

Минобрнауки России

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

Кафедра материаловедения и технологии материалов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«ФДТ.6 Оптимизация термической обработки инструмента в машиностроении»

Уровень высшего образования

МАГИСТРАТУРА

Направление подготовки

15.04.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки)

Повышение износостойкости и восстановление деталей

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Магистр

Форма обучения

Очная

Год набора 2025

Рабочая программа дисциплины «ФДТ.6 Оптимизация термической обработки инструмента в машиностроении» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра материаловедения и технологии материалов

наименование кафедры

протокол № 11 от "24" июня 2026 г.

Заведующий кафедрой

Кафедра материаловедения и технологии материалов

наименование кафедры


подпись

В.И. Юржев

расшифровка подписи

Исполнители:

Доцент

кафедры материаловедения и технологии материалов

должность


подпись

А.С. Кириленко

расшифровка подписи

Зав. кафедрой материаловедения и технологии материалов

должность


подпись

В.И. Юржев

расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки

15.04.01 Машиностроение

код наименование


личная подпись

В.И. Юржев

расшифровка подписи

Научный руководитель магистерской программы


личная подпись

В.И. Юржев

расшифровка подписи

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов



личная подпись



расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству от АКИ



личная подпись

А.М. Черноусова

расшифровка подписи

№ регистрации 194837

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины:

- формирование у обучающихся в условиях цифровой трансформации отечественной промышленности теоретических знаний и практических навыков оптимизации технологических процессов термической обработки инструмента в машиностроении, обеспечивающих повышение его эксплуатационных свойств и качества, а также подготовка к выполнению испытаний, к разработке и внедрению технологических процессов инструментального производства, осуществляемых на термическом оборудовании в окислительных и других атмосферах и в вакуумных установках.

Задачи:

- сформировать представление о современных методах оптимизации термической обработки инструмента, критериях оптимизации и факторах, влияющих на качество и эксплуатационные свойства инструмента;

- приобрести знания о технологических процессах термической обработки инструментальных материалов, осуществляемых в окислительных и других атмосферах, а также в вакуумных установках, и об особенностях их реализации;

- изучить принципы разработки и внедрения технологических процессов термической обработки инструмента с использованием методов оптимизации с учётом требований к твёрдости, износостойкости, теплостойкости и минимальной деформации, освоить подходы к выбору последовательности операций;

- сформировать навыки расчёта и назначения оптимальных параметров термической обработки для различных групп инструментальных материалов, а также оценки влияния этих параметров на формирование требуемого комплекса механических и эксплуатационных свойств;

- приобрести навыки отладки технологических процессов термической обработки инструмента и проведения испытаний термического оборудования, включая проверку равномерности температурного поля, контроль атмосферы печи, оценку стабильности режимов и интерпретацию результатов тестовых обработок образцов;

- получить представление о методах контроля качества термически обработанного инструмента, а также о типовых дефектах термической обработки, их причинах и способах предотвращения при работе в различных технологических средах;

- получить представление о порядке внедрения оптимизированных технологических процессов термической обработки инструмента и оценке их технико-экономической эффективности.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина является факультативной

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 организаций 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*-3 Способен выполнять пусконаладочные работы, испытания, разработку и внедрение технологических процессов, осуществляемых на термическом оборудовании в окислительных и других атмосферах, в вакуумных установках	ПК*-3-В-1 Осуществляет подготовку к выполнению работ по пуску и наладке сложного термического оборудования и отладке технологических процессов	<u>Знать:</u> - современные методы оптимизации термической обработки инструмента, критерии оптимизации и факторы, определяющие качество и эксплуатационные свойства инструмента; - закономерности и особенности технологических процессов термической обработки инструментальных материалов в окислительных и других атмосферах, а также в вакуумных установках, включая специфику их реализации и ограничения; - принципы разработки и внедрения технологических процессов термической обработки с учётом требований к эксплуатационным характеристикам инструмента; - методы испытаний термического оборудования, контроля качества термически обработанного инструмента, причины типовых дефектов и способы их предотвращения при работе в разных технологических средах. <u>Уметь:</u> - обосновывать выбор и рассчитывать оптимальные параметры термической обработки для различных групп инструментальных материалов; - разрабатывать технологические процессы термической обработки инструмента для окислительных и других атмосфер, а также вакуумных установок с выбором рациональной последовательности операций; - проводить отладку технологических процессов термической обработки: проверять равномерность температурного поля, контролировать атмосферу печи, оценивать стабильность режимов и интерпретировать результаты тестовых обработок образцов; - выявлять типовые дефекты термической обработки по результатам контроля качества, предлагать способы их предотвращения и оценивать технико-экономическую эффективность внедряемых процессов. <u>Владеть:</u> - навыками работы с нормативно-технической документацией по термической обработке инструмента и контролю качества; - методиками выбора и обоснования технологических решений по термической обработке с учётом специфики инструментального производства и требований к эксплуатационным свойствам; - методиками расчёта и назначения оптимальных режимов термической обработки инструментальных материалов с оценкой их влияния на комплекс механических и эксплуатационных свойств; - практическими приёмами разработки, отладки и реализации технологических процессов термической обработки в контролируемых атмосферах и вакууме;

