

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 24 » января 20__ 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 способа 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	- современные и перспективные методы вакуумной ионно-плазменной технологии; - принципы формирования покрытий, полученных при различных методах вакуумной ионно-плазменной технологии; - структуры и свойства покрытий полученных после различных методов вакуумной ионно-плазменной технологии.	Знает теорию термообработки сталей и сплавов; технологические процессы термической обработки; конструкции основного и вспомогательного термического оборудования.	Тест
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	- навыками выбора способа поверхностного упрочнения деталей.	Владеет навыками выбора технологических процессов объемной и поверхностной термической обработки.	Зачет

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-2ПК-2.1	- решать задачи, относящиеся к технологиям вакуумной ионно-плазменной обработки поверхности; уметь анализировать результаты поиска по заданной теме и формировать доклад;	Умеет решать задачи, относящиеся к технологии термического производства, используя теоретические знания.	Зачет

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
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	
3-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Физико-химические основы процессов взаимодействия в плазме	0	0	6	13
<p>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: квазинейтральность, плазменная чистота, дебаевский радиус.</p> <p>Тема 2. Условия возникновения разряда в газе. Несамостоятельный и самостоятельный разряд, условия развития самостоятельного разряда. Формы разряда низкого давления (тлеющий, дуговой, искровой, коронный).</p> <p>Тема 3. Физические явления взаимодействия потока ионов с поверхностью. Конденсация, внедрение, распыление. Физические процессы перевода материала покрытия из твердого состояния в газообразное: испарение, распыление, за счет химической реакции. Методы нагрева для осуществления испарения. Методы распыления.</p>				
Методы вакуумных ионно-плазменных технологий модифицирования поверхностных слоев	0	0	21	42
<p>Тема 4. Ионное азотирование в тлеющем разряде. Технология. 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.</p> <p>Тема 5. Азотирование в вакуумно-дуговом разряде. Параметры процесса. Влияние факторов (температуры поверхности, времени, давления рабочего газа, состава среды, межэлектродного напряжения, плотности тока) на формирование слоя. Структура и свойства слоя. Основные отличия процесса от азотирования в тлеющем разряде.</p> <p>Тема 6. Устройства, применяемые для плазменной химико-термической обработки. Способы нагрева деталей для плазменной химико-термической обработки. Устройства, создающие плазму в плазменных реакторах для химико-термической обработки.</p> <p>Тема 7. Влияние подготовки поверхности стальных деталей к химико-термической обработке.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>Подготовка деталей после их изготовления до загрузки в реактор для последующего азотирования. Очистка поверхности деталей в реакторе непосредственно перед плазменной химико-термической обработкой.</p> <p>Тема 8. Способы достижения равномерного азотирования деталей сложной формы. Азотирование протяженных деталей. Достижение равномерности азотирования с помощью активного экрана.</p> <p>Тема 9. Виды плазменной химико-термической обработки сталей. Карбонизация и карбоазотирование. Оксидирование и оксиазотирование. Сульфатирование и сульфоазотирование. Кадмирование.</p> <p>Тема 10. Особенности (примеры) химико-термической обработки различных типов сталей. Влияние (химического состава сталей, кристаллической решетки и т.д.) на свойства слоя. Влияние кристаллической структуры различных нержавеющей сталей на результаты химико-термической обработки.</p> <p>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 покрытий.</p> <p>Тема 12. Ионная имплантация. Физические основы и технологические особенности, преимущества и недостатки. Структура и свойства слоя. Отличие от ионного процесса (ИПА).</p>				
Нанесение покрытий (тонкопленочные технологии) методами вакуумной ионно-плазменной технологии	0	0	7	17
<p>Тема 13. Нанесение покрытий методами PVD и CVD. Физические основы и технологические особенности, преимущества и недостатки. Структура и свойства покрытий.</p> <p>Тема 14. Нанесение покрытий методами: полимеризация в тлеющем разряде, ионное осаждение, электродуговое испарение, ионно-кластерный метод, катодное распыление. Физические основы и технологические особенности, преимущества и недостатки. Структура и свойства покрытий.</p>				
ИТОГО по 3-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.
14	Сравнение различных способов азотирования между собой.
15	Нанесение покрытий: химическое и физическое осаждение из газовой фазы.
16	Нанесение покрытий: полимеризация в тлеющем разряде, ионное осаждение (триодной распылительной системе, диодной распылительной системе, с использованием разряда в полом катоде).
17	Нанесение покрытий: электродуговое испарение, ионно-кластерный метод, катодное распыление (на постоянном токе, высокочастотное).

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

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.

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, самостоятельной работе.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается 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	Ефремов А.М. Вакуумно-плазменные процессы и технологии : учебное пособие для вузов / А.М. Ефремов, В.И. Светцов, В.В. Рыбкин. - Иваново: Изд-во ИГХТУ, 2006.	3
2	Теория и технология покрытий. Вакуумное конденсационное напыление покрытий : учебное пособие для вузов / В.Н. Анциферов [и др.]. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2006.	40
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Григорьев С. Н. Методы повышения стойкости режущего инструмента : учебник для вузов / С. Н. Григорьев. - Москва: Машиностроение, 2011.	5
2	Григорьев С. Н. Технологии нанобработки : учебное пособие для вузов / С. Н. Григорьев, А. А. Грибков, С. В. Алешин. - Старый Оскол: ТНТ, 2010.	15
2.2. Периодические издания		

1	Материалы докладов международных научно-практических конференций " Технология ремонта, восстановления и упрочнения." СПб.: Изд-во Политехн. ун-та.	
2	Металловедение и термическая обработка металлов : научно-технический и производственный журнал / Редакция журнала Металловедение и термическая обработка металлов. - Москва: Машиностроение, 1955 - .	
3	Научно-технический и производственный журнал «УПРОЧНЯЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПОКРЫТИЯ».Изд-во ООО «Издательство «Инновационное машиностроение»	
2.3. Нормативно-технические издания		
1	Берлин Е. В. Получение тонких пленок реактивным магнетронным распылением : справочное пособие / Берлин Е. В., Сейдман Л. А. - Москва: Техносфера, 2014.	5
2	Марочник сталей и сплавов / Под ред. А. С. Зубченко; Сост. А. С. Зубченко. - Москва: Машиностроение-1, 2003.	68
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
1	А.В. Юрьева, А.Н. Ковальчук Введение в плазменные технологии и водородную энергетику: учебное пособие / А.В. Юрьева, А.Н. Ковальчук; Томский политехнический университет. ? Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 90 с.	7
2	Берлин Е. В. Плазменная химико-термическая обработка поверхности стальных деталей / Берлин Е. В., Коваль Н. Н., Сейдман Л. А. - Москва: Техносфера, 2012.	5
3	Евдокимов В.Д., Клименко Л.П., Евдокимова А.Н. Технология упрочнения машиностроительных материалов: учебное пособие - справочник/ Под редакцией д.т.н., проф. В.Д. Евдокимова.-Одесса Николаев: Изд-во НГТУ им Петра Могилы, 2005.-352с	4
4	Зенин Б.С. Слосман А.И. Современные технологии поверхностного упрочнения и нанесения покрытий: учебное пособие/ Б.С. Зенин, А.И. Слосман; Томский политехнический университет. - 2-е изд. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012.-120с	5
5	Степанова Т.Ю. Технологии поверхностного упрочнения деталей машин: Учебное пособие/ Т.Ю. Степанова; Иван. гос. хим-технол. ун-т - Иваново, 2009. - 64с	5

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

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/lan148448	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	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
База данных компании EBSCO	https://www.ebsco.com/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Практическое занятие	компьютеры	30

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
