

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Костромской государственный университет»
(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ И
СПЛАВОВ

программы по подготовке научных и научно-педагогических кадров в
аспирантуре
по научной специальности:

2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Профиль: Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Кострома
2022

Рабочая программа дисциплины *Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов* разработана в соответствии с

– Постановлением Правительства Российской Федерации «Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)» от 30.11.2021 № 2122,

– Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)» от 20.10.2021 №951.

Разработал: Дьяков Илья Геннадьевич, доцент кафедры общей и теоретической физики, доктор технических наук, доцент

Рецензенты: Крит Б.Л., д.т.н., профессор кафедры «Технологии производства приборов и информационных систем управления летательных аппаратов» НИУ МАИ.

ПРОГРАММА УТВЕРЖДЕНА:

Заведующий кафедрой осуществляющей выпуск по образовательной программе:

Шадрин Сергей Юрьевич, к.т.н., доцент

Протокол заседания кафедры № 8 от 17 марта 2022 г.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины: формирование у аспирантов углубленных профессиональных знаний о строении металлов и сплавов и взаимосвязи между воздействиями на материалы, изменениями их структуры и приобретаемыми свойствами

Задачи дисциплины:

- подготовка аспирантов к научно-исследовательской и проектно-конструкторской работе и области металловедения, включая разработку и производство новых материалов;
- подготовка аспирантов к производственной деятельности, включая разработку технологических процессов и необходимой документации;
- подготовка аспирантов к реализации исследовательских проектов, включая оценки рисков, сертификацию и контроль качества продукции.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- обоснование и оптимизацию технологических процессов получения перспективных материалов и производство из них новых изделий с учетом последствий для общества, экономики и экологии, в частности, состав обрабатываемого материала и применяемых веществ, действующие факторы и параметры оптимизации; механические, коррозионные и специальные свойства материалов, приобретаемые после данного технологического процесса;
- методы проведения технологических экспериментов и осуществления технологического контроля при производстве материалов и изделий, в частности, возможности измерительной базы и погрешности измерений, целевые функции при проведении эксперимента, условия и режимы термической и химико-термической обработки металлов и сплавов; эксплуатационные свойства обработанных материалов;
- законы влияния фазового состава материала и структуры на его свойства, в частности, характеристики структурных элементов обработанного материала; методы изучения элементного и фазового состава материала, методы определения получаемых свойств и методики испытаний в лабораторных и производственных условиях;

уметь:

- теоретически обосновывать и оптимизировать технологические процессы получения перспективных материалов и производство из них новых изделий с учетом последствий для общества, экономики и экологии, в частности, определять условия обработки и требуемое оборудование, оценивать затраты энергии и материалов, выработку рабочих электролитов и степень воздействия на окружающую среду;
- проводить технологические эксперименты, осуществлять технологический контроль при производстве материалов и изделий, в частности, измерять требуемые свойства согласно действующим стандартам; оценивать достоверность проводимого эксперимента и воспроизводимость его результатов;
- обосновывать и прогнозировать влияние фазового состава материала и структуры на его свойства, в частности, определять режимы диффузионного насыщения и составы электролитов для получения заданного фазового состава и структуры, выявлять их взаимосвязь с твердостью и шероховатостью слоя, трибологическими и коррозионными свойствами модифицируемого материала;

владеть:

- методами обоснования и оптимизации технологических процессов получения перспективных материалов и производство из них новых изделий с учетом последствий для общества, экономики и экологии, в частности, методами исследования структуры и фазового состава модифицируемых материалов, методом планирования экстремальных экспериментов и оценки эффективности технологического процесса;
- навыками участия в проведении технологических экспериментов, осуществлять технологический контроль при производстве материалов и изделий, в частности, опытом обработки стальных или титановых образцов в водных электролитах, включая измерения их твердости, шероховатости, коэффициента трения, интенсивности изнашивания, плотности тока коррозии и скорости коррозии в заданных условиях испытаний;

– методикой обоснования и прогнозирования влияния фазового состава материала и структуры на его свойства, в частности, методами металлографического, рентгеноструктурного анализа, а также испытаний для определения износостойкости и коррозионной стойкости модифицированных изделий;

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» относится к обязательным предметам учебного плана образовательной программы аспирантуры по научной специальности «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» Изучается в 3–7 семестрах обучения и является основой дисциплиной, создающей базу для сдачи экзамена кандидатского минимума. В этом курсе аспиранты получают завершённое представление о строении металлов, методах их обработки и модификации. Полученные сведения будут использованы в научном исследовании и на практике по специальности.

