

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»

Кафедра производственных технологий обработки материалов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«ФДТ.6 Фрактография и анализ причин разрушений»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
(код и наименование направления подготовки)

Металловедение и термическая обработка металлов
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Год набора 2023

Рабочая программа дисциплины «ФДТ.6 Фрактография и анализ причин разрушений» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра производственных технологий обработки материалов

наименование кафедры

протокол № 10 от "8" 05 2022г.

Заведующий кафедрой

Кафедра производственных технологий обработки материалов

наименование кафедры



Е.Ю. Приймак

расшифровка подписи

Исполнители:

Зав. кафедрой производственных технологий обработки материалов

должность

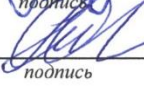


Е.Ю. Приймак

расшифровка подписи

Доцент кафедры механики материалов, конструкций и машин

должность



О.А. Фролова

расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

код наименование

личная подпись



Е.Ю. Приймак

расшифровка подписи

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов

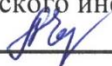
Главный библиограф

личная подпись

Т. Е. Тасайтис

расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству Аэрокосмического института



личная подпись

А.М. Черноусова

расшифровка подписи

№ регистрации _____

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цели освоения дисциплины «Фрактография и анализ причин разрушений»

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся системы теоретических знаний и практических навыков в области фрактографического анализа, необходимых для идентификации типов разрушения металлических материалов, установления причин выхода из строя деталей и узлов, а также для обоснования выбора материалов и технологий, повышающих надёжность и долговечность конструкций.

Задачи.

Достижение поставленной цели предполагает решение целого комплекса взаимосвязанных задач, которые отражают многогранность фрактографии как научной и прикладной дисциплины:

- 1 Формирование теоретической базы.
- 2 Овладение методами фрактографического анализа.
- 3 Развитие диагностического мышления.
- 4 Установление причин отказов.
- 5 Обоснование выбора материалов и технологий.
- 6 Формирование навыков научно-исследовательской работы.

Связь с профессиональной деятельностью.

Освоение дисциплины непосредственно связано с будущей профессиональной деятельностью выпускника. Знания и навыки, полученные в ходе изучения курса, востребованы в таких областях, как:

- диагностика и экспертиза разрушений технических объектов;
- обеспечение надёжности и безопасности конструкций в машиностроении, энергетике, строительстве, транспорте;
- разработка и совершенствование материалов с заданными свойствами;
- контроль качества продукции и технологических процессов;
- научные исследования в области материаловедения и механики разрушения.

Значение дисциплины.

Фрактография и анализ причин разрушений занимают особое место в системе подготовки специалистов в области материаловедения, машиностроения и диагностики технических систем. Эта дисциплина связывает фундаментальные знания о строении и свойствах материалов с решением конкретных инженерных задач, позволяя не только объяснять уже произошедшие разрушения, но и прогнозировать поведение материалов в реальных условиях эксплуатации. Тем самым она вносит существенный вклад в обеспечение надёжности, безопасности и долговечности технических объектов – важнейших требований современной техносферы.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина является факультативной(ым)

Пререквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

Постреквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

Дисциплина относится к образовательному модулю реализуемому при целевой подготовке кадров в рамках проекта по прохождению студентами старших курсов образовательных организаций высшего образования обучения по актуализированным основным образовательным программам высшего образования в интересах организации сферы производства средств производства, автоматизации и робототехники в рамках реализации федерального проекта «Наука и кадры для производства средств производства и автоматизации» национального проекта по обеспечению технологического лидерства «Средства производства и автоматизации».