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		- навыками контроля качества термически обработанного инструмента и анализа причин типовых дефектов термической обработки.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

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

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	3 семестр	всего
Общая трудоёмкость	72	72
Контактная работа:	32,25	32,25
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Промежуточная аттестация (зачёт)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: - выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ); - 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	

Разделы дисциплины, изучаемые в 3 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Теоретические основы и критерии оптимизации термической обработки инструментальных материалов	16	4	2		10
2	Технологии термической обработки основных групп режущего и формообразующего инструмента	17,75	4	4		9,75
3	Традиционные и инновационные методы интенсификации и оптимизации режимов термической обработки инструмента	18	4	4		10
4	Оптимизация режимов и управление качеством термической обработки инструмента	20	4	6		10
	Промежуточная аттестация (зачёт)	0,25				0,25
	Итого:	72	16	16		40
	Всего:	72	16	16		40

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел № 1. Теоретические основы и критерии оптимизации термической обработки инструментальных материалов.

Инструментальные материалы как объект оптимизации. Классификация инструментальных материалов (углеродистые, легированные, литые и порошковые быстрорежущие стали, штамповые стали холодного и горячего деформирования, твёрдые сплавы). Связь «состав – структура – свойства – эксплуатационные характеристики инструмента».

Критерии оптимизации. Понятие «критерия оптимальности» и целевой функции в терминологии термической обработки. Максимизация твёрдости, теплостойкости (красностойкости), износостойкости, изгибной прочности, ударной вязкости, трещиностойкости.

Ключевые параметры управления. Температура аустенизации, среда и скорость охлаждения, температура и кратность отпуска, продолжительность выдержки, скорость нагрева и охлаждения при спекании, температура и продолжительность спекания. Влияние факторов на формирование структуры (размер зерна, количество остаточного аустенита, тип и распределение карбидов).

Термический анализ инструментальных сплавов. Дилатометрический анализ инструментальных сплавов.

Фазовые превращения в инструментальных сталях при нагреве и охлаждении. Диаграмма состояния и её использование для выбора режимов термической обработки инструментальных сталей. Влияние углерода и легирующих элементов на положение критических точек. Превращения в стали при нагреве: образование аустенита, растворение карбидов, гомогенизация. Кинетика аустенитного превращения и её влияние на структуру и свойства инструмента. Влияние скорости нагрева на фазовый состав и размер зерна аустенита.

Превращения переохлаждённого аустенита и их роль в формировании структуры инструмента. Изотермические и термокинетические диаграммы распада переохлаждённого аустенита для инструментальных сталей различных групп. Перлитное, бейнитное и мартенситное превращения: механизмы, температурные интервалы, морфология продуктов распада. Влияние легирующих элементов на устойчивость переохлаждённого аустенита и смещение температур начала и конца мартенситного превращения. Остаточный аустенит: причины образования, влияние на прочность, твёрдость и размерную стабильность инструмента. Способы управления количеством остаточного аустенита в рамках оптимизации режима.