Перед изучением дисциплины «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» обучающийся должен иметь представления о кристаллическом строении вещества, механических свойствах, диаграммах состояния и основах термической и химико-термической обработки. Требуемые компетенции на минимальном и среднем уровне формируются в рамках дисциплины магистратуры «Структура металлов».

4. Объем дисциплины (модуля)

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических (астрономических) часов и виды учебной работы

Виды учебной работы,	Очная форма
Общая трудоемкость в зачетных единицах	10
Общая трудоемкость в часах	360
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	56
Лекции	8
Практические занятия	48
Лабораторные занятия	–
Самостоятельная работа в часах	304
Форма промежуточной аттестации	зачет, экзамен

4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	8
Практические занятия	48
Лабораторные занятия	–
Консультации	
Зачет/зачеты	0,75
Экзамен/экзамены	1
Курсовые работы	–
Курсовые проекты	–
Всего	57,75

5.Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

**5.1 Тематический план учебной дисциплины
(очная форма обучения)**

№	Название раздела, темы	Всего з.ед/час	Аудиторные занятия			Самостоят. работа
			Лекции	Практ.	Лаб.	
1	Строение металлов и сплавов	37	1	6		30
2	Фазовые и структурные превращения в металлах и сплавах в твердом состоянии	37	1	6		30
3	Металлургические процессы получения полуфабрикатов и изделий	37	1	6		30
4	Термическая обработка	37	1	6		30
5	Термомеханическая и химико-термическая обработка	35	1	6		28
6	Упругая и пластическая деформация. Разрушение	35	1	6		28
7	Методы исследования и контроля структуры и свойств металлов	35	1	6		28
8	Промышленные сплавы	35	1	6		28
	Экзамен	72				72
	ВСЕГО:	360	8	48	–	304

5.2. Содержание дисциплины:

1. Строение металлов и сплавов

Основные типы связи атомов в твердых телах. Электронное строение и физические свойства металлов. Поверхность Ферми и зоны Бриллюэна. Твердые растворы, электронные соединения, фазы Лавеса, s -фазы, фазы внедрения. Правило фаз. Диаграммы состояния. Термодинамический анализ диаграмм состояния. Отклонения от равновесия при кристаллизации сплавов.

Основные типы кристаллических решеток. Индексы направлений и плоскостей. Анизотропия свойств кристаллов. Типы дефектов кристаллического строения. Точечные дефекты. Дислокации. Дефекты упаковки. Вектор Бюргерса. Плотность дислокаций, их движение и размножение, источник Франка-Рида. Атмосферы Котрелла. Дислокационные сетки и малоугловые границы. Высокоугловые границы. Двойники. Кристаллография и механизм деформационного двойникования.

2. Фазовые и структурные превращения в металлах и сплавах в твердом состоянии

Механизмы миграции атомов. Законы Фика. Коэффициент диффузии. Структурно-чувствительные процессы диффузии. Диффузия во внешних силовых полях.

Классификация фазовых и структурных превращений. Гомогенный и гетерогенный механизмы зарождения. Строение и механизм движения поверхностей раздела фаз. Сдвиговое (бездиффузионное) и нормальное (диффузионное) превращения, механизм и кинетика. Эвтектоидное превращение, механизм и кинетика. Диаграммы фазовых превращений (термокинетические, изотермические и др.).

3. Металлургические процессы получения полуфабрикатов и изделий

Виды технологии литейного производства. Структура и свойства жидких металлов. Гомогенное и гетерогенное зарождение кристаллов, критический размер зародыша. Концентрационное

переохлаждение. Эвтектическая кристаллизация. Влияние скорости кристаллизации на строение сплавов. Строение металлического слитка. Модифицирование структуры литых сплавов. Образование метастабильных фаз при кристаллизации. Бездиффузионная кристаллизация. Металлические стекла. Методы получения монокристаллов из расплава. Металлургия гранул. Способы обработки металлов давлением. Влияние температуры, схемы и степени деформации на сопротивление деформации, структуру и свойства металлов и сплавов.

