магнетизма и процессы перемагничивания материалов
2.2.26	Физические свойства приповерхностных слоев и методы их исследований
2.2.27	Функциональные наноматериалы
2.2.28	Химия и технология полимерных материалов
2.2.29	Биоорганическая химия
2.2.30	Высокотемпературные керамические материалы
2.2.31	Жаропрочные и радиационно-стойкие материалы
2.2.32	Квантовая теория твердого тела
2.2.33	Математическое и компьютерное моделирование материалов и процессов электроники
2.2.34	Методы исследования макро- и микроструктуры материалов
2.2.35	Методы непараметрической статистики
2.2.36	Некоторые главы кристаллохимии
2.2.37	Объемные наноматериалы
2.2.38	Процессы получения и обработки сверхтвердых материалов
2.2.39	Структура и технологичность сплавов
2.2.40	Физико-химия эволюции твердого вещества
2.2.41	Ядерно-спектроскопические и синхротронные методы исследований
2.2.42	Аттестация и испытания высокотемпературных и сверхтвердых материалов
2.2.43	Аттестация и сертификация изделий электронной техники
2.2.44	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве функциональных материалов
2.2.45	Материаловедение и технологии перспективных материалов
2.2.46	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой оптики

2.2.47	Менеджмент качества
2.2.48	Металлические материалы для крупных транспортных систем
2.2.49	Металловедение высокопрочных сплавов
2.2.50	Методология и практика определения размерных характеристик материалов
2.2.51	Методология научных исследований
2.2.52	Оптические явления в кристаллах. Часть 2
2.2.53	Основы клеточной биологии
2.2.54	Оформление результатов научной деятельности
2.2.55	Практическое применение теории функционала электронной плотности
2.2.56	Симметрия наносистем
2.2.57	Современные компьютерные технологии в структурном анализе
2.2.58	Спектроскопические и зондовые методы
2.2.59	Термомеханическая обработка металлов и сплавов
2.2.60	Управление коллективами
2.2.61	Управление проектами
2.2.62	Химические основы биологических процессов
2.2.63	Цифровое материаловедение
2.2.64	Нормы и правила оформления ВКР
2.2.65	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.66	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.67	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.68	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.69	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.70	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.71	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.72	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.73	Экстремальные технологии получения наноматериалов

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

**ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям**

**Знать:**

ПК-1-32 закономерности процессов деформации и разрушения в материалах

ПК-1-31 основные механизмы деформации и разрушения материалов, их особенности в зависимости от кристаллического строения, структуры, напряженного состояния и условий нагружения

**ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания**

**Знать:**

ОПК-1-32 влияние различных факторов на сопротивление разрушению материалов

ОПК-1-31 влияние параметров структуры и условий нагружения на деформацию и разрушение материалов

**ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям**

**Уметь:**

ПК-1-У1 анализировать изломы и определять основные характеристики их строения

ПК-1-У2 определять характеристики сопротивления разрушению материалов при различных видах испытаний

**ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания**

**Уметь:**

ОПК-1-У1 использовать знания фундаментальных основ, подходы и методы математики, физики, химии и экологии в

обучении и профессиональной деятельности, в интегрировании имеющихся знаний, наращивании накопленных знаний
ОПК-1-У2 выбирать методы и средства анализа процессов деформации и разрушения
<b>ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В1 методологией организации, планирования, проведения и обработки результатов экспериментов и экспериментальных исследований, выполнения исследовательских проектов
<b>ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 навыками оценки деформационной способности и вязкости разрушения материалов по результатам испытаний и изломам
ОПК-1-В2 навыками выбора материалов с высоким сопротивлением разрушению
ОПК-1-В3 навыками письменного аргументированного изложения собственного заключения по поставленной задаче

