

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра обработки металлов давлением и сварки



УТВЕРЖДАЮ

Директор института технологий
и инженерной механики

Могильная Е.П.

« 25 » 02 2025 года

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по учебной дисциплине

«Плазменное нанесение покрытий»

15.04.01 Машиностроение

«Оборудование и технология сварочного производства»

Разработчик:

Доцент, к.т.н.

Л.А. Бояршина

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры обработки металлов
давлением и сварки

от « 25 » 02 2025 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой

А.А. Стоянов

Луганск 2025

**Комплект оценочных материалов по дисциплине
«Плазменное нанесение покрытий»**

Задания закрытого типа

Задания закрытого типа на выбор правильного ответа

1. Выберите один правильный ответ

Какое оборудование используется для создания плазмы в процессе напыления?

- А) Дуговая печь
- Б) Лазерный источник
- В) Плазмотрон
- Г) Индукционная печь

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы) ПК-1 (ПК-1.2)

2. Выберите один правильный ответ

Какой метод используется для измерения твердости покрытия?

- А) Индентирование
- Б) Рентгеновская флуоресценция
- В) Ультразвуковое тестирование
- Г) Оптическая микроскопия

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

3. Выберите один правильный ответ

Какое свойство покрытия оценивается с помощью метода отслаивания?

- А) Твердость
- Б) Адгезия
- В) Толщина
- Г) Электрическое сопротивление

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

4. Выберите один правильный ответ

Что измеряется с помощью рентгеновского флуоресцентного анализа?

- А) Химический состав
- Б) Твердость
- В) Толщина покрытия
- Г) Термостойкость

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

5. Выберите один правильный ответ

Для какого типа испытаний применяется метод царапания?

- А) Измерение адгезии
- Б) Определение твердости
- В) Проверка электрического сопротивления
- Г) Оценка термостойкости

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

6. Выберите один правильный ответ

Как называется метод, используемый для проверки износа покрытия?

- А) Индентирование
- Б) Абразивное испытание
- В) Отслаивание
- Г) Коррозионное тестирование

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

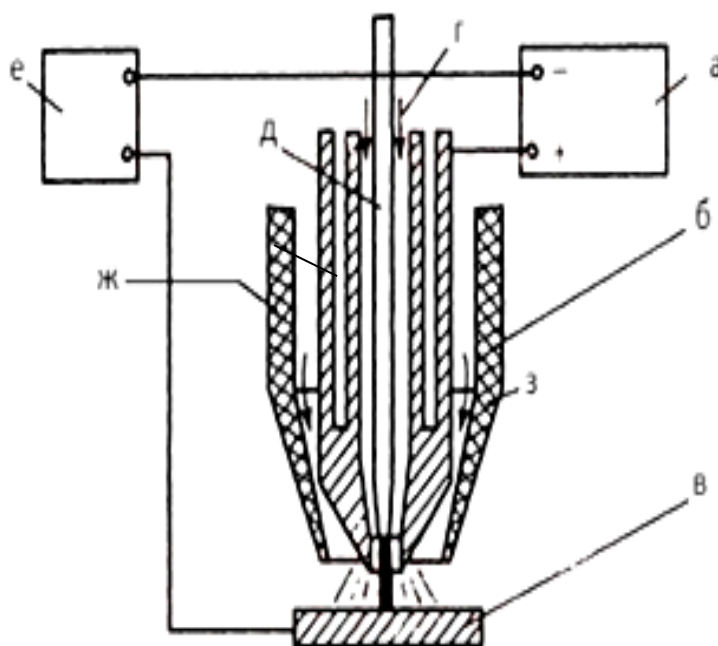
Задания закрытого типа на установление соответствия

1. Установите соответствие между позициями на схеме и их названием:

Название

Позиции

- 1) Источник питания
- 2) Водоохлаждаемое медное сопло
- 3) Электрод
- 4) Плазмообразующий газ
- 5) Защитный газ
- 6) Изделие
- 7) Керамическое сопло
- 8) Малоамперный источник питания постоянного тока



Правильный ответ: 1-Е, 2-Ж, 3-Д, 4-Г, 5-З, 6-В, 7-Б, 8-А

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

2. Установите соответствие между терминами и их определениями:

Название

Определение

- 1) Критерий Нуссельта А) безразмерная величина, составленная из размерных физических параметров, определяющих рассматрива-

емое физическое явление

- 2) Критерий подобия Б) безразмерная величина, характеризующая отношение инерционных сил к силам вязкого трения в вязких жидкостях и газах.
- 3) Число Био В) один из основных критериев подобия тепловых процессов, характеризующий соотношение между интенсивностью теплообмена за счёт конвекции и интенсивностью теплообмена за счёт теплопроводности (в условиях неподвижной среды)
- 4) Число Рейнольдса Г) один из критериев подобия стационарного теплообмена между нагретым или охлаждённым твёрдым телом и окружающей средой.