Виды сварки металлов и сплавов. Структура и свойства сварных соединений.

4. Термическая обработка

Классификация видов термической обработки. Гомогенизационный отжиг, структура и свойства сплавов.

Дорекристаллизационный и рекристаллизационный отжиг. Отдых, полигонизация и рекристаллизация. Критическая степень деформации. Диаграммы рекристаллизации. Закономерности и природа изменения механических и физических свойств при отжиге после холодной деформации. Текстура деформации, первичной, собирательной и вторичной рекристаллизации, механизм ее образования. Анизотропия свойств текстурованных металлов. Механизм снижения остаточных напряжений при нагревании. Фазовые превращения при нагреве. Структурная наследственность. Закалка без полиморфного превращения. Закалка с полиморфным превращением. Микроструктура и субструктура мартенсита. Упрочнение и изменение пластичности при закалке на мартенсит. Критическая скорость охлаждения при закалке, прокаливаемость. Бейнитное превращение. Изотермическая закалка. Старение, природа упрочнения. Влияние температуры и продолжительности старения на механические и физические свойства сплавов. Перестаривание, ступенчатое старение. Влияние температуры нагрева под закалку и скорости охлаждения на формирование структуры и свойств сплавов при старении. Отпуск. Изменение микроструктуры, субструктуры и фазового состава при отпуске. Обратимая и необратимая отпускная хрупкость.

Современное оборудование для закалки, отжига, отпуска, химико-термической и других видов термической обработки сталей и сплавов. Агрегаты непрерывного отжига и закалки. Автоматизация полного цикла термической обработки. Способы достижения высоких скоростей нагрева и охлаждения изделий при термической обработке. Внутренние напряжения и деформация изделий при термической обработке. Нагрев при термической обработке изделий в защитных средах и вакууме. Дефекты термической обработки. Газонасыщение и его влияние на структуру и свойства сплавов. Методы борьбы с поводками и короблением.

5. Термомеханическая и химико-термическая обработка

Термомеханическая обработка. Структурные изменения при пластической деформации. Динамическая полигонизация и динамическая рекристаллизация. Возврат и рекристаллизация после горячей деформации.

Высокотемпературная и низкотемпературная термомеханическая обработка. Термомеханическая обработка дисперсионно-твердеющих сплавов.

Химико-термическая обработка. Элементарные процессы при химико-термической обработке. Структура диффузионных слоев и ее связь с диаграммой состояния. Азотирование, цементация, нитроцементация, алитирование, хромирование, борирование, сульфидирование, силицирование.

6. Упругая и пластическая деформация. Разрушение

Диаграммы деформирования моно- и поликристаллов, многофазных сплавов. Механизмы упругой и пластической деформации. Деформационное упрочнение, влияние на него температуры и скорости деформации. Теория предела текучести. Эффект Баушингера. Упрочнение при образовании твердых растворов и при выделении избыточных фаз (когерентных и некогерентных). Влияние размера зерна на механические свойства. Сверхпластичность.

Хрупкое и вязкое разрушение. Схемы зарождения трещин. Распространение трещин при хрупком и вязком разрушении. Природа хладноломкости. Порог хладноломкости. Строение изломов. Ползучесть. Механизмы и стадии ползучести. Релаксация напряжений. Кратковременная и длительная прочность. Влияние состава и структуры сплавов на ползучесть. Усталостная прочность. Диаграммы усталости. Механизм усталости. Факторы, влияющие на усталостную прочность. Контактная усталость. Износ.

7. Методы исследования и контроля структуры и свойств металлов

Методы изучения микроструктуры. Световая микроскопия. Методы количественной металлографии. Электронная микроскопия (метод реплик, дифракционная микроскопия разных видов фольги, сканирующая микроскопия, микродифракция). Рентгеноструктурный и электронно-

графической анализ. Микрорентгеноспектральный анализ. Локальный анализ состава по электронным спектрам.

Методы измерения физических свойств (термический анализ, калориметрия, дилатометрия, измерение плотности, резистометрия, магнитный анализ и др.). Методы определения коррозионных свойств.

Механические свойства металлов и сплавов. Методы их измерения. Статические и динамические испытания. Испытания на ползучесть, длительную прочность и релаксацию напряжений. Усталостные испытания.

