

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 09 » октября 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Теория и технологии нанесения покрытий
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 324 (9)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
(код и наименование направления)

Направленность: Материаловедение и технологии материалов (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. 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.

1.2. 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.

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
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.5	ИД-1ПК-2.5	Знает технологические циклы производства покрытий	Знает основы технологии покрытий – физические принципы, методы и средства подготовки поверхности деталей перед нанесением покрытий; физические принципы, методы и средства создания покрытий, управления технологическими параметрами и контроля качества покрытий различного назначения; основы вакуумной техники; физические принципы и оборудование для создания и измерения вакуума	Защита лабораторной работы
ПК-2.5	ИД-2ПК-2.5	Умеет выбирать технологию нанесения покрытий, параметры нанесения в соответствии с требуемыми свойствами.	Умеет исследовать свойства специальных покрытий на имеющемся оборудовании и приборах; выбирать состав покрытия для конкретных видов изделий и условий эксплуатации; выбирать экономически оправданную технологию нанесения покрытий для обеспечения максимальной функциональности и надежности в эксплуатации; контролировать работу оборудования при проведении отдельных операций нанесения покрытий	Отчёт по практическому занятию
ПК-2.5	ИД-3ПК-2.5	Владеет методами управления процессами нанесения покрытий	Владеет навыками выбора методов подготовки подложки к нанесению покрытий; расчета оптимальных режимов нанесения покрытий для конкретного вида изделия; работы на вакуумном оборудовании	Курсовая работа
ПК-2.6	ИД-1ПК-2.6	Знает методики и средства контроля и испытаний покрытий;	Знает физические принципы работы, область применения и	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		требования к качеству покрытий; методики статистической обработки результатов измерений и контроля	принципиальные ограничения методов и средств испытаний; методики выполнения измерений, контроля и испытаний изготавливаемых материалов и изделий из них; требования к качеству изготавливаемых в организации изделий; методики статистической обработки результатов измерений и контроля	
ПК-2.6	ИД-2ПК-2.6	Умеет использовать методики измерений, контроля и испытаний покрытий; применять оборудование, необходимое для проведения измерений и испытаний; выполнять статистическую обработку результатов измерений и контроля.	Умеет использовать методики измерений, контроля и испытаний изготавливаемых материалов; применять измерительное оборудование, необходимое для проведения измерений и испытаний; выполнять статистическую обработку результатов измерений и контроля; рассчитывать погрешности (неопределенности) результатов измерений	Отчёт по практическому занятию
ПК-2.6	ИД-3ПК-2.6	Владеет приемами составление проектной и технической документацией	Владеет навыками контроля параметров и испытаний изготавливаемых изделий; обработки данных, полученных при испытаниях; оформления документации по результатам контроля и испытаний	Курсовая работа
ПК-2.7	ИД-1ПК-2.7	Знает технологические процессы нанесения покрытий, основы проектирования процессов, принципы конструирования деталей	Знает основные технологические документы для проектирования технологического процесса изготовления материалов и покрытий; требования к комплектности технологической и конструкторской документации	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.7	ИД-2ПК-2.7	Умеет анализировать нормативную, конструкторскую и технологическую документацию; определять соответствие характеристик наносимых покрытий нормативным, конструкторским и технологическим документам	Умеет анализировать нормативную, конструкторскую и технологическую документацию; определять соответствие характеристик изготавливаемых изделий нормативным, конструкторским и технологическим документам	Отчёт по практическому занятию
ПК-2.7	ИД-3ПК-2.7	Владеет приемами составления проектной и технической документации	Владеет навыками разработки и оформления типовой технологической документации на изготовление материалов и покрытий при производстве деталей и сборочных единиц	Курсовая работа