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Механизмы деформации и упрочнения</b>							
1.1	Механизмы деформации и упрочнения при холодной, теплой и горячей деформации /Лек/	7	18	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
1.2	Сверхпластическая деформация /Лек/	7	4	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
1.3	Штамповые стали с РАПЭ /Пр/	7	6	ОПК-1-В2	Л1.1Л2.1			Р1
	<b>Раздел 2. Устойчивость пластического течения и локализация деформации</b>							
2.1	Устойчивость пластического течения /Лек/	7	5	ПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1			
2.2	Локализация деформации /Пр/	7	8	ОПК-1-У2 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1			Р2
2.3	Самостоятельное изучение литературы. Проработка лекционного материала. Подготовка к Пз. Подготовка к выполнению Контрольной работы №1 /Ср/	7	30	ПК-1-31 ОПК-1-В2 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1			
2.4	Контрольная работа №1 /Пр/	7	2	ПК-1-31 ПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-У2 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1		КМ1	
	<b>Раздел 3. Процессы разрушения материалов</b>							
3.1	Вязкое и хрупкое разрушение /Лек/	7	12	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
3.2	Механизмы и кинетика зарождения и развития трещин, энергоемкость разрушения /Пр/	7	8	ПК-1-У2	Л1.1 Л1.2Л2.1			Р3

3.3	Самостоятельное изучение литературы. Проработка лекционного материала. Подготовка к Пз /Ср/	7	30	ОПК-1-31 ПК-1-У2	Л1.1 Л1.2Л2.1			
	<b>Раздел 4. Оценка пластичности и вязкости материалов по структуре и изломам</b>							
4.1	Оценка пластичности и вязкости материалов по структуре и изломам /Лек/	7	12	ОПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1			
4.2	Исследование пластичности и вязкости сталей по металлографическому и фрактографическому анализу /Пр/	7	8	ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1			Р4
4.3	Самостоятельное изучение литературы. Проработка лекционного материала. Подготовка к Пз и к экзамену. Подготовка к выполнению Контрольной работы №2 /Ср/	7	35	ОПК-1-31 ПК-1-У2 ОПК-1-32 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1			
4.4	Контрольная работа №2 /Пр/	7	2	ОПК-1-31 ПК-1-У2 ОПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1		КМ2	

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
--------	-------------------------	------------------------------------	------------------------

КМ1	Контрольная работа № 1 по разделам 1 и 2	ПК-1-31;ПК-1-В1;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2;ОПК-1-В3;ОПК-1-У2;ОПК-1-У1	<p>Вопросы для самостоятельной подготовки к Контрольной работе №1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Типы кристаллической решетки и системы скольжения в ней</li> <li>2. Металлы с каким типом кристаллической решетки являются наиболее трудно деформируемыми ? Почему ?</li> <li>3. Понятие теоретической и «реальной» прочности кристалла</li> <li>4. Дефекты в кристаллической решетке</li> <li>5. Понятие элементарного сдвига в кристаллической решетке. По каким механизмам он осуществляется ?</li> <li>6. Как влияет плотность дислокаций на прочность кристалла ?</li> <li>7. Понятие дислокации и ее типы. Вектор Бюргерса</li> <li>8. Упругая деформация и ее механизм</li> <li>9. Пластическая деформация и ее механизмы</li> <li>10. Почему величина упругой деформации в металлах обычно не превышает 0,1 % ?</li> <li>11. Как и при каких условиях реализуется процесс обратимого движения дислокаций ?</li> <li>12. Механизмы деформации</li> <li>13. Источник Франка-Рида</li> <li>14. Линии скольжения и их связь с величиной макропластической деформации</li> <li>15. Методы исследования процесса пластической деформации</li> <li>16. Диаграмма деформации монокристалла и ее стадии</li> <li>17. Диаграмма деформации поликристалла и ее стадии</li> <li>18. Одинарное и множественное скольжение</li> <li>19. Формирование субструктуры при деформации</li> <li>17. Особенности диаграммы деформации монокристаллов с разным типом кристаллической решетки</li> <li>18. Образование шейки при деформации</li> <li>19. Пластическая деформация поликристалла</li> <li>20. Отличия между диаграммами деформации монокристалла и поликристалла</li> <li>21. Передача пластического течения между зернами в поликристаллах</li> <li>22. Понятие деформационного упрочнения. Его причины</li> <li>23. Как меняется коэффициент деформационного упрочнения при деформации монокристалла ?</li> <li>24. Факторы упрочнения монокристалла</li> <li>25. Факторы упрочнения поликристалла</li> <li>26. Влияние примесей на пластическую деформацию</li> <li>27. Влияние дисперсных частиц на пластическую деформацию</li> <li>28. Перлитное упрочнение в конструкционных сталях</li> <li>29. Субструктурное упрочнение</li> <li>30. Упрочнение границами зерен. Закон Холла-Петча</li> <li>31. Влияние скорости на процесс деформации</li> <li>32. Почему при горячей деформации скорость оказывает более существенное влияние на процесс деформации, чем при холодной деформации ?</li> <li>33. Сверхпластическая деформация и ее механизмы</li> <li>34. Упрочнение и разупрочнение при горячей деформации</li> <li>35. Чем обусловлено различие кривых деформации при разных температурах ?</li> <li>36. Структурные изменения при горячей деформации</li> </ol> <p>Примеры билетов даны в Приложении</p>
-----	--	--	---