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-9 Способен обеспечивать контроль качества изделий после сложных процессов термического производства	ПК*-9-В-1 Выявляет причины брака после сложных процессов термического производства, применяя методы неразрушающего контроля изделий, механических испытаний на динамические прочностные и трибологические свойства материалов в особых условиях эксплуатации, электронной микроскопии и рентгеноспектральных исследований тонкой структуры и химического состава материалов и другие методы	<u>Знать:</u> причины появления брака после сложных процессов термического производства, применяя методы неразрушающего контроля изделий, механических испытаний на динамические прочностные и трибологические свойства материалов в особых условиях эксплуатации, электронной микроскопии и рентгеноспектральных исследований тонкой структуры и химического состава материалов и другие методы применительно к анализу причин разрушений <u>Уметь:</u> выявляет причины брака после сложных процессов термического производства, применяя методы неразрушающего контроля изделий, механических испытаний на динамические прочностные и трибологические свойства материалов в особых условиях эксплуатации, электронной микроскопии и рентгеноспектральных исследований тонкой структуры и химического состава материалов и другие методы применительно к анализу причин разрушений <u>Владеть:</u> навыками выявления причин брака после сложных процессов термического производства, применяя методы неразрушающего контроля изделий, механических испытаний

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		на динамические прочностные и трибологические свойства материалов в особых условиях эксплуатации, электронной микроскопии и рентгеноспектральных исследований тонкой структуры и химического состава материалов и другие методы применительно к анализу причин разрушений

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	7 семестр	всего
Общая трудоёмкость	72	72
Контактная работа:	32,25	32,25
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: - выполнение комплексного практического задания (КПЗ); - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий); - изучение разделов курса в системе электронного обучения; - подготовка к практическим занятиям; - подготовка к рубежному контролю)	39,75	39,75
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	зачет	

Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Общие сведения об изломах. Фрактографические методы исследования	16	4	2		10

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
	изломов					
2	Разрушение металлических материалов	22	6	6		10
3	Причины эксплуатационных повреждений и разрушений	34	6	8		20
	Итого:	72	16	16		40
	Всего:	72	16	16		40

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1 Общие сведения об изломах. Фрактографические методы исследования изломов.

Понятие фрактографии. Применение фрактографии в экспертизе разрушений.

Общие сведения об изломах. Классификация изломов и их характерные признаки. Макро-и микростроение изломов металлических материалов. Терминология и классификация рельефа поверхностей разрушения. Подготовка и хранение изломов. Фотографирование разрушенных деталей и поверхностей изломов. Оптическая микроскопия. Сканирующая электронная микроскопия. Растровая электронная микроскопия. Микрорентгеноспектральный анализ. Рентгеноструктурный анализ. Современные тенденции в фрактографических исследованиях. Комплексный подход: сочетание фрактографии с другими методами. Комплексная фрактодиагностика: сочетание расчётного моделирования и фрактографии.

Стандартизация и нормативное обеспечение фрактографических исследований. Обработка изображений и текстурный анализ. Ограничения и источники погрешности фрактографического анализа.

Раздел 2 Разрушение металлических материалов

Разрушение металлических материалов при однократных видах нагружения. Общие закономерности строения изломов. Основные виды разрушения: вязкое, квазихрупкое, хрупкое, вязкохрупкое, смешанное разрушения. Механизмы разрушения. Влияние температуры и скорости нагружения на механизм разрушения. Роль концентраторов напряжений. Особенности разрушения литых материалов. Роль водорода и коррозионных сред в ускорении однократного разрушения. Влияние субмикроструктурной структуры на интервал вязко-хрупкого перехода.

Разрушение металлических материалов при циклическом нагружении. Механизм усталостного разрушения. Характеристики условий нагружения и усталостной прочности. Критерии малоциклового усталости (жёсткое и мягкое нагружение). Количественная фрактография усталостных изломов. Накопление повреждений и деформационное старение при малоциклового усталости. Оценка напряжений по шероховатости излома. Связь параметров излома с долговечностью и циклическими напряжениями. Усталостные изломы при многоциклового и малоциклового усталости

Раздел 3 Причины эксплуатационных повреждений и разрушений

Цели и задачи фрактодиагностики эксплуатационных повреждений и разрушений металлических материалов. Параметры эксплуатационных повреждений, выявляемых фрактографически.