Закалка инструментальных сталей: механизмы упрочнения и структурообразования. Мартенситное превращение в углеродистых и легированных инструментальных сталях: бездиффузионный характер, сдвиговый механизм, влияние содержания углерода на тип мартенсита. Термические и структурные напряжения при закалке, их распределение по сечению инструмента. Прокаливаемость и закаливаемость инструментальных сталей. Выбор закалочных сред (вода, масло, расплавы солей, полимерные среды) для инструмента различных типоразмеров.

Отпуск закалённого инструмента: структурные изменения и оптимизация свойств. Стадии отпуска: распад мартенсита (первый и второй тип), превращение остаточного аустенита, коагуляция карбидов. Влияние температуры и длительности отпуска на твёрдость, прочность, ударную вязкость и износостойкость. Низкий, средний и высокий отпуск: области применения для различных групп инструмента. Вторичная твёрдость при отпуске быстрорежущих и высокохромистых сталей: механизм, условия проявления, практическое значение.

Теплостойкость и красностойкость. Механизмы разупрочнения инструмента при нагреве и способы повышения теплостойкости за счёт легирования и оптимизации режимов отпуска. Сравнение поведения углеродистых и быстрорежущих сталей.

Структурно-фазовые превращения в твёрдых сплавах в условиях жидкофазного спекания.

Раздел № 2. Технологии термической обработки основных групп режущего и формообразующего инструмента.

Термическая обработка углеродистых и легированных инструментальных сталей. Назначение и классификация инструментальных сталей для режущего и измерительного инструмента. Схемы термической обработки: отжиг, нормализация, закалка, отпуск. Особенности закалки инструмента простой и сложной формы из углеродистых сталей: выбор охлаждающей среды, предотвращение

трещин. Стабилизирующая обработка измерительного инструмента для обеспечения размерной стойкости (обработка холодом, старение). Режимы отпуска в зависимости от требуемого сочетания твёрдости и вязкости.

Термическая обработка быстрорежущих сталей. Структура быстрорежущих сталей в отожжённом состоянии: карбидная фаза, её типы, распределение и влияние на обрабатываемость. Закалка быстрорежущих сталей: ступенчатый нагрев, температуры аустенизации, выбор закалочной среды. Оптимизация режимов отпуска: влияние температуры и количества циклов на вторичную твёрдость. Факторы, определяющие выбор температуры закалки и отпуска для конкретного типа инструмента (свёрла, фрезы, резцы, метчики). Особенности термической обработки порошковых быстрорежущих сталей.

Термическая обработка штамповых сталей для холодного и горячего деформирования. Стали для штампов холодного деформирования: закалка и отпуск, влияние дисперсности карбидной фазы на износостойкость и контактную выносливость. Режимы обработки высокохромистых сталей. Стали для штампов горячего деформирования: теплостойкость, окалиностойкость, циклическая термическая усталость. Закалка и отпуск штампов сложной формы: управление короблением и трещинообразованием, применение изотермической закалки.

Термическая обработка твёрдых сплавов, керамики и композиционных материалов для инструмента. Спекание металлокерамических твёрдых сплавов. Термическая обработка твёрдых сплавов: вакуумный отжиг, обработка на повышенную прочность, влияние на работоспособность. Керамические режущие материалы: особенности изготовления и термической обработки; факторы, определяющие прочность и трещиностойкость. Композиционные и многослойные инструменты: подготовка подложки и термические аспекты нанесения покрытий.

Раздел № 3. Традиционные и инновационные методы интенсификации и оптимизации режимов термической обработки инструмента.

Оптимизация закалки. Выбор температуры аустенизации и среды охлаждения (вода, масло, растворы полимеров, гетерофазные среды) применительно к разным группам инструментальных сталей. Ступенчатая и изотермическая закалка как способы снижения деформации и коробления.

Криогенная обработка. Обработка при температурах жидкого азота как дополнительная операция после закалки. Механизмы воздействия: превращение остаточного аустенита, изменение напряжённого состояния, выделение мелкодисперсных карбидов при последующем отпуске. Влияние на износостойкость и теплостойкость быстрорежущих сталей. Оптимизация цикла «закалка – обработка холодом – отпуск» для быстрорежущих и штамповых сталей.

