

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 И.Ю.Черникова

« 10 » января 20 25 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Получение покрытий методами вакуумной ионно-плазменной технологии
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: магистратура
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 22.04.02 Металлургия
(код и наименование направления)

Направленность: Металловедение и технология термической обработки сталей и высокопрочных сплавов
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель - формирование комплекса знаний, умений и навыков в области получения покрытий методами вакуумной ионно-плазменной технологии.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение различных методов вакуумной ионно-плазменной технологии, оборудования, принципов формирования диффузионных слоев и покрытий, полученных при различных видах поверхностной обработки; их структуры и свойств; методики исследования качества поверхностных слоев;
- формирование умения решать задачи, относящиеся к технологиям вакуумной ионно-плазменной обработки поверхности;
- формирование навыков выбора технологических параметров ионно-плазменной обработки для поверхностного упрочнения деталей.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- оборудование для поверхностной обработки;
- структура поверхностного слоя, свойства поверхностного слоя.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.1	ИД-1ПК-2.1	Знает теорию термообработки сталей и сплавов; технологические процессы термической обработки; конструкции основного и вспомогательного термического оборудования.	Знает теорию термообработки сталей и сплавов; технологические процессы термической обработки; конструкции основного и вспомогательного термического оборудования.	Зачет
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	Владеет навыками выбора технологических процессов объемной и поверхностной термической обработки.	Владеет навыками выбора технологических процессов объемной и поверхностной термической обработки.	Индивидуальное задание
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	Умеет решать задачи, относящиеся к технологии термического производства, используя теоретические знания.	Умеет решать задачи, относящиеся к технологии термического производства, используя теоретические знания.	Индивидуальное задание

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		4
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	36	36
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:		
- лекции (Л)		
- лабораторные работы (ЛР)		
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	34	34
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
- контрольная работа		
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72
2. Промежуточная аттестация		
Экзамен		
Дифференцированный зачет		
Зачет	9	9
Курсовой проект (КП)		
Курсовая работа (КР)		
Общая трудоемкость дисциплины	108	108

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
4-й семестр				
Физико-химические основы процессов взаимодействия в плазме при ХТО.	0	0	4	9
Тема 1. Плазма. Основные понятия и свойства. Температура плазмы. Классификация плазмы. Параметры, определяющие плазму (напряженность электрического поля, давление, расход газа, ток разряда). Физические свойства плазмы. Условия возникновения разряда в газе. Формы разряда низкого давления (тлеющий, дуговой, искровой, коронный). Тема 2. Анализ физической сущности процессов в катодной области тлеющего разряда при ХТО. Газодинамические и энергетические характеристики процесса ионного азотирования. Взаимосвязь параметров тлеющего разряда и газодинамических характеристик процесса ионного азотирования.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Устройства, применяемые для плазменной химикотермической обработки.	0	0	6	13
Тема 3. Источники питания для формирования тлеющего разряда. Рабочие камеры установок ионного азотирования. Конструктивные особенности оборудования для плазменной ХТО - ионного азотирования и ионной цементации. Тема 4. Вакуумные системы установок ионного азотирования. Технические характеристики установок различных производителей. Сравнительный анализ работы установок с камерами различного исполнения. Энергетические характеристики камер с холодными и горячими стенками установок плазменной ХТО. Разогрев садки в камерах с горячими и холодными стенками.				
Ионное азотирование в тлеющем разряде. Технология.	0	0	24	50
Тема 5. Влияние факторов (давления рабочего газа, состава среды, температуры поверхности, времени, межэлектродного напряжения, плотности тока) на формирование слоя. Структура и свойства слоя. Энергетические модели процесса азотирования в тлеющем разряде (модель Арзамасова Б.Н., Лахтина Ю.М., Пастуха И.М.). Преимущества и недостатки азотирования в тлеющем разряде перед газовым процессом насыщения. Технологические особенности процесса азотирования. Тема 6. Формирование Азотированного слоя при азотировании в тлеющем разряде. Взаимосвязь параметра «плотность потока азота» и характеристик обрабатываемой стали. Влияние состава газовой смеси при разогреве садки на формирование азотированного слоя. Методика расчета режима ионного азотирования. Тема 7. Влияние подготовки поверхности стальных деталей к химико-термической обработке. Подготовка деталей после их изготовления до загрузки в реактор для последующего азотирования. Очистка поверхности деталей в реакторе непосредственно перед плазменной химико-термической обработкой. Тема 8. Способы достижения равномерного азотирования деталей сложной формы. Азотирование протяженных деталей. Достижение равномерности азотирования с помощью активного экрана. Тема 9. Виды плазменной химико-термической обработки сталей. Карбонизация и карбоазотирование. Оксидирование и оксиазотирование. Сульфатирование и				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
сульфоазотирование. Кадмирование. Тема 10. Особенности (примеры) химикотермической обработки различных типов сталей. Влияние (химического состава сталей, кристаллической решетки и т.д.) на свойства слоя. Влияние кристаллической структуры различных нержавеющих сталей на результаты химикотермической обработки. Тема 11. Влияние предварительной плазменной химико-термической обработки стальных деталей на свойства наносимых на них упрочняющих или защитных покрытий. Однослойные покрытия. Многослойные покрытия. Многослойные градиентные покрытия.				
ИТОГО по 4-му семестру	0	0	34	72
ИТОГО по дисциплине	0	0	34	72