3. 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

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
7-й семестр				
Введение	1	0	0	0
Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи 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
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"> - Механическое воздействие: дробеструйная обработка, накатка инструментом, алмазное выглаживание, обработка ультразвуком; - Термическое воздействие: объемная и поверхностная закалка; - Термомеханическая обработка: нагрев с пластической деформацией, электромеханическое упрочнение; - Термодиффузионное насыщение: цементация, азотирование, борирование, алитирование, хромирование и др.; - Микродуговое оксидирование в электролитах (МДО); - Воздействие высокоэнергетическими потоками: ионная имплантация и лазерная обработка. <p>Тема 3. Модифицирование с приращением номинального размера детали:</p> <p>Модифицирование нанесением покрытий:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Плакирование; - Погружение в расплавленные среды; - Электролитическое осаждение: хромирование, никелирование, осталивание, меднение; - Химическое осаждение; - Наплавка: электродуговая под флюсом, в среде защитных газов, вибродуговая, электроконтактная, электрошлаковая, плазменная. - Электроконтактное закрепление порошков; - Электроискровая обработка; - Газофазное осаждение; - Газотермическое напыление: электродуговая металлизация, газопламенное напыление, плазменное напыление, детонационно-газовое напыление; - Вакуумно-конденсационное нанесение покрытий: термическое испарение, взрывное распыление-испарение, ионное распыление. <p>Тема 4. Роль и значение покрытий в</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
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.				
Технологические особенности газотермических методов нанесения покрытий	6	3	4	30
Тема 5. Технологические особенности электродуговой металлизации Параметры режимов электродуговой металлизации и их влияние на эффективность процесса. Напыляемые материалы и свойства получаемых покрытий. Технологические приемы повышения свойств электрометаллизационных покрытий. Строение, структура и эксплуатационные свойства покрытий. Применение электродуговой металлизации. Преимущества и недостатки. Перспективы развития. Технологические режимы и применение высокочастотной металлизации. Тема 6. Технологические особенности плазменного напыления. Параметры режимов плазменного напыления и их влияние на эффективность процесса. Методики выбора рациональных режимов напыления. 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. Тема 7. Технологические особенности газопламенного напыления. Параметры режимов газопламенного напыления и их влияние на эффективность процесса. Напыляемые материалы, строение, структура и эксплуатационные свойства получаемых покрытий. Преимущества и недостатки способа. Области применения газопламенного напыления и перспективы развития. 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.				
Технологические особенности электротермических	4	4	3	18

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
(вакуумно-конденсационных) методов нанесения покрытий				
<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 давления. Параметры нанесения покрытий и их влияние на эффективность процесса. Строение, структура и эксплуатационные свойства покрытий Области применения метода. Преимущества и недостатки. Перспективы развития.</p> <p>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.</p>				
Оборудование для газотермического напыления покрытий	4	4	3	12
<p>Тема 13. Оборудование для газотермического напыления покрытий</p> <p>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.</p>				
Оборудование для вакуумного конденсационного напыления покрытий	4	2	4	16

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 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.				
ИТОГО по 7-му семестру	24	16	16	102
8-й семестр				
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 металлоидного типа и сплавов на их основе. Напыление оксидных покрытий. Напыление композиционных материалов.				
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.				