Правильный ответ: 1-В, 2-А, 3-Г, 4-Б

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

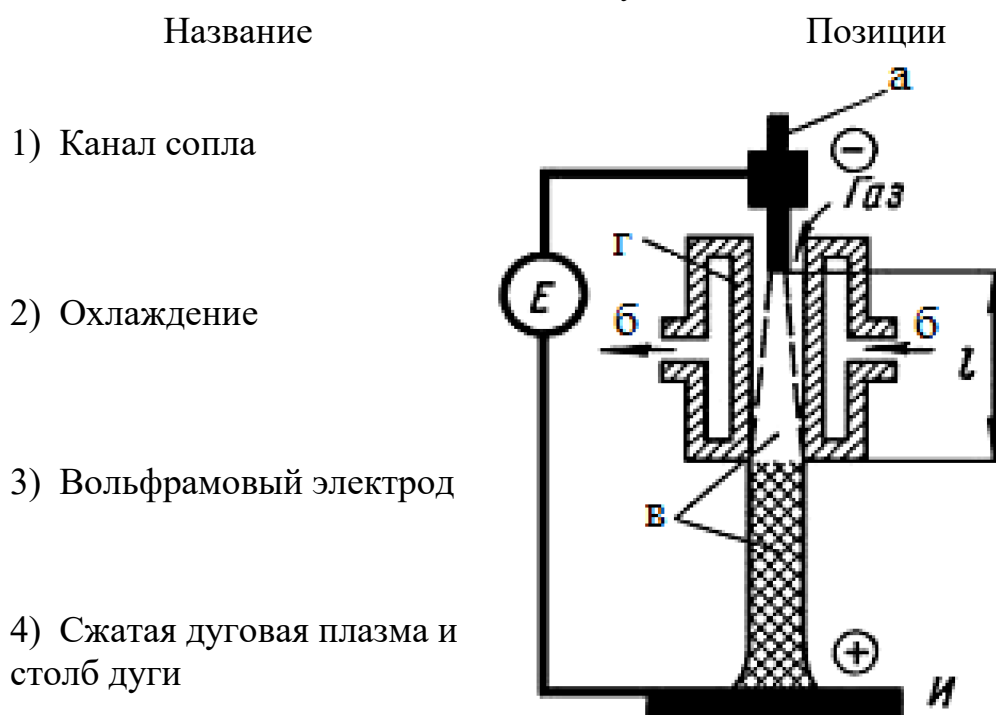
3. Установите соответствие между термином и его определением:

Название	Определение
1) Число Маха	А) безразмерный параметр, равный отношению длины свободного пробега молекул газа к характерному линейному размеру течения
2) Число Кнудсена	Б) ионизованный газ, состоящий из электронов, ионов и нейтральных частиц, у которого средняя энергия электронов меньше характерного потенциала ионизации атома (<10 эВ).
3) Напыление	В) отношение скорости движения объекта в среде к скорости звука в этой среде. Поскольку это отношение двух скоростей, число Маха является безразмерной величиной.
4) Низкотемпературная плазма	Г) нанесение вещества в дисперсном состоянии на поверхность изделий и полуфабрикатов для придания им специальных физико-химических, механических, декоративных свойств, а также для устранения дефектов поверхности.

Правильный ответ: 1-В, 2-А, 3-Г, 4-Б

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

4. Установите соответствие между позицией на схеме и её названием:



Правильный ответ: 1-Г, 2-Б, 3-А, 4-В

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

Задания закрытого типа на установление правильной последовательности

1. Установите правильную последовательность подготовительных операций перед напылением:

- А) Тщательная очистка и обезжиривание деталей.
- Б) Определение предварительных размеров поверхностей под напыление с учётом толщины напыления и припуска на последующую механическую обработку.
- В) Защита поверхностей, не подлежащих абразивной обработке, экранами.
- Г) Предварительный подогрев детали перед напылением осуществляют плазмотроном до температуры 150-180 °С.
- Д) Активация поверхности – придание ей определённой шероховатости для обеспечения адгезии.