КМ2	Контрольная работа № 2 по разделам 3 и 4	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В3;ОПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-В1	<p>Вопросы для самостоятельной подготовки к Контрольной работе №2</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Стадии и особенности вязкого разрушения.</li> <li>2. Стадии и особенности хрупкого разрушения.</li> <li>3. Классификации изломов</li> <li>4. Как зависит разрушение от схемы нагружения ?</li> <li>5. Алгоритм определения механизма потери устойчивости пластического течения по диаграмме деформации.</li> <li>6. Механизмы потери устойчивости пластического течения.</li> <li>7. О чем свидетельствует значительная разница между истинной равномерной деформацией и показателем деформационного упрочнения ?</li> <li>8. Из диаграммы деформации определили, что равномерная деформация <math>\epsilon_{равн} = 0.19</math>, а показатель деформационного упрочнения <math>n = 0.18</math>. Что можно сказать о механизме потери устойчивости пластического течения ?</li> <li>9. Разрушение отрывом и срезом. Признаки, различия.</li> <li>10. Транскристаллитное разрушение. Механизмы. Признаки.</li> <li>11. Межзеренное разрушение. Механизмы. Признаки.</li> <li>12. Хрупкое разрушение. Особенности.</li> <li>13. Вязкое разрушение. Особенности.</li> <li>14. Разрушение сколом. Механизмы. Признаки.</li> <li>15. Разрушение квазисколом. Механизмы. Признаки.</li> <li>16. Признаки хрупкого разрушения.</li> <li>17. Признаки вязкого разрушения.</li> <li>18. Температура вязко-хрупкого перехода и ее определение</li> <li>19. Переход от вязкого к хрупкому разрушению</li> <li>20. Схема Иоффе</li> <li>21. Энергоемкость какого излома – вязкого или хрупкого выше ? Почему ?</li> <li>22. Какое разрушение – вязкое или хрупкое – более опасно ? Почему ?</li> <li>23. Зарождение трещины при вязком разрушении</li> <li>24. Зарождение трещины при хрупком разрушении</li> <li>25. «Теоретический» и «реальный» процесс зарождения трещины</li> <li>26. Распространение трещины при вязком разрушении</li> <li>27. Распространение трещины при хрупком разрушении</li> <li>28. Понятие концентратора напряжений</li> <li>29. Критический коэффициент интенсивности напряжений</li> <li>30. Связь дефектов в металле с процессом распространения трещины</li> <li>31. Этапы развития трещины</li> <li>32. Объекты и методы измерения процесса разрушения</li> <li>33. Методы измерения трещин</li> <li>34. Методы измерения изломов</li> <li>35. Суть метода акустической эмиссии</li> <li>36. Методы измерения деформации и полей напряжений</li> <li>37. Применение метода акустической эмиссии для контроля технологических процессов</li> <li>38. Применение метода акустической эмиссии для наблюдения процесса деформации и разрушения</li> <li>39. Для чего применяется многоканальная схема измерения акустической эмиссии ? Как она реализуется ?</li> <li>40. В чем заключается комплексный подход для изучения кинетики и механизмов разрушения металла ? Как он реализуется ?</li> </ol> <p>Примеры билетов даны в Приложении</p>
-----	--	---	---