8. Промышленные сплавы

Стали. Классификация сталей по структуре, составу, назначению. Чугуны и их классификация. Модифицирование чугунов. Алюминий и его сплавы. Титан и его сплавы. Медь и ее сплавы. Никель и его сплавы. Магний и его сплавы. Сплавы на основе тугоплавких металлов. Сплавы с особыми физическими свойствами: высоким и низким электросопротивлением, магнитно-твердые и магнитно-мягкие стали и сплавы, сплавы с особыми упругими и тепловыми свойствами. Сверхпроводящие сплавы. Сплавы с эффектом запоминания формы и сверхупругости.

6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

Предмет «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» дает базовый набор знаний для самостоятельного научного исследования и подготовки кандидатской диссертации. В этой дисциплине интегрируются и расширяются сведения о строении металлов и сплавов, механических свойствах и разрушении твердых тел, полученные при освоении программы магистратуры и бакалавриата. Основное внимание учащихся должно быть направлено на причинно-следственные связи между условиями воздействия на материал и образующимися в нем структурами, а также на влияние этих структур и их фазового состава на свойства и эксплуатационные характеристики материала.

Кроме того, в курсе уделяется внимание основам металлургического производства и методам исследования свойств и структуры твердого тела. Некоторая часть программы посвящена научному направлению кафедры – электролитно-плазменной модификации металлов и сплавов.

Особенностью курса является взаимосвязь учебы и самостоятельного научного исследования, поэтому в число средств контроля входит анализ научных и прикладных материалов, полученных аспирантов самостоятельно в процессы выполнения научного исследования.

Построение программы дисциплины соответствует требованиям к кандидатскому экзамену по научной специальности 2.6.1 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Важной стороной дисциплины является анализ собственных исследований аспиранта по избранной теме. Здесь учащиеся должны освоить не только научную литературу по теме, но и нормативную документацию, регламентирующую подготовку статей, отчетов и заявок, проведение испытаний и сертификации, оформление заявок на патентование, разработку технологических карт и технических заданий на создание новой техники. Осмысление нового материала с самого начала должно носить прикладной характер, прежде всего, необходим краткий анализ состояния вопроса в данной области. Излагаются результаты, полученные исследователями ранее, дается оценка их положительным сторонам и перспективам дальнейшего развития, но во главу угла ставятся нерешенные вопросы и недостатки известных технологий. Именно из критического анализа вытекает цель исследования, которая может быть указана в используемых источниках, либо формулируется студентами самостоятельно.

Главный акцент в докладе должен быть сделан на центральном ядре любой металлургической работы. Нужно выявить связь методов воздействия с получаемыми структурами, их свойствами, и окончательно получаемыми или ожидаемыми эксплуатационными характеристиками. По возможности доклад завершается указанием возможной области применения данной технологии, которая предполагает класс обрабатываемых деталей, подходящие материалы, предприятия той или иной отрасли.

6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (очное обучение)

№	Название раздела, темы	Задание	Часы	Форма контроля
1	Строение металлов и сплавов	Изучение литературы, самостоятельные исследования	30	Опрос, тест, доклад по материалам собственных исследований
2	Фазовые и структурные превращения в металлах и сплавах в твердом состоянии	Изучение литературы, самостоятельные исследования	30	Опрос, тест, доклад по материалам собственных исследований
3	Металлургические процессы получения полуфабрикатов и изделий	Изучение литературы	30	Опрос, тест
4	Термическая обработка	Изучение литературы, самостоятельные исследования	30	Опрос, тест
5	Термомеханическая и химико-термическая обработка	Изучение литературы, самостоятельные исследования	28	Опрос, тест, доклад по материалам собственных исследований
6	Упругая и пластическая деформация. Разрушение	Изучение литературы, самостоятельные исследования	28	Опрос, тест
	Зачет	Выполнение заданий, ответы на вопросы		Вопросы к зачету
7	Методы исследования и контроля структуры и свойств металлов	Изучение литературы, самостоятельные исследования	28	Опрос, тест, доклад по материалам собственных исследований
8	Промышленные сплавы	Изучение литературы	28	Опрос, тест
	Экзамен	Ответы на вопросы	72	Вопросы к экзамену

6.2. Тематика и задания для практических занятий

Семинары 1–3. Строение металлов и сплавов

На первом семинаре аспиранты в основном повторяют то, что они изучали ранее. Обсуждаются зеренная структура поликристаллов, их дефекты, фрагменты физики твердого тела (поверхности Ферми и зоны Бриллюэна).