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>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.</p> <p>Распыление катодного пятна. Дисперсность и энергия распыленных частиц. Степень ионизации дугового разряда.</p> <p>Распыление материала ионным пучком. Получение ионных пучков. Регулирование энергии ионов.</p> <p>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.</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>				
Контроль свойств процессов и покрытий	3	0	3	10
<p>Тема 20. Метрологический контроль технологических параметров формирования и их свойств</p> <p>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.</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</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>покрытий.</p> <p>Подготовка поверхности наносимых изделий.</p> <p>Требования к состоянию напыляемой поверхности в зависимости от метода нанесения покрытия.</p> <p>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> <p>Тема 22. Содержание технологической документации</p> <p>Технологическая документация в процессах напыления и модифицирования поверхности.</p>				
Напыление покрытий из различных групп материалов	3	0	2	10
<p>Тема 23. Напыление покрытий из различных групп материалов газотермическими и вакуумными конденсационными методами</p> <p>Напыление чистых металлов.</p> <p>Напыление металлических сплавов.</p> <p>Напыление соединений металлоидного типа.</p> <p>Напыление соединений металлидного типа и сплавов на их основе.</p> <p>Напыление оксидных покрытий.</p> <p>Напыление композиционных материалов.</p>				
Теория процессов нанесения покрытий	3	0	2	10
<p>Тема 24. Строение и свойства напыляемой поверхности</p> <p>Строение и свойства наносимой поверхности.</p> <p>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.</p> <p>Теоретические основы газотермического напыления.</p> <p>Общие закономерности формирования потока напыляемого материала.</p> <p>Обобщенная схема формирования и строения</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>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.</p> <p>Физический контакт, химическое взаимодействие.</p> <p>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.</p> <p>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.</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. Получение ионных пучков. Регулирование энергии ионов.</p> <p>Применение тлеющего разряда переменного тока для ионного распыления. Механизм распыления.</p> <p>Пороговая энергия распыления. Зависимость коэффициента распыления от природы, массы, энергии и направленности ионов, давления в камере и других условий.</p> <p>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>				
ИТОГО по 8-му семестру	24	16	16	66
ИТОГО по дисциплине	48	32	32	168

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Измерения скорости, температуры напыляемых частиц
2	Оценка работоспособности деталей с покрытиями
3	Принципы создания композиционных армированных покрытий
4	Расчет прочностных свойств покрытий
5	Расчет скорости роста покрытия
6	Измерение толщины покрытия
7	Испытание образцов по ВИАМ
8	Изучение методики измерения вакуума
9	Измерение температуры подложки

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Исследование макро- и микроструктуры газотермических покрытий
2	Исследование макро- и микроструктуры вакуумных конденсационных покрытий
3	Изучение строения и свойств порошковых материалов для газотермического напыления
4	Изучение процесса и технологии газопламенного напыления на установке типа УГПТ
5	Изучение устройства и работы установки плазменного напыления типа УПУ-8М
6	Изучение процесса и технологии электродуговой металлизации
7	Изучение устройства и работы установки КДМ-2
8	Изучение процесса упрочнения поверхности деталей методом финишного плазменного упрочнения.
9	Изучение процесса и технологии вакуумного конденсационного термического нанесения покрытий на установке типа «Чайка»

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Комплексная разработка технологического процесса «Нанесения защитного покрытия методами напыления» на детали общего машиностроения

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.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

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, лабораторным работам 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	Синани И. Л. Методы нанесения покрытий : учебное пособие / И. Л. Синани, Е. М. Федосеева, Г. А. Береснев. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	50
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		