КМЗ	Экзамен за 7-й семестр	ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-В1;ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2;ОПК-1-В3	<p>Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Упругая и пластическая деформация монокристалла. Текучесть. Системы скольжения. Одинарное и множественное скольжение. Диаграмма деформации.</li> <li>2. Деформация поликристалла. Границы зерен и упрочнение. Закон Холла-Петча. Диаграммы деформации поликристалла.</li> <li>3. Неоднородность деформации. Полосы сдвига. Структурообразование при больших деформациях.</li> <li>4. Масштабы неоднородности деформации. Трещина в атомных масштабах. Механизмы зарождения трещин при деформации.</li> <li>5. Макроскопическое явление разрушения, признаки хрупкого и вязкого разрушения. Виды разрушения.</li> <li>6. Хрупкое разрушение. Механизмы и кинетика. Роль кристаллической решетки Скол. Квазискол. Макро и микростроение изломов при сколе.</li> <li>7. Хрупкое зернограничное разрушение. Хрупкость границ. Роль примесей и вторых фаз.</li> <li>8. Вязкое зернограничное разрушение. Механизм и кинетика. Строение зернограничных трещин.</li> <li>9. Процессы вязкого разрушения. Механизм и кинетика. Зарождение и рост вязкой трещины. Роль частиц в вязком разрушении. Микростроение вязкого излома.</li> <li>10. Анизотропия пластичности и вязкости. Механизмы и кинетика.</li> <li>11. Переход от вязкого разрушения к хрупкому. Механизмы. Влияние различных факторов.</li> <li>12. Разрушение от локализации пластического течения при одноосном растяжении. Образование и рост трещин.</li> <li>13. Развитие шейки и закритическая часть диаграммы деформации. Варианты развития трещин в шейке.</li> <li>14. Взаимодействие частиц и матрицы в процессе разрушения.</li> <li>15. Взаимодействие трещин.</li> <li>16. Влияние прочности матрицы, размеров и распределения частиц на механизм и кинетику разрушения.</li> <li>17. Деформация и развитие разрушения в вершине трещины. Радиус зоны пластической деформации. Его связь с прочностью и вязкостью материала.</li> <li>18. Основные методы фрактографии. Макро- и микроанализ изломов. Качественные и количественные характеристики изломов. Средства измерения на поверхности и в объеме.</li> <li>19. Методы наблюдения кинетики развития трещин. Акустическая эмиссия.</li> <li>20. Методы наблюдения деформации и разрушения. Измерение полей деформации и разрушения. Измерение трещин.</li> <li>21. Разрушающие испытания. Энергоемкость разрушения. Применение концентраторов напряжений при статических испытаниях.</li> <li>22. Оценка характеристик вязкости по изломам.</li> </ol> <p>Примеры билетов даны в Приложении</p>
-----	------------------------	--	---

**5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)**

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	ПР №1. Штамповые стали с РАПЭ	ОПК-1-В2	Ознакомиться с принципами легирования и принципами работы нового класса высокопрочных сталей для горячего прессования
P2	ПР №2. Локализация деформации	ОПК-1-У2;ОПК-1-В1	Ознакомиться с процессом и методами наблюдения локализации деформации при нагружении металлического материала
P3	ПР №3. Механизмы и кинетика зарождения и развития трещин, энергоемкость разрушения	ПК-1-У2	Научиться анализировать, фиксировать и измерять процессы зарождения и развития трещин, оценивать энергоемкость разрушения

P4	ПР №4. Исследование пластичности и вязкости сталей по металлографическому и фрактографическому анализу	ПК-1-У1	Научиться устанавливать однозначную связь между характеристиками пластичности и вязкости сталей с одной стороны и характеристиками структур и изломов с другой стороны
----	---	---------	--

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзаменационный билет из 6 вопросов: 5 теоретических вопросов и 1 расчетно-графическая задача. Задачи в билетах являются типовыми и подобные задачи обучающийся решает по ходу выполнения текущих работ по дисциплине.

Билеты хранятся на кафедре.

Пример экзаменационного билета размещен в Приложении к РПД.

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Промежуточная аттестация по дисциплине предусмотрена в виде экзамена. Обязательным условием допуска к промежуточной аттестации является выполнение трех контрольных работ на оценку не менее, чем «удовлетворительно». Оценка формируется как среднеарифметическое из оценок за текущие контрольные работы.

По дисциплине предполагается следующая шкала оценок:

- а) «отлично» – студент показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу;
- б) «хорошо» – студент показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал;
- в) «удовлетворительно» – студент показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, правильно действует по применению знаний на практике;
- г) «неудовлетворительно» – студент допускает грубые ошибки при ответе на вопросы, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы.

Преподаватель может выставить досрочно оценку за курс студенту, успешно и своевременно освоившему всю программу курса:

оценка "отлично" при условии среднего балла по контрольным работам не менее 4,5;

оценка "хорошо" при условии среднего балла по контрольным работам не менее 4 (при отсутствии "3").