На втором семинаре рассматриваются диаграммы состояния, типы кристаллических решеток с иллюстрациями материалами собственных исследований или публикаций других авторов.

На третьем семинаре обсуждаются примеры структуры поверхностного слоя и его фазового состава после диффузионного насыщения стальных или титановых сплавов азотом, углеродом или бором.

Семинары 4–6. Фазовые и структурные превращения в металлах и сплавах в твердом состоянии

На первом занятии аспиранты обсуждают полиморфные превращения и законы диффузии, уже разобранные на лекции. К ним относятся примеры превращений в диаграммах состояния железо – углерод, железо – азот и другие.

На втором семинаре по данной теме обсуждаются превращения, которые происходят в сталях после их диффузионного насыщения азотом, углеродом и бором в различных средах, включая электролизную плазму.

На третьем семинаре рассматриваются превращения в титановых сплавах, в частности, двухфазных, которые происходят после их диффузионного насыщения азотом, углеродом и бором в различных средах, включая электролизную плазму.

Семинары 7–8. Металлургические процессы получения полуфабрикатов и изделий

В этих занятиях аспиранты отвечают на вопросы, связанные с литейным производством, структурой и свойствами жидких металлов, включая технологии производства. Основное внимание следует уделить закономерностям кристаллизации и методам влияния на получаемую структуру металла. Далее рассматриваются методы получения монокристаллов, аморфных веществ и гранул.

Семинары 9–10. Термическая и термомеханическая обработка

Первый семинар посвящается повторению и анализу различных видов отжига, закалки и отпуска, включая режимы и области применения. Дальнейшее изучение термообработки касается применяемого оборудования и ее технологических результатов. Обсуждаются роль внутренних напряжений, возможность обезуглероживания, газонасыщения, а также методам борьбы с короблением и деформациями.

На втором занятии учащиеся рассматривают полученные ими результаты или данные научных публикаций, в которых имеют место термические превращения, в частности, электролитно-плазменные технологии термообработки. Продолжается семинар обсуждением условий и закономерностей термомеханической обработки, и ее видам. В конце занятий заслушиваются доклады аспирантов.

Семинары 11–13. Химико-термическая обработка

На первом занятии аспиранты обсуждают процессы цементации стальных и титановых сплавов, в частности, режимы обработки и составы электролитов, получаемые значения микротвердости и шероховатости, структурные особенности слоя и его фазовый состав, характеристики износостойкости и коррозионной стойкости.

Второй семинар посвящается процессам азотирования и нитроцементации стальных и титановых сплавов, в частности, режимы обработки и составы электролитов, получаемые значения микротвердости и шероховатости, структурные особенности слоя и его фазовый состав, характеристики износостойкости и коррозионной стойкости.

На третьем семинаре аспиранты обсуждают процессы борирования стальных и титановых сплавов, в частности, режимы обработки и составы электролитов, получаемые значения микротвердости и шероховатости, структурные особенности слоя и его фазовый состав, характеристики износостойкости и коррозионной стойкости.

Семинары 14–15. Механические свойства. Разрушение

На первом занятии обсуждаются виды деформаций и напряженных состояний, закономерности вязкого и хрупкого разрушения, включая зарождение трещин, роль температуры, а также усталостные и трибологические испытания.

Второй семинар посвящается проблемам разрушения металлов и сплавов, а также методам повышения их прочности, усталостной прочности и износостойкости, в привлечении результатов, полученных при электролитно-плазменной обработке. В конце занятий заслушиваются доклады аспирантов.

Семинары 16–17. Методы исследования металлов.

Первый семинар связан с обсуждением методов изучения микроструктуры, а также анализов элементного и фазового состава на примерах опубликованных материалах. Здесь же изучается взаимосвязь между структурными особенностями материала и его свойствами, в частности с микротвердостью и поверхностной шероховатостью. Особое внимание уделяется испытаниям на износ и коррозионную стойкость.

На втором семинаре рассматриваются структуры и их особенности после электролитно-плазменного диффузионного насыщения сплавов азотом, углеродом, кислородом и бором. В конце занятий заслушиваются доклады аспирантов.