Классификация очагов разрушения. Определение очага разрушения и траектории распространения трещины. Определение типа нагружения. Влияние химической среды и термического воздействия на эксплуатационные повреждения. Изменение типа разрушения в зависимости от размера, формы и поперечного сечения детали. Масштабный фактор и эффект поперечного сечения. Роль остаточных напряжений.

Виды эксплуатационных повреждений и разрушений, причины их возникновения (металлургические, конструктивные, технологические дефекты, механические повреждения поверхности, эксплуатационные разрушения, механическое изнашивание, коррозионно-механическое изнашивание, коррозионное растрескивание под напряжением, коррозионная усталость, водородное охрупчивание в эксплуатации, термические повреждения и структурные изменения).

Комплексный характер эксплуатационных повреждений и разрушений. Типичные причины эксплуатационных разрушений. Методологический подход к анализу эксплуатационных повреждений и разрушений. Восстановление истории нагружения по фрактографическим данным.

4.3 Практические занятия

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Макро- и микроскопическое строение изломов металлических материалов	2
2	2	Микрорельеф и механизмы разрушения металлических материалов при различных видах нагружения	2
3		Структурные изменения под поверхностью изломов металлических материалов при различных видах нагружения	2
4		Влияние схемы нагружения при циклических нагрузках на параметры разрушения	2
5	3	Фрактодиагностика эксплуатационных повреждений	2
6		Определение критической температуры хрупкости фрактографическим методом	2
7		Оценка длительности роста усталостной трещины по ширине усталостных бороздок	2
8		Характеристики разрушения металлических материалов при циклическом нагружении	2
		Итого:	16

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

5.1.1 Фрактодиагностика разрушения металлических материалов и конструкций [Текст] : учеб. пособие для вузов / Г. В. Клевцов [и др.]. – М. : МИСиС, 2007. – 264 с. – Библиогр. в конце гл. – ISBN 978-5-87623-176-5.

5.1.2 Фролова, О. А. Особенности разрушения конструкционных материалов при различных условиях нагружения [Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки, входящим в образовательную область "Инженерное дело, технологии и технические науки" / О. А. Фролова; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". – Оренбург : ОГУ. – 2019. – ISBN 978-5-7410-2210-8. - 91 с.: Режим доступа: https://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/113585_20191105.pdf

5.2 Дополнительная литература

5.2.1. Механизмы разрушения металлических материалов и пластические зоны под поверхностью изломов [Текст] : [монография] / Г. В. Клевцов [и др.]. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2008. – 160 с. : ил. – Библиогр.: с. 157–158. – Прил.: с. 159. – ISBN 9785-7410-0710-5.

5.2.2 Иванова, В.С. Количественная фрактография. Усталостное разрушение / В.С. Иванова, А. А. Шаняевский. – Челябинск : Металлургия, 1988. – 397 с. : ил. – Библиогр.: с. 387-397. – Предм. указ.: с. 398-399.

5.2.3 Мороз, Л. С. Механика и физика деформаций и разрушения материалов / Л. С. Мороз. – Л. : Машиностроение, 1984. – 224 с.

5.2.4 Электронномикроскопическая фрактография [Текст] : альбом / под ред. Л. М. Утевского; Волгоград. обл. правление НТО ЧМ, Metallург. ордена Ленина и ордена Трудового Красного знамени завод "Красный Октябрь". – М. : Metallургия, 1973. – 44 с.

5.2.5 Дефекты и повреждения деталей и конструкций [Текст] : монография / В. М. Кушнарeнко [и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". – Оренбург : РУССЕРВИС, 2012. – 531 с. : ил. - Библиогр.: с. 526–531. – ISBN 978-5-904627-16-4.