Вакуумная термическая обработка. Преимущества вакуумных печей (отсутствие обезуглероживания и окисления, возможность управления давлением охлаждающего газа). Оптимизация давления и скорости охлаждения для снижения коробления и повышения вязкости инструмента.

Термоциклическая обработка (ТЦО) инструментальных сталей. Влияние ТЦО на структуру и свойства быстрорежущих сталей. ТЦО углеродистых инструментальных сталей. ТЦО легированных инструментальных сталей. ТЦО штамповых сталей.

Химико-термическая обработка режущего и формообразующего инструмента. Цементация и нитроцементация: режимы насыщения поверхностного слоя углеродом и азотом, структура и свойства диффузионного слоя; применение для инструмента, работающего при ударных нагрузках. Азотирование: газовое, ионное (плазменное); формирование износостойкого слоя на быстрорежущих и штамповых сталях. Борирование: структура борированного слоя, его высокая абразивная износостойкость и хрупкость, области применения. Цианирование и карбонитрация: особенности и перспективы для точного и тяжело нагруженного инструмента.

Поверхностная закалка для локального повышения твёрдости и износостойкости рабочих кромок инструмента. Индукционная закалка токами высокой частоты (ТВЧ): выбор частоты, глубина закалённого слоя, распределение твёрдости по сечению; применение для зуборезного, измерительного и крупногабаритного инструмента. Лазерная закалка: управление плотностью мощности, скоростью сканирования и глубиной упрочнения; минимизация термического воздействия на сердцевину. Электронно-лучевая закалка в вакууме: преимущества для точного инструмента, контроль градиента свойств.

Нанесение износостойких покрытий и их термические аспекты. Физическое осаждение из

паровой фазы: магнетронное распыление, катодное ионно-плазменное напыление, дуговое испарение. Химическое осаждение из газовой фазы: температурные интервалы, влияние на фазовый состав подложки, необходимость последующего отпуска. Термические режимы нанесения покрытий на инструмент из быстрорежущих и твёрдосплавных материалов. Многослойные и наноструктурные покрытия – архитектура слоёв, управление термическими напряжениями на границе «покрытие – подложка». Влияние покрытий на стойкость инструмента: механизм повышения износостойкости, снижение тепловой нагрузки на основу.

Комбинированные и гибридные процессы. Совмещение термической обработки с нанесением покрытий как путь сокращения технологического цикла и энергопотребления. Термомеханическая обработка (ТМО) инструментальных сталей: совмещение пластической деформации и фазовых превращений, формирование дислокационной структуры и дисперсных карбидов. Влияние ТМО на прочность, ударную вязкость и усталостную долговечность инструмента. Финишное электроискровое и ультразвуковое упрочнение в комбинации с термической обработкой.

Раздел № 4. Оптимизация режимов и управление качеством термической обработки инструмента.

Математическое моделирование и выбор оптимальных режимов термической обработки инструмента. Постановка задачи оптимизации: целевые функции (максимизация твёрдости, износостойкости, стойкости инструмента), ограничения (трещинообразование, коробление, размерная точность, экономические факторы).

Экспериментально-статистические модели (оптимальное планирование многофакторного экстремального эксперимента, регрессионный анализ) для оптимизации параметров термической обработки. Построение эмпирических моделей «параметры режима – свойства инструмента». Использование регрессионного анализа для поиска области оптимальных значений и построения поверхностей отклика.

Компьютерное моделирование и симуляция. Применение метода конечных элементов (МКЭ) и программные комплексы для расчёта напряжённо-деформированного состояния, температурных полей и фазовых превращений при нагреве и охлаждении (DEFORM, MatCalc, Abaqus и др.). Прогнозирование локальной микроструктуры и свойств по сечению инструмента сложной геометрии по термокинетическим диаграммам с учётом реальных скоростей нагрева и охлаждения до проведения обработки.

Термодинамическое моделирование. Использование методов CALPHAD и программ типа Thermo-Calc для расчёта фазового состава и растворения карбидов при нагреве под закалку как этап предварительной оптимизации химического состава и температурных режимов.

Применение искусственного интеллекта в управлении процессами термической обработки инструмента и их оптимизации.