1	Бобров Г. В. Нанесение неорганических покрытий (теория, технология, оборудование) : учебное пособие для вузов / Г. В. Бобров, А. А. Ильин. - Москва: Интермет Инжиниринг, 2004.	12
2	Кудинов В. В. Нанесение покрытий напылением. Теория, технология и оборудование : учебник для вузов / В. В. Кудинов, Г. В. Бобров. - Москва: Металлургия, 1992.	19
3	Методические указания к лабораторным работам по технологии и оборудованию напыления покрытий / Новочеркасский политехнический институт им. Серго Орджоникидзе ; Под ред. В. Н. Мищенко. - Новочеркасск: Изд-во НПИ, 1991.	3
4	Методы исследования материалов. Структура, свойства и процессы нанесения неорганических покрытий : учебное пособие для вузов / Л. И. Тушинский [и др.]. - Москва: Мир, 2004.	26
5	Нанесение износостойких покрытий на быстрорежущий инструмент / Ю. Н. Внуков [и др.]. - Киев: Тэхника, 1992.	1
6	Пузряков А. Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления : учебное пособие для вузов / А. Ф. Пузряков. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003.	10
7	Пузряков А.Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления : учебное пособие для вузов / А.Ф.Пузряков. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008.	4
8	Справочник оператора установок по нанесению покрытий в вакууме / А. И. Костржицкий [и др.]. - Москва: Машиностроение, 1991.	2
9	Холодное газодинамическое напыление : теория и практика / А. П. Алхимов [и др.]. - Москва: Физматлит, 2010.	1
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Бобров Г. В. Нанесение неорганических покрытий (теория, технология, оборудование) : учебное пособие для вузов / Г. В. Бобров, А. А. Ильин. - Москва: Интермет Инжиниринг, 2004.	https://elib.pstu.ru/vufind/MyResearch/UserLogin	локальная сеть; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Перспективные материалы : журнал / Российская академия наук; Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова; Московский государственный институт электроники и математики; Московский государственный индустриальный университет. - Москва: Интерконт	http://www.j-pm.ru/	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Синани И. Л. Методы нанесения покрытий : учебное пособие / И. Л. Синани, Е. М. Федосеева, Г. А. Береснев. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	http://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=776	локальная сеть; свободный 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
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
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/
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	https://техэксперт.сайт/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Мультмедиапроектор, ноутбук, акустическая система	1
Лабораторная работа	Комплекс оборудования для металлографического анализа	1
Лабораторная работа	Станок шлифовально-полировальный	1
Лабораторная работа	Установка КДМ	1
Лекция	Мультмедиапроектор, ноутбук, акустическая система	1
Практическое занятие	Образцы покрытий и материалы для их нанесения	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине
«Теория и технологии нанесения покрытий»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
Направленность (профиль) образовательной программы:	Материаловедение и технологии авиационно-космических материалов
Квалификация выпускника:	«Бакалавр»
Выпускающая кафедра:	Механика композиционных материалов и конструкций
Форма обучения:	Очная
Курс: 4	Семестр: 7, 8
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	9 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	324 ч.
Форма промежуточной аттестации:	
Зачет:	8 семестр
Экзамен:	7 семестр
Курсовая работа:	8 семестр

Пермь 2023

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации, обучающихся по дисциплине.

1.Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров (7, 8-го семестров учебного плана) и разбито на 6 учебных модулей. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные занятия, курсовая работа, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и дифференцированного зачёта. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 - Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля							
	Текущий	Рубежный				Итоговый		
	ТК	ПК	ПЗ	ЛР	РГР	Кр	Зачет	Экзамен
	Усвоенные знания							
- знать технологические циклы производства покрытий				+				+
- знать методики и средства контроля и испытаний покрытий;				+		+	+	
- знать технологические процессы нанесения покрытий, основы проектирования процессов, принципы конструирования деталей;				+				+
	Освоенные умения							
- уметь выбирать технологию нанесения покрытий, параметры нанесения в соответствии с требуемыми свойствами			+			+		
- уметь использовать методики измерений, контроля и испытаний покрытий; применять оборудование,			+	+		+	+	

необходимое для проведения измерений и испытаний; выполнять статистическую обработку результатов измерений и контроля.								
- умеет анализировать нормативную, конструкторскую и технологическую документацию; определять соответствие характеристик наносимых покрытий нормативным, конструкторским и технологическим документам			+			+		
Приобретенные владения								
- владеет методами управления процессами нанесения покрытий				+			+	
- владеет приемами составления проектной и технической документации				+		+		
- владеть методами выбора материалов покрытий, основными способами защиты от вредного влияния процесса нанесения покрытия на человека и экологию				+		+		

Примечание:

ТК – текущий контроль в форме контрольной работы (контроль знаний по теме);

ПК – промежуточный контроль в форме контрольной работы (контроль знаний по теме);

ПЗ – выполнение практических работ (оценка умений);

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка владения);

Кр – курсовая работа; (оценка умений и владений).

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде дифференцированного зачета и экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов,

контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;
- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-х балльной шкале оценивания учитываются при проведении промежуточной аттестации.

