

## АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### «Теория и технологии нанесения покрытий»

Дисциплина «Теория и технологии нанесения покрытий» является частью программы бакалавриата «Материаловедение и технологии материалов (общий профиль, СУОС)» по направлению «22.03.01 Материаловедение и технологии материалов».

#### **Цели и задачи дисциплины**

Цель - приобретение теоретических знаний, умения и навыков рационального выбора технологии, материалов и оборудования применительно к нанесению защитных и восстанавливающих покрытий. Задачи: - представления о способах газотермического и вакуумно-конденсационного нанесения покрытий; - влияние технологических параметров на эффективность изучаемых процессов; - основное технологическое оборудования и перспективные материалы для нанесения покрытий; - использовать литературные источники и базы данных для разработки технологических карт процесса нанесения покрытий; - проводить необходимые экспериментальные исследования, обрабатывать и анализировать полученные результаты в практических целях для оптимизации процессов нанесения покрытий..

#### **Изучаемые объекты дисциплины**

Детали, подлежащие упрочнению или восстановлению; Оборудование для нанесения покрытий; Свойства материалов, используемых для нанесения покрытий; Способы технологического изменения свойств поверхности; Проектирование процессов упрочнения и восстановления..

### Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	8
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	120	60	60
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	48	24	24
- лабораторные работы (ЛР)	32	16	16
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	32	16	16
- контроль самостоятельной работы (КСР)	8	4	4
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	168	102	66
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет	9		9
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18		18
Общая трудоемкость дисциплины	324	198	126

### Краткое 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
7-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
Технологические особенности газотермических методов нанесения покрытий	6	3	4	30
<p>Тема 5. Технологические особенности электродуговой металлизации</p> <p>Параметры режимов электродуговой металлизации и их влияние на эффективность процесса. Напыляемые материалы и свойства получаемых покрытий. Технологические приемы повышения свойств электрометаллизационных покрытий.</p> <p>Строение, структура и эксплуатационные свойства покрытий. Применение электродуговой металлизации. Преимущества и недостатки. Перспективы развития.</p> <p>Технологические режимы и применение высокочастотной металлизации.</p> <p>Тема 6. Технологические особенности плазменного напыления. Параметры режимов плазменного напыления и их влияние на эффективность процесса. Методики выбора рациональных режимов напыления.</p> <p>Плазмообразующие газы, их классификация и свойства образуемой плазмы. Напыляемые материалы, строение, структура и эксплуатационные свойства получаемых покрытий. Преимущества и недостатки способа. Области применения плазменного напыления и перспективы развития.</p> <p>Тема 7. Технологические особенности газопламенного напыления. Параметры режимов газопламенного напыления и их влияние на эффективность процесса.</p> <p>Напыляемые материалы, строение, структура и эксплуатационные свойства получаемых покрытий. Преимущества и недостатки способа. Области применения газопламенного напыления и перспективы развития.</p> <p>Тема 8. Технологические особенности детонационно-газового напыления. Параметры режимов напыления и их влияние на эффективность процесса. Напыляемые материалы, строение, структура и эксплуатационные свойства получаемых покрытий. Преимущества и недостатки способа. Области применения и перспективы развития.</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
Введение	1	0	0	0
Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины.				
Модифицирование свойств рабочих поверхностей деталей	5	3	2	26
<p>Тема 1. Классификация способов изменения физико-химических свойств поверхностей деталей. Модифицирование свойств рабочих поверхностей деталей с целью повышения их эксплуатационной надежности и долговечности. Классификация и принципиальная сущность способов изменения физико-химических свойств поверхностей деталей.</p> <p>Тема 2. Модифицирование без приращения номинального размера детали:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Механическое воздействие: дробеструйная обработка, накатка инструментом, алмазное выглаживание, обработка ультразвуком;</li> <li>- Термическое воздействие: объемная и поверхностная закалка;</li> <li>- Термомеханическая обработка: нагрев с пластической деформацией, электромеханическое упрочнение;</li> <li>- Термодиффузионное насыщение: цементация, азотирование, борирование, алитирование, хромирование и др.;</li> <li>- Микродуговое окисление в электролитах (МДО);</li> <li>- Воздействие высокоэнергетическими потоками: ионная имплантация и лазерная обработка.</li> </ul> <p>Тема 3. Модифицирование с приращением номинального размера детали:</p> <p>Модифицирование нанесением покрытий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Плакирование;</li> <li>- Погружение в расплавленные среды;</li> <li>- Электролитическое осаждение: хромирование, никелирование, осталивание, меднение;</li> <li>- Химическое осаждение;</li> <li>- Наплавка: электродуговая под флюсом, в среде защитных газов, вибродуговая, электроконтактная, электрошлаковая, плазменная.</li> <li>- Электроконтактное закрепление</li> </ul>				