5.2.6 Методы контроля качества в машиностроении : учебное пособие / Е.Г. Кравченко [и др.]. – Старый Оскол : ТНТ, 2017. – 132 с. : ил. – Библиогр.: с. 129-130. – ISBN 978-5-94178-549-0. 1

5.2.7 Энгель, Л. Растровая электронная микроскопия. Разрушение: справ. изд. / Л. Энгель, Г. Клингеле; пер. с нем. – М.: Metallургия, 1986. – 232 с.

5.2.8 Гордеева, Г. А. Анализ изломов при оценке надежности материалов / Г.А. Гордеева, И.П. Жегина. – М.: Машиностроение, 1978. – 198 с.

5.2.9 Фрактография и атлас фрактограмм: справ. изд. / под ред. Дж. Феллоуза; пер. с англ. – М.: Metallургия, 1982. – 489 с.

5.2.10 Герасимова, Л.П. Изломы конструкционных сталей: справ. изд. / Л.П. Герасимова, А.А. Ежов, М.И. Маресев. – М.: Metallургия, 1987. – 272 с.

5.2.11 Фрактография и атлас фрактограмм. Справочник под ред. М.Л. Бернштейна. М.: Metallургия, 1982.

5.3 Периодические издания

5.3.1 Заводская лаборатория. Диагностика материалов : журнал. – М. : Агентство "Роспечать", 2020-2026.

5.3.2 Физика металлов и металловедение : журнал. – М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2020-2026.

5.3.3 Наука и техника : журнал. – Минск : БНТУ, 2020-2026.

5.3.4 Контроль. Диагностика : журнал. – Москва : Агентство "Роспечать", 2020-2026.

5.3.5 Справочник. Инженерный журнал : журнал. – Москва : Агентство "Роспечать", 2020-2026.

5.3.6 Приложение к журналу "Справочник. Инженерный журнал" : журнал. – Москва : Агентство "Роспечать", 2020-2026.

5.4 Интернет-ресурсы

5.4.1 <http://docs.cntd.ru> – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации «Техэксперт».

5.4.2 <https://www.elibrary.ru> – Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

5.4.3 <https://cyberleninka.ru> – Научная электронная библиотека, построенная на парадигме открытой науки (Open Science) КиберЛенинка.

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

5.5.1 Операционная система РЕД ОС.

5.5.2 Пакет офисных приложений «МойОфис Образование»

5.5.3 Для работы с ресурсами Интернет - веб-браузер Яндекс [https://yandex.ru/..](https://yandex.ru/)

5.5.4 ГАРАНТ Платформа F1 [Электронный ресурс]: справочно-правовая система. / Разработчик ООО НПП «ГАРАНТ-Сервис», 119992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, [1990–2026]. – Режим доступа в сети ОГУ <http://garant.net.osu.ru>

5.5.5 Автоматизированная интерактивная система сетевого тестирования - АИССТ (зарегистрирована в РОСПАТЕНТ, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011610456, правообладатель – Оренбургский государственный университет), режим доступа - <http://aist.osu.ru>.

5.5.6 Для проведения онлайн мероприятий и видеоконференций используется платформа «DION» (Конфигурация «DION EDU») На основании договора № 2/223-3.7/40-03 от «10» марта 2026 г. Срок действия лицензий с 14.03.2026 г по 14.03.2027.

5.5.7 Университетская платформа электронного обучения «Электронные курсы ОГУ в системе обучения Moodle» (<http://moodle.osu.ru>).

5.5.8 Методы структурного анализа материалов [Электронный ресурс]: онлайн-курс на платформе <https://stepik.org/learn> - «Степик» / Разработчик курса: НГТУ, режим доступа: <https://stepik.org/course/70973/syllabus?search=9336058824>

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения практических занятий используется компьютерный класс, оснащенный демонстрационным оборудованием (стационарным и переносными проекторами, переносным экраном, ноутбуком), комплектом специализированной ученической мебели, доской аудиторной, компьютерами с выходом в <Интернет> и электронную информационно-образовательную среду ОГУ, учебно-лабораторным оборудованием.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащено компьютерной техникой, подключенной к сети <Интернет>, и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.