Текущему контролю подлежит посещаемость студентами аудиторных занятий.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится по каждому учебному модулю в следующих формах (после изучения каждого модуля учебной дисциплины:

- защита лабораторных работ (модули 1, 2, 4, 5);
- защита практических работ (модули 1-6);
- контрольные работы (тестирование) (модули 1-6).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 9 практических и 9 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита практической и лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Результаты защиты лабораторных работ по 4-балльной шкале оценивания учитываются при проведении промежуточной аттестации. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Контрольные работы (тестирование)

Согласно РПД запланировано 6 рубежных контрольных работ (тестирование) после изучения студентами учебных модулей дисциплины. Результаты рубежной контрольной работы по 4-балльной шкале оценивания знаний и умений учитываются при проведении промежуточной аттестации. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы. Т/Кр проводятся по модулям:

1. Модифицирование свойств рабочих поверхностей деталей

2. Технологические особенности газотермических методов нанесения покрытий. Оборудование для газотермического напыления покрытий
3. Технологические особенности электротермических (вакуумно-конденсационных) методов нанесения покрытий. Оборудование для вакуумного конденсационного напыления покрытий.
4. Напыление покрытий из различных групп материалов.
5. Теория процессов нанесения покрытий. Методы повышения качества изделий.
6. Контроль свойств процессов и покрытий.

Типовые задания первой КР:

1. Дайте определение и классификацию методов модифицирования поверхности.
2. Опишите принцип и варианты модификации механическим воздействием.
3. Опишите принцип и варианты модификации термическим воздействием.
4. Опишите принцип и варианты модификации химико-термической обработкой.
5. Опишите принцип модификации микродуговым оксидированием.
6. Опишите принцип модификации ионной имплантацией и лазерной обработкой.

Типовые задания второй КР:

1. Дайте определение покрытия и классификацию методов нанесения покрытий.
2. Что такое плакирование.
3. Как осуществляется погружение в расплавленные среды.
4. Что такое электролитическое осаждение.
5. Дайте определение и классификацию методов газотермического напыления.
6. Приведите функциональные схемы установок для газотермического напыления.
7. Опишите механизмы подачи распыляемого материала в установках для газотермического нанесения покрытий.

Типовые задания третьей КР:

1. Дайте определение метода и вакуумно-конденсационного нанесения покрытий.
2. Охарактеризуйте достоинства и недостатки устройств испарения.

Типовые задания четвертой КР:

1. Охарактеризуйте доступные методы и особенности напыления металлов и сплавов в зависимости от метода.
2. Охарактеризуйте доступные методы и особенности напыления оксидной и бескислородной керамики в зависимости от метода.

3. Охарактеризуйте доступные методы и особенности напыления органических материалов в зависимости от метода.

4. Охарактеризуйте методы реакционного напыления.

Типовые задания пятой КР:

1. Какие физические и технологические свойства покрытий зависят от метода напыления.

2. Какие технологические операции и условия определяют адгезию покрытия.

3. Какие технологические операции и условия определяют механические свойства покрытия.

4. Каким образом можно повысить механические свойства покрытия после его нанесения.

Типовые задания шестой КР:

1. Перечислите количественные и качественные методики определения адгезии.

2. Опишите особенности методик определения механических свойств покрытий.

3. Перечислите и опишите основные методы контроля параметров процесса напыления (температура, скорость частиц, скорость роста покрытия, расход и давление газов, глубину вакуума).

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.3. Выполнение курсовой работы

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, используется курсовая работа.

Типовые темы курсовых работ приведены в РПД.

Результаты защиты курсовой работы по 4-балльной шкале оценивания умений и владений заносятся в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Промежуточная аттестация обучающихся ориентирована на оценку освоения заданных компетенций по достигнутым результатам обучения: приобретенным знаниям, умениям и навыкам. В конце изучения дисциплины для оценивания окончательных результатов обучения предусмотрена промежуточная аттестация в виде **зачета** в 8 семестре и **экзамена** в 7 семестре.