Семинар 18. Промышленные сплавы

В начале занятия аспиранты отвечают на вопросы по классификации конструкционных, инструментальных и специальных материалов. Рассматриваются сплавы на основе железа, а также титановые, алюминиевые, медные и магниевые. В конце занятий заслушиваются доклады аспирантов.

Семинар 19. Тестирование

7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

а) основная:

1. Солнцев, Ю.П. Материаловедение специальных отраслей машиностроения: учебное пособие / Ю.П. Солнцев, В.Ю. Пирайнен, С.А. Вологжанина; под ред. Ю.П. Солнцева. – Санкт-Петербург: Химиздат, 2007. – 784 с. – ISBN 978-5-93808-143-7; То же [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=98341> (16.01.2018).

2. Никифоров, В.М. Технология металлов и других конструкционных материалов : учебник для техникумов / В.М. Никифоров. - 10-е изд., стер. - Санкт-Петербург. : Политехника, 2015. - 383 с. : схем., табл., ил. - ISBN 978-5-7325-0959-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=447617> (16.01.2018).

3. Виноградова, В.С. EnglishReadingDevelopment : учебное пособие / В.С. Виноградова. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург. : Политехника, 2013. – 307 с. – ISBN 978-5-7325-1017-1; То же [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=124617> (16.01.2018).

4. Слесарчук, В.А. Материаловедение и технология материалов : учебное пособие / В.А. Слесарчук. - 2-е изд., стер. - Минск : РИПО, 2015. - 392 с. : схем., ил. - Библиогр.: с. 384. - ISBN 978-985-503-499-6; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=463342> (16.01.2018).

б) дополнительная:

1. Арзамасов Б. Н. Научные основы материаловедения / Б. Н. Арзамасов, А. И. Крашенинников, Ж. П. Пастухова, А. Г. Рахштадт. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1994. – 336 с.

2. Белкин П. Н. Механические свойства, прочность и разрушение твердых тел. – Кострома: КГУ им. Н. А. Некрасова, 2005. – 189 с.

3. Белихов А. Б. Основы практической металлографии / А. Б. Белихов, П. Н. Белкин. – Кострома: КГУ им. Н. А. Некрасова, 2006. – 64 с.

4. Белкин П. Н. Электрохимико-термическая обработка металлов и сплавов. М: Мир, 2005. – 336 с.

5. Коротаяев Д.Н., Мишуров А.Ф., Шутова Е.Ю.. Технологический процесс термической обработки деталей машин. Омск.: Издательство СибАДИ. 2002. <http://bek.sibadi.org/fulltext/ed122.pdf>

6. Горбоконенко В. Д., Шикина В.Е. Сертификация в вопросах и ответах. Ульяновск. 2005. <http://www.studfiles.ru/preview/1075775/>

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Информационно-образовательные ресурсы:

1. Федеральный портал «Российское образование»;
2. Официальный сайт министерства образования и науки Российской Федерации

Электронные библиотечные системы:

1. Университетская библиотека онлайн <http://biblioclub.ru>
2. «Лань» <http://e.lanbook.com/>
3. ЭБС «Znanium»

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория для лекций и практических занятий:

Корпус УЛК, № 212, количество посадочных мест – 30, мультимедийный комплекс, включающий экран, ноутбук и проектор.

Аудитории для самостоятельной работы:

Читальный зал корпуса «Е», количество посадочных мест – 22, 9 компьютеров (6 для читателей, 3 для сотрудников); 1 сканер.

Читальный зал корпуса «Б1», количество посадочных мест – 200. 3 компьютера для сотрудников; 1 принтер; 1 копир/принтер; 1 проектор; 2 экрана для проектора; 1 ворота «Антивор»; 1 WIFI-точка доступа. Лицензионное ПО: АИБС МаркSQL.

Компьютерный класс, корпус "Е", ауд.227, количество посадочных мест – 16, Блок системный КМ Office ТЗ-4170, монитор Philips. Лицензионное ПО: Windows 8.1 Pro договор № 50155/ЯР4393 от 12.12.2014 с ООО Софт-лайн Проекты, MathCAD Education договор № 208/13 от 10.06.2013 с ООО ЮнитАльфаСофт.