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>порошков;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Электроискровая обработка;</li> <li>- Газофазное осаждение;</li> <li>- Газотермическое напыление:</li> </ul> <p>электродуговая металлизация, газопламенное напыление, плазменное напыление, детонационно-газовое напыление;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Вакуумно-конденсационное нанесение покрытий: термическое испарение, взрывное распыление-испарение, ионное распыление.</li> </ul> <p>Тема 4. Роль и значение покрытий в промышленности. Роль и значение нанесения среди известных методов получения покрытий. Цель нанесения покрытий, сравнительная характеристика свойств изделий с нанесенными покрытиями. Области рационального применения нанесенных покрытий. Отечественный и мировой уровень использования нанесенных покрытий.</p>				
<p>Технологические особенности электротермических (вакуумно-конденсационных) методов нанесения покрытий</p>	4	4	3	18
<p>Тема 9. Общие параметры вакуумного конденсационного нанесения. Общие параметры вакуумного конденсационного нанесения и их влияние на эффективность процесса.</p> <p>Тема 10. Технологические особенности вакуумно-конденсационного нанесения покрытий термическим испарением. Резистивный, индукционный, электроннолучевой, электродуговой способы испарения, их сравнительные характеристики. Параметры вакуумно-конденсационного нанесения покрытий термическим испарением и их влияние на эффективность процесса. Способы повышения энергии наносимых частиц при термическом испарении. Строение, структура и эксплуатационные свойства покрытий.</p> <p>Тема 11. Технологические особенности вакуумно-конденсационного нанесения покрытий взрывным испарением-распылением. Общие закономерности процесса. Нанесение покрытий взрывным распылением материала дугой низкого</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
давления. Параметры нанесения покрытий и их влияние на эффективность процесса. Строение, структура и эксплуатационные свойства покрытий Области применения метода. Преимущества и недостатки. Перспективы развития. Тема 12. Технологические особенности вакуумно-конденсационного нанесения покрытий ионным распылением. Обобщенная схема процесса. Технологические параметры и режимы при диодной, триодной и магнетронной схемах ионного распыления. Влияние параметров на эффективность процесса. Строение, структура и эксплуатационные свойства покрытий Области применения метода. Преимущества и недостатки. Перспективы развития.				
Оборудование для вакуумного конденсационного напыления покрытий	4	2	4	16
Тема 14. Оборудование для вакуумного конденсационного напыления покрытий Установки для вакуумного конденсационного напыления покрытий. Основные элементы установок и их классификация. Устройства для испарения и распыления материалов.				
Оборудование для газотермического напыления покрытий	4	4	3	12
Тема 13. Оборудование для газотермического напыления покрытий Функциональные схемы установок для газотермического напыления. Общие требования, предъявляемые к установкам. Распылительные устройства установок для газотермического напыления. Механизмы подачи распыляемого материала в установках для газотермического нанесения покрытий.				
ИТОГО по 7-му семестру	24	16	16	102
8-й семестр				
Теория процессов нанесения покрытий	3	0	2	10
Тема 24. Строение и свойства напыляемой поверхности Строение и свойства наносимой поверхности. Характеристика поверхности с точки зрения физики твердого тела. Физическая неоднородность, Химическая неоднородность. Поверхностная энергия.				