2.3.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Зачет по дисциплине основывается на результатах текущего и рубежного контроля выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Полученные интегральные оценки за образовательные результаты заносятся в оценочный лист. Типовые шкала, критерии оценки и форма оценочного листа приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех практических и лабораторных работ, курсовой работы и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний для зачета по дисциплине приведены в ПРИЛОЖЕНИИ 1. Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний для экзамена по дисциплине приведены в ПРИЛОЖЕНИИ 2.

2.3.3. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

Примерный перечень вопросов к зачету
Охарактеризовать оборудование, применяемое для:

1. Электролитического осаждения.
2. Электрошлаковой наплавки.
3. Электродуговой металлизации.
4. Газопламенного напыления.
5. Плазменного напыления.
6. Детонационно-газового напыления.
7. Вакуумно-конденсационного нанесения покрытий термическим испарением.
8. Вакуумно-конденсационного нанесения покрытий взрывным распылением-испарением, ионным распылением.
9. Подготовки поверхности к напылению.
10. Обработки покрытий после напыления.

Типовые вопросы к экзамену**Вопросы к экзамену по первой части курса "Теория и технология покрытий"****Тема 1. Модифицирование без приращения номинального размера детали:**

1. Классификация и сущность способов изменения физико-химических свойств поверхности деталей. Механическое воздействие: дробеструйная обработка (микроковка, профилирование) – особенности процесса, улучшаемые параметры.
2. Механическое воздействие: накатка инструментом (обкатка, раскатка), алмазное выглаживание – особенности процесса, улучшаемые параметры.
3. Механическое воздействие: обработка ультразвуком.
4. Термическое воздействие: объемная и поверхностная закалка – характеристика основных методов.
5. Химико-термическая обработка: характеристика метода, варианты технологий. Цементация, азотирование, цианирование.
6. Химико-термическая обработка: алитирование, борирование нитроцементация, карбонитрирование, алюмосилицирование.
7. Химико-термическая обработка: технологии хромирования.
8. Микродуговое оксидирование в электролитах. Суть процесса, преимущества метода.
9. Воздействие высокоэнергетическими потоками: ионная имплантация – суть метода, механизм модификации поверхности, улучшаемые параметры.
10. Воздействие высокоэнергетическими потоками: лазерная обработка поверхности – преимущества метода.

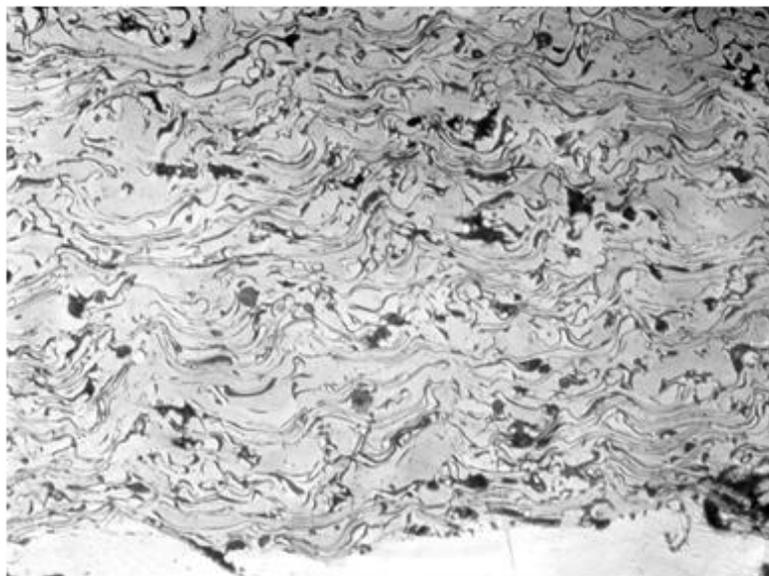
Тема 2. Модифицирование нанесением покрытий (с приращением размера):