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Золоторевский В. С.	Механические свойства металлов: Учебник для студ. вузов, обуч. по группе спец. направления 'Металлургия'	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 1998
Л1.2	Штремель М. А.	Кн.1: Разрушение материала	Библиотека МИСиС	, 2014

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Штремель М. А.	Т.2: Деформация: Учебник для студ. вузов, обуч. по спец. 'Физика металлов', 'Металловедение и термическая обработка металлов'	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 1997

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.2	Microsoft Office
П.3	LMS Canvas

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	1	<a href="http://mitom.folium.ru;">http://mitom.folium.ru;</a>
И.2	2	<a href="http://metallurgu.ru;">http://metallurgu.ru;</a>
И.3	3	<a href="http://www.steeltimes.ru;">http://www.steeltimes.ru;</a>

И.4	4	<a href="http://www.i-think.ru">http://www.i-think.ru</a> ;
И.5	5	<a href="http://www.metalspace.ru">http://www.metalspace.ru</a> ;
И.6	6	<a href="http://www.worldsteel.org">http://www.worldsteel.org</a> ;
И.7	7	<a href="http://www.materialscience.ru">http://www.materialscience.ru</a> ;
И.8	8	Интерактивная система Менделеева <a href="http://www.ptable.com">http://www.ptable.com</a>

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
A-211	Лаборатория	"дистанц. радиоуправл. д/экр., моноблок - 1 шт, документ-камера, проектор мультимедийный, система видеоконференции, экран настенный, коллекция образцов, микроскопы 11 ед., твердомер"
A-213	Учебная аудитория	проектор мультимедийный, моноблок -1 шт, печь камерная, печь муфельная 5 ед.
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Обучение по дисциплине "Физические основы деформации и разрушения" организуется в соответствии с настоящей программой. Лекции и практические занятия проводятся с использованием компьютерной презентационной программы MS Power Point. Лекционные занятия нацелены на изучение студентами общих вопросов физики деформации и разрушения металлов.

Практические занятия проводятся, в том числе, с разбором практических вопросов и проблем реального производства.

Проведение аудиторных занятий предусматривает использование в учебном курсе активных и интерактивных технологий:

- проведение лекций с использованием интерактивных и мультимедийных технологий (презентация в формате MS Power Point);
- использование платформы LMS Canvas для контроля усвоения материала.

Текущий контроль, контрольные работы и экзамен проводятся с целью выявления полученных в результате изучения дисциплины знаний, навыков и умений студентов. Для подготовки к контрольным мероприятиям необходимо использовать базовую информацию, полученную во время лекций и практических занятий, а также информацию, полученную при изучении соответствующих разделов основной и дополнительной литературы.

Для самостоятельной работы и текущего контроля в системе «смешанного обучения» студенты также используют специальные базы данных (электронные учебники) в электронной библиотеке НИТУ МИСИС. Самостоятельная работа студентов организуется и контролируется с помощью электронных версий конспекта лекций и вопросов для самопроверки в среде LMS Canvas, а также индивидуального опроса студентов во время практических занятий и в результате письменных контрольных работ.

Консультации по курсу проводятся с использованием e-mail и лично в назначенные часы консультаций.

Экзамен является заключительным этапом процесса формирования компетенций студента при изучении дисциплины или её части и имеет целью проверку и оценку знаний студентов по теории и применению полученных знаний, умений и навыков.

Экзамен проводится по расписанию, сформированному учебным отделом, в сроки, предусмотренные календарным графиком учебного процесса. Расписание экзаменов доводится до сведения студентов не менее чем за две недели до начала экзаменационной сессии. По данной дисциплине экзамен проводится в письменной форме и студентам на экзамене предоставляется право выбрать один из билетов. При написании экзамена можно пользоваться лекционными записями. Длительность экзамена составляет 90 минут. По истечении установленного времени студент должен сдать билет и свои ответы.

Экзамен принимается преподавателем - ведущим лектором. Экзамен проводится только при предъявлении студентом зачетной книжки и при условии выполнения всех контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом и рабочей программой по изучаемой дисциплине (сведения фиксируются допуском в ведомости).

Для полноценного изучения дисциплины «Физические основы деформации и разрушения» студентам необходимо понимать и анализировать связь данной дисциплины с требованиями к подготовке бакалавров профиля Металловедение и термическая обработка металлов. Студенты должны знать, какое место занимает данная дисциплина в структуре их

образования, а также, какое значение имеют знания, полученные в результате изучения этой дисциплины, для успешной работы в выбранном направлении.