Правильный ответ: Б, А, Д, В, Г

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

2. Установите правильную последовательность плазменного напыления с ВЧ индукционным нагревом:

- А) Нанесение материала покрытия.
- Б) Предварительный индукционный нагрев основы.

- В) Термическая нагрев изделия с покрытием.
Г) Охлаждение изделия со скоростью не более 10 °С/сек.
Д) Выдержка при заданной технологическим процессом температуре
Правильный ответ: Б, А, В, Д, Г
Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

3. Установите правильную последовательность изготовления композиционных порошков путём конгломерирования:

- А) Контрольный рассев.
Б) Спекание.
В) Восстановительный отжиг.
Г) Приготовление суспензии
Д) Распылительная сушка

Правильный ответ: Г, Д, Б, А, В
Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

4. Установите правильную последовательность способ получения легированных порошков в виброкипящем слое:

- А) Установка реторты в печь для нагрева и виброожижения, включение нагрева и вибрации, откачка до рабочего давления в диапазоне от 0,10 до 0,60 атм.
Б) Выгрузка порошка и проверка на фракционность и химический состав.
В) Продолжение нагрева при сохранении необходимого давления и режима виброожижения до температур 800, 850, 900, 950 и 1000 °С. Выдержка при этих температурах от 10 до 60 мин.
Г) Откачка газовой атмосферы и выключение вибратора при температурах от 200 до 500 °С, охлаждение реторты.
Д) Подготовка смеси, в том числе порошка и активатора, засыпка в реторту и откачка воздуха.
Е) Охлаждение установки при сохранении виброожижения до температур от 200 до 400 °С.

Правильный ответ: Д, А, В, Е, Г, Б
Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

Задания открытого типа

Задания открытого типа на дополнение

1. Напишите пропущенное слово

Инертные газы (также благородные газы) – группа химических элементов со схожими свойствами. При нормальных условиях это одноатомные газы без цвета, запаха и вкуса, с очень низкой _____.

Правильный ответ: химической реактивностью
Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

2. Напишите пропущенное слово

Терморреагирующие композиционные порошки – это мелкодисперсные смеси из разнообразных металлов либо их сплавов, которые реагируют _____.

Правильный ответ: на нагрев

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2).

3. Напишите пропущенное слово

Термонейтральные композиционные порошки – это порошки сложного состава, которые по характеру поведения при газотермическом напылении _____.

Правильный ответ: не реагируют на нагрев

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

4. Напишите пропущенное слово

Композиционный материал (композит) – материал, изготовленный из _____ компонентов с существенно различными физическими и/или химическими свойствами.

Правильный ответ: двух или более

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

5. Напишите пропущенное слово

Плазменное нанесение – процесс нанесения покрытия на поверхность изделия с помощью _____.

Правильный ответ: плазменной струи

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

Задания открытого типа с кратким свободным ответом

1. Дайте ответ на вопрос

Как называется метод, при котором для изоляции зоны напыления от воздуха используют местные камеры или кольцевую газовую защиту с дополнительными сопловыми устройствами?

Правильный ответ: Плазменное напыление с местной защитой

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

2. Дайте ответ на вопрос

Как называется поток, который образуется в результате распыления материала плазменной струей и состоит из напыляемых частиц и нагретого газа?

Правильный ответ: двухфазный поток

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

3. Дайте ответ на вопрос

Назовите основные энергетические параметры плазменного распылителя.

Правильный ответ: энтальпия, температура и скорость плазменной струи
Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

4. Дайте ответ на вопрос

Как называется физико-химический способ подготовки поверхности к последующему плазменному?

Правильный ответ: Активация

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

Задания открытого типа с развернутым ответом

1. Опишите различие плазмотронов косвенного и прямого действия.

Время выполнения – 5 мин.

Ожидаемый результат: В плазмотронах прямого действия электрическая дуга возникает между электродом и изделием, и струя плазмы совпадает с направлением электрической дуги.

В плазмотронах косвенного действия дуга возникает между электродом и соплом, а газ, который проходит через столб дуги, выходит в форме плазменной струи.

Критерий оценивания: наличие в ответе особенности возникновения электрической дуги в плазмотроне косвенного и прямого действия

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

2. Назовите методы повышения прочности плазменных покрытий.

Время выполнения – 15 мин.