Управление остаточными напряжениями и деформацией инструмента при термической обработке. Природа термических и структурных напряжений при закалке; факторы, определяющие их величину и распределение. Методы снижения деформации: ступенчатая закалка, изотермическая закалка, закалка в горячих средах, регулирование скорости охлаждения на разных участках сечения. Термическая правка и стабилизирующий отпуск.

Оптимизация полного технологического маршрута. Связь термической обработки с предшествующими (ковка, механическая обработка) и последующими (шлифование, нанесение покрытий) операциями. Оценка стойкости инструмента как интегрального критерия. Методы испытаний на износ и сопоставление лабораторных показателей с реальной стойкостью.

Контроль и управление качеством термически обработанного инструмента. Методы контроля твёрдости. Металлографический контроль структуры. Магнитная дефектоскопия и капиллярный контроль для выявления закалочных трещин. Ультразвуковой контроль внутренних дефектов. Анализ размерной стабильности. Анализ причин брака и корректировка режимов.

Энергосберегающие технологии и автоматизация процессов термической обработки. Энергетический баланс термических печей и закалочных ванн: потери тепла, КПД, пути повышения энергоэффективности. Применение вакуумных и атмосферных печей с контролируемой газовой средой для безокислительной термической обработки. Роботизированные линии закалки и отпуска для серийного производства инструмента. Технико-экономическая оценка внедрения оптимизированных и энергосберегающих режимов.

4.3 Практические занятия

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Термический и дилатометрический методы анализа при исследовании фазовых превращений в инструментальных сплавах	2
2	2, 3	Оптимизация термической обработки углеродистых и легированных инструментальных сталей	2
3	2, 3	Оптимизация термической обработки инструмента из быстрорежущих сталей	2
4	2, 3	Оптимизация термической обработки штамповых сталей	2
5	2, 3	Оптимизация химико-термической обработки режущего и формообразующего инструмента	2
6	4	Математические методы планирования экспериментов при оптимизации режимов термической обработки инструмента	2
7	4	Искусственный интеллект в управлении процессом термической обработки инструмента в машиностроении	2
8	4	Контроль качества термической обработки инструмента	2
		Итого:	16

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1 Лахтин, Ю. М. Материаловедение [Текст] : учебник / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – М. : Машиностроение, 1990; Москва : Альянс, 2013. – 528 с. – ISBN 978-5-91872-033-2.

2 Богодухов, С. И. Материаловедение [Текст] : учебник для студентов высших учебных заведений / С. И. Богодухов, Е. С. Козик. – Старый Оскол : ТНТ, 2013, 2018. – 536 с. – ISBN 978-5-94178-338-0; М. : Машиностроение, 2015. – 504 с. – ISBN 978-5-94275-775-5.

3 Зубарев, Ю. М. Современные инструментальные материалы : учебник / Ю. М. Зубарев. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 304 с. – ISBN 978-5-8114-0832-0. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/210758> (дата обращения: 24.06.2026). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

5.2 Дополнительная литература

1 Материаловедение [Текст] : учеб. для вузов / Б. Н. Арзамасов [и др.]; [под общ. ред. Б. Н. Арзамасова, Г. Г. Мухина]. – 8-е изд., стер. – Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 648 с. – ISBN 978-5-7038-1860-2.

2 Коротков, А. Н. Инструментальные материалы : учебник / А. Н. Коротков, Л. П. Короткова. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 188 с. – ISBN 978-5-9729-1997-0. – Текст : электронный. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=726186> (дата обращения: 24.06.2026).

3 Бондаренко, В. А. Обеспечение качества и улучшение характеристик режущих инструментов [Текст] : учебник / В. А. Бондаренко, С. И. Богодухов. – Москва : Машиностроение, 2000. – 144 с. – ISBN 5-217-02953-6.

4 Григорьев, С. Н. Ионно-плазменное упрочнение инструментальных сталей [Текст] : учеб. пособие для вузов / С. Н. Григорьев, Л. Л. Ильичев, В. И. Рудаков. – Оренбург : ОГУ, 2005. – 415 с. – ISBN 5-7410-0900-5.

5 Богодухов, С. И. Курс материаловедения в вопросах и ответах [Текст] : учебное пособие для вузов / С. И. Богодухов, А. В. Синюхин, Е. С. Козик. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 2010. – 350 с. – ISBN 978-5-94275-530-0.

6 Материаловедение и технологические процессы в машиностроении [Текст] : учебное

пособие / С. И. Богодухов [и др.]; под ред. С. И. Богодухова. – Старый Оскол : ТНТ, 2010, 2017. – 560 с.; 2023. – 608 с. – ISBN 978-5-94178-220-8.

6 Аттетков, А. В. Методы оптимизации [Текст]: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / А. В. Аттетков, В. С. Зарубин, А. Н. Канатников. – Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2013. – 270 с. – ISBN 978-5-369-01037-5. – ISBN 978-5-16-004876-5.

7 Грешилов, А. А. Математические методы принятия решений [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по машиностроительным специальностям / А. А. Грешилов. – Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 584 с. – ISBN 5-7038-2893-7.

8 Грачев, Ю. П. Математические методы планирования экспериментов [Текст] : учебник для вузов / Ю. П. Грачев. – Москва : Пищевая пром-сть, 1979. – 200 с.

5.3 Периодические издания

1 Вестник машиностроения : журнал. – Москва : Агентство «Роспечать», 2016-2025.

2 Материаловедение : журнал. – Москва : ООО «Наука и технологии», 2020-2026.

3 Металловедение и термическая обработка металлов: журнал. – Москва : ИД «Фолиум», 2016, 2023-2024.

4 Технология машиностроения : журнал. – Москва : Агентство «Роспечать», 2018-2024.

5 Заводская лаборатория. Диагностика материалов : журнал. – Москва : ООО «Издательство «ТЕСТ-ЗЛ», 2020-2026.

5.4 Интернет-ресурсы

1 Информационно-аналитический портал «Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU»: [сайт]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru>.

2 База данных свойств материалов Total Materia: [сайт]. – Режим доступа: <https://www.totalmateria.com/ru>.

3 База данных свойств материалов MatWeb: [сайт]. – Режим доступа: <https://matweb.com>.

4 Thermo-Calc Software – мировой лидер в области вычислительной инженерии материалов: [сайт]. – Режим доступа: <https://thermocalc.com>.

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1 Операционная система РЕД ОС.

2 Пакет офисных приложений «МойОфис Образование».

3 Платформа для проведения онлайн мероприятий и видеоконференций «DION».

4 Яндекс.Браузер – браузер, созданный компанией «Яндекс» на основе движка Blink (бесплатная версия). Режим доступа: <https://browser.yandex.ru>.

5 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>.

6 КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: электронное периодическое издание справочная правовая система. / Разработчик ЗАО «Консультант Плюс», [1992–2026].

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

8 Университетская платформа электронного обучения «Электронные курсы ОГУ в системе обучения Moodle», режим доступа: <http://moodle.osu.ru>.

9 Интегрированная система решения математических, инженерно-технических и научных задач PTC MathCAD 14.0.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащено компьютерной техникой, подключенной к сети «Интернет» и обеспечивающей доступ в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.

Для проведения занятий лекционного типа и практических занятий предусмотрено применение тематических стендов, информационно-измерительных систем, комплектов плакатов, схем, натуральных образцов, таблиц, раздаточного материала, технической документации на лабораторное и технологическое оборудование кафедры.

Для проведения практических занятий на кафедре используется учебно- и научно-исследовательское технологическое и испытательное оборудование, приборы и установки, находящиеся в лабораториях: лазерных технологий; металловедения; оптической и электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа; вакуумной техники и нанесения покрытий; высокотемпературной обработки материалов:

- лабораторные муфельные печи;
- камерная вакуумная электротермическая установка КБ 124 с программируемой системой управления;
- индукционная высокочастотная установка для нагрева ЛН-30кВ-В;
- стационарные твердомеры ТК-2М;
- стационарный твердомер ТН-301;
- микротвердомер ПМТ-3М;
- шлифовально-полировальный станок для подготовки металлографических образцов;
- металлографические микроскопы с цифровой камерой и системой компьютерной обработки изображений;
- микроскоп Альтами МЕТ 3 (цифровой металлографический комплекс);
- микровизор металлографический μ Vizo-MET-221;
- лазерная технологическая установка «МУЛ-1».