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>Физико-химические процессы, протекающие на поверхности твердого тела (подложки) при нанесении покрытий: адсорбция, абсорбция, окисление, смачивание.</p> <p>Теоретические основы газотермического напыления.</p> <p>Общие закономерности формирования потока напыляемого материала.</p> <p>Обобщенная схема формирования и строения газотермического покрытия.</p> <p>Физико-химические основы формирования потока напыляемых частиц при распылении порошка и проволоки.</p> <p>Взаимодействие частиц с газами, газонасыщение.</p> <p>Взаимодействие напыляемых частиц с подложкой. Физический контакт, химическое взаимодействие. Влияние кинетической и тепловой энергии частиц на термодинамические процессы формирования покрытия.</p> <p>Механизм и кинетика физико-химических процессов, ведущих к прочному сцеплению покрытия с основой.</p> <p>Остаточные напряжения в покрытиях.</p> <p>Классификация, регулирование.</p> <p>Тема 25. Строение и свойства вакуумных конденсационных поверхностей</p> <p>Теоретические основы вакуумного конденсационного напыления.</p> <p>Механизм процесса испарения и движущая сила. Зависимость давления от температуры.</p> <p>Уравнение Клаузиуса-Клапейрона.</p> <p>Особенности испарения в вакууме. Скорость испарения в вакууме. Уравнение Ленгмюра.</p> <p>Термодинамика и кинетика испарения сплавов и соединений. Закон Рауля.</p> <p>Электродуговой способ получения ионизированного потока. Распыление катодного пятна. Дисперсность и энергия распыленных частиц. Степень ионизации дугового разряда.</p> <p>Распыление материала ионным пучком.</p> <p>Получение ионных пучков. Регулирование энергии ионов. Применение тлеющего разряда переменного тока для ионного распыления.</p> <p>Механизм распыления. Пороговая энергия распыления. Зависимость коэффициента распыления от природы,</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>массы, энергии и направленности ионов, давления в камере и других условий. Стадии зарождения и роста конденсационного покрытия. Коэффициенты конденсации и аккомодации.</p> <p>Теоретические основы и практика газофазного нанесения покрытий. Обобщенная схема, классификация способов осаждения, применение ГФО для получения износостойких покрытий.</p>				
Методы повышения качества изделий	2	4	3	10
<p>Тема 19. Методы повышения качества изделий формированием многослойных и армированных покрытий</p> <p>Существующие способы нанесения многослойных и армированных покрытий. Материалы для нанесения. Основные параметры процессов.</p>				
Общие вопросы технологии нанесения покрытий	3	0	2	10
<p>Тема 21. Общие вопросы технологии нанесения покрытий. Стадии разработки технологии</p> <p>Выбор типа покрытия в зависимости от условий работы детали и технических требований к покрытию.</p> <p>Выбор и обоснование способа нанесения покрытий.</p> <p>Подготовка поверхности наносимых изделий. Требования к состоянию напыляемой поверхности в зависимости от метода нанесения покрытия. Классификация способов подготовки поверхности: механические способы подготовки, химические, внутрикамерные для вакуумного конденсационного нанесения покрытий.</p> <p>Материалы для нанесения покрытий: порошки, стержни, проволока мишени. Общие требования и способы подготовки для напыления.</p> <p>Последующая обработка напыленных покрытий: механическая, термическая, лазерная, пропитка.</p> <p>Контроль качества напыленных покрытий: параметры и свойства покрытий, подлежащие контролю, разрушающие и неразрушающие методы контроля, оборудование для их выполнения.</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
Тема 22. Содержание технологической документации Технологическая документация в процессах напыления и модифицирования поверхности.				
Теория процессов нанесения покрытий	6	8	2	10
Тема 18. Строение и свойства напыляемой поверхности. Характеристика поверхности с точки зрения физики твердого тела. Физическая неоднородность, Химическая неоднородность. Поверхностная энергия. Физико-химические процессы, протекающие на поверхности твердого тела (подложки) при нанесении покрытий: адсорбция, абсорбция, окисление, смачивание. Теоретические основы газотермического напыления. Общие закономерности формирования потока напыляемого материала. Обобщенная схема формирования и строения газотермического покрытия. Физико-химические основы формирования потока напыляемых частиц при распылении порошка и проволоки. Взаимодействие частиц с газами, газонасыщение. Взаимодействие напыляемых частиц с подложкой. Физический контакт, химическое взаимодействие. Влияние кинетической и тепловой энергии частиц на термодинамические процессы формирования покрытия. Механизм и кинетика физико-химических процессов, ведущих к прочному сцеплению покрытия с основой. Остаточные напряжения в покрытиях, их классификация и регулирование. Тема 19. Строение и свойства вакуумных конденсационных поверхностей. Теоретические основы вакуумного конденсационного напыления. Механизм процесса испарения и движущая сила. Зависимость давления от температуры. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона. Особенности испарения в вакууме. Скорость испарения в вакууме. Уравнение Ленгмюра. Термодинамика и кинетика испарения сплавов и соединений. Закон Рауля. Электродуговой способ получения ионизированного потока. Распыление катодного пятна. Дисперсность и энергия распыленных частиц. Степень ионизации дугового разряда.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Распыление материала ионным пучком. Получение ионных пучков. Регулирование энергии ионов. Применение тлеющего разряда переменного тока для ионного распыления. Механизм распыления. Пороговая энергия распыления. Зависимость коэффициента распыления от природы, массы, энергии и направленности ионов, давления в камере и других условий. Стадии зарождения и роста конденсационного покрытия. Коэффициенты конденсации и аккомодации. Теоретические основы и практика газофазного нанесения покрытий (ГФО). Обобщенная схема, классификация способов осаждения, применение ГФО для получения износостойких покрытий.				
Контроль свойств процессов и покрытий	3	0	3	10
Тема 20. Метрологический контроль технологических параметров формирования и их свойств Определение физико-химических свойств покрытий; твердости и микротвердости; прочности сцепления с основой; пористости; толщины; остаточных напряжений; износостойкости и трибологических свойств; специальных свойств. Методики исследования микроструктуры. Применение электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа.				
Напыление покрытий из различных групп материалов	4	4	2	6
Тема 17. Напыление покрытий из различных групп материалов газотермическими и вакуумными конденсационными методами. Напыление чистых металлов. Напыление металлических сплавов. Напыление соединений металлоидного типа. Напыление соединений металлидного типа и сплавов на их основе. Напыление оксидных покрытий. Напыление композиционных материалов.				
Напыление покрытий из различных групп материалов	3	0	2	10
Тема 23. Напыление покрытий из различных групп материалов газотермическими и вакуумными конденсационными методами				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Напыление чистых металлов. Напыление металлических сплавов. Напыление соединений металлоидного типа. Напыление соединений металлидного типа и сплавов на их основе. Напыление оксидных покрытий. Напыление композиционных материалов.				
ИТОГО по 8-му семестру	24	16	16	66
ИТОГО по дисциплине	48	32	32	168