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Плазма. Основные понятия и свойства. Классификация плазмы. Физические свойства плазмы. Параметры, определяющие плазму.
2	Условия возникновения разряда в газе. Формы разряда низкого давления (тлеющий, дуговой, искровой, коронный).
3	Физические явления взаимодействия потока ионов с поверхностью. Конденсация, внедрение, распыление. Методы нагрева для испарения. Методы распыления.
4	Ионное азотирование в тлеющем разряде. Технология. Влияние факторов на формирование слоя. Структура и свойства слоя.
5	Энергетические модели процесса азотирования в тлеющем разряде (модель Арзамасова Б.Н., Лахтина Ю.М., Пастуха И.М.).
6	Влияние подготовки поверхности стальных деталей к химико-термической обработке.
7	Устройства, применяемые для плазменной химико-термической обработки.
8	Способы достижения равномерного азотирования деталей сложной формы. Влияние подготовки поверхности деталей к химико-термической обработке.
9	Плазменная химико-термическая обработка сталей: карбонизация и карбоазотирование. Оксидирование и оксиазотирование. Сульфатирование и сульфоазотирование. Кадмирование.
10	Особенности (примеры) химико-термической обработки различных типов сталей.
11	Влияние предварительной плазменной химико-термической обработки стальных деталей на свойства наносимых на них упрочняющих или защитных покрытий. Однослойные и многослойные покрытия. Многослойные градиентные покрытия.
12	Азотирование в вакуумно-дуговом разряде.
13	Ионная имплантация.

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
14	Сравнение различных способов азотирования между собой.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

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

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

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

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

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

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

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Азотирование и карбонитрирование : пер. с нем. / Чаттерджи-Фишер Р., Эйзелл Ф.-В., Хоффманн Р., Лидтке Д. Москва : Металлургия, 1990. 279 с.	5
2	Ефремов А.М., Светцов В.И., Рыбкин В.В. Вакуумно-плазменные процессы и технологии : учебное пособие для вузов. Иваново : ИГХТУ, 2006. 260 с.	3

3	Теория и технология азотирования / Лахтин Ю. М., Коган Я. Д., Шпис Г.-И., Бемер З. Москва : Металлургия, 1991. 319 с.	8
4	Теория и технология покрытий. Вакуумное конденсационное напыление покрытий : учебное пособие для вузов / Анциферов В.Н., Горчаков А.И., Кривоносова Е.А., Матыгуллина Е.В., Ханов А.М. Пермь : ПГТУ, 2006. 72 с.	37
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Григорьев С. Н. Методы повышения стойкости режущего инструмента : учебник для вузов. Москва : Машиностроение, 2011. 368 с. 22,54 усл. печ. л.	5
2	Григорьев С. Н., Грибков А. А., Алешин С. В. Технологии нанообработки : учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Старый Оскол : ТНТ, 2010. 319 с.	7
2.2. Периодические издания		
1	Металловедение и термическая обработка металлов : научно-технический и производственный журнал. Москва : Машиностроение, 1955 - .	
2	Упрочняющие технологии и покрытия : научно-технический и производственный журнал. Москва : Машиностроение, 2005 - .	
2.3. Нормативно-технические издания		
1	Марочник сталей и сплавов. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Машиностроение-1, 2003. 782 с.	62
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
1	Герасимов С. А., Куксенова Л. И., Лаптева В. Г. Структура и износостойкость азотированных конструкционных сталей и сплавов : монография. 2-е изд., испр. Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. 519 с. 42,25 усл. печ. л.	1

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Мирзоев Р.А. Давыдов А.Д. Анодные процессы электрохимической обработки металлов	http://elib.pstu.ru/Record/lan148436	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Берлин, Е. В. Плазменная химико-термическая обработка поверхности стальных деталей : справочник	https://e.lanbook.com/book/73509	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Босяков М.Н. , Силина О.В. , Козлов А.А. Плазменная химикотермическая обработка	https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib25093	сеть Интернет; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Волков Ю.С. Электрофизические и электрохимические процессы	http://elib.pstu.ru/Record/lan148436	локальная сеть; авторизованный доступ

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

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

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	https://elib.pstu.ru/
Образовательная платформа Юрайт	https://urait.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRsmart	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	локальная сеть
База данных компании EBSCO	https://www.ebsco.com/
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	http://325290.inkip.ru/docs

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Практическое занятие	Доска маркерная	1
Практическое занятие	ПК	30
Практическое занятие	ПК или ноутбук	1
Практическое занятие	Проектор	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