11. Основные методы нанесения неорганических покрытий: краткая характеристика – плакирование, погружение в расплавленные среды, наплавка.
12. Нанесение порошковых покрытий: методы нанесения и упрочнения покрытий.
13. Газотермическое напыление (ГТН), вакуумно-конденсационное нанесение покрытий (ВКН), газофазное осаждение (ГФО) – краткая классификация методов.
14. Электролитическое осаждение: хромирование, никелирование, осталивание.
15. Электролитическое осаждение: меднение, цинкование. Электрофоретическое осаждение, химическое осаждение.
16. Электродуговая металлизация: способы и технологические особенности, параметры режима (конструктивные, энергетические) и их влияние на эффективность процесса.
17. Электродуговая металлизация: параметры режима (параметры распыляемого материала и ввода материала в дугу) и их влияние на эффективность процесса.

18. Электродуговая металлизация: параметры режима (параметры внешних условий распыления) и их влияние на эффективность процесса.
19. Формирование структуры покрытий методом электродуговой металлизации, технологические приемы повышения свойств покрытий (предварительная подготовка, нанесение, обработка покрытий).
20. Применение электродуговой металлизации. Преимущества, недостатки и перспективы метода. Высокочастотная металлизация.
21. Плазменное напыление, технологические особенности, свойства поверхности.
22. Плазменное напыление. Техпроцесс нанесения покрытий.
23. Атмосферное плазменное напыление, плазменное напыление в вакууме и контролируемой атмосфере, импульсная микроплазменная обработка.
24. Преимущества и недостатки метода плазменного напыления, области применения и перспективы развития.
25. Плазменное напыление: напыляемые материалы (металлические и неметаллические) и области их применения.
26. Требования к генераторам плазмы. Компоновка оборудования для плазменного напыления.
27. Газопламенное напыление: принцип метода, виды, блок-схема оборудования, горение смеси газов, зависимость температуры от состава смеси и расстояния от горелки.
28. Газопламенное напыление: достоинства и недостатки метода особенности технологии и структуры напыленного слоя.
29. Газопламенное напыление: покрытия на основе окиси алюминия, меди, никрома. Области применения ГПН.
30. Наноструктурированные покрытия, получаемые газопламенным напылением. Установка ГПН «Топ-джет 2». Примеры технологий. Гибкие шнуровые материалы для газопламенного напыления.
31. Детонационно-газовое напыление: стадии и параметры процесса.
32. Кинетика и механизм формирования покрытия при детонационно-газовом напылении. Дополнительные операции после нанесения покрытия.
33. Параметры процесса детонационно-газового напыления, особенности структуры покрытия, достоинства и недостатки метода.
34. Области применения и оборудование детонационно-газового напыления.
35. Вакуумно-конденсационное нанесение покрытий: суть метода, методы испарения, параметры процесса испарения.
36. Вакуумно-конденсационное нанесение покрытий: механизмы конденсации.
37. Техника испарения в вакууме. Требования к материалам испарителей. Конструкции прямонакальных испарителей. Индукционные испарители.
38. Электронно-лучевые испарители. Сущность метода, достоинства и недостатки, конструкции электронно-лучевых испарителей.
39. Лазерные испарители, технологические особенности и параметры лазерного испарения.
40. Импульсное лазерное испарение. Капельный эффект. Беззародышевый рост.
41. Электродуговое напыление. Особенности метода, достоинства и недостатки.
42. Конструкции ЭД испарителей, параметры установок, достоинства метода ЭД испарения в вакууме.

Типовое комплексное задание билета для экзамена

Микроструктура покрытия, полученного методом плазменного напыления (ПН):



1. Описать основные структурные составляющие покрытия и механизм их формирования.
2. Указать возможные физико-механические и эксплуатационные характеристики покрытия.
3. Указать особенности формирования газотермического покрытия методом атмосферного ПН.
4. Кратко пошагово описать технологию плазменного напыления.
5. Перечислить преимущества и недостатки плазменного напыления в сравнении с другими газотермическими методами.