Ожидаемый результат: Методы повышения прочности плазменных покрытий:

– Нанесение промежуточного подслоя. Перед нанесением основного покрытия на поверхность подложки наносят подслоя из материала, который способен взаимодействовать как с материалом подложки, так и с материалом покрытия. Часто для этих целей используют никель или сплавы на его основе.

– Лазерная обработка. Повышения твердости плазменнонапыленных покрытий можно добиться лазерной обработкой поверхностных слоев этих покрытий. Такая обработка способствует переходу всех промежуточных фазовых модификаций оксида алюминия в корунд.

– Ультразвуковая обработка. При подготовке поверхности для плазменного покрытия используют механическую обработку с одновременным воздействием ультразвуковых колебаний и статического давления. Это позволяет повысить качество покрытия за счет повышения прочности сцепления его с основой и обеспечения однородности свойств покрытия при заданных условиях обработки.

– Предварительный подогрев основы. Использование предварительного подогрева основы до 300-400 °С позволяет получить максимальные величины прочности сцепления.

– Модифицирование напыляемых порошков. Например, использование порошков оксида алюминия, модифицированных методом термодиффузионной обработки. Этот метод позволяет получать порошки с улучшенными технологическими свойствами, что влияет на процесс плазменного напыления и на выходные свойства формируемых покрытий.

– Использование нитридо-плазменной технологии. Этот метод позволяет при формировании металлооксидных покрытий повышать прочностные свойства, устранять макродефекты структуры как всего покрытия, так и контактной зоны между покрытием и основой.

Критерий оценивания: наличие в ответе способов повышения прочности, таких как: предварительный подогрев, нанесение подслоя, ультразвуковой и лазерной обработки и т.п.

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

3. Назовите достоинства процесса плазменного нанесения покрытия.

Время выполнения – 15 мин.

Ожидаемый результат:

- Работа при атмосферном давлении.
- Высокая температура плазменных потоков позволяет наносить покрытия из наиболее тугоплавких материалов.
- Широкий диапазон скоростей напыляемых частиц позволяет управлять структурой и пористостью покрытий.
- Толщина покрытий от десятков микрон до нескольких миллиметров, высокая производительность процесса (до 30 кг/час).
- Широкий выбор материалов: металлы, сплавы, керамика, керметы и другие композиты.
- Низкая себестоимость нанесения покрытий.

Критерий оценивания: наличие в ответе таких достоинств как: высокая температура плазмы, низкая себестоимость оборудования, скорость напыляемых частиц и толщина напылённых слоев.

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

4. Какие бывают методы контроля напыленных слоев?

Время выполнения – 10 мин.

Ожидаемый результат:

- Контроль по внешнему виду. Производится с целью выявления внешних дефектов – сколов, вздутий, отслоений, трещин, раковин. Для осмотра используют лупы 10-кратного увеличения.
- Измерение толщины. Проводят с помощью штангенциркуля, микрометра, гравиметрического и металлографического методов, а также толщиномеров различного типа.
- Контроль прочности сцепления. Одна из наиболее важных характеристик покрытий. Обычно её определяют на образцах-свидетелях или выборочно на напыленных изделиях.

– Контроль геометрических размеров. Проводят с помощью линейки или штангенциркуля и проверяют, соответствуют ли размеры требованиям чертежа.

Критерий оценивания: наличие в ответе методов таких как: визуальный контроль, измерение толщины и геометрических размеров, контроль прочности сцепления.

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

5. Какие требования к потоку напыляемых частиц?

Время выполнения – 10 мин.

Ожидаемый результат:

– Температура нагрева частиц должна быть достаточной для образования прочных адгезионных связей с поверхностью напыления. При невысоких скоростях частиц (50–500 м/с) температура нагрева должна быть выше температуры плавления материала. Высокие скорости частиц (800–1000 м/с) позволяют формировать покрытия при температурах, составляющих до 0,9 температуры плавления материала частиц.

– Скорость частиц в потоке назначают в зависимости от их температуры. Она должна составлять 50–100 м/с (минимальная для расплавленных перегретых частиц, максимальная для нерасплавленных, находящихся в вязкопластичном состоянии).

– Угол расхождения потока должен составлять 5-20°. Минимальный угол расхождения обеспечивает получение компактных потоков частиц и возможность формирования покрытий.

Критерий оценивания: наличие в ответе требований таких как: температура нагрева частиц, скорость частиц и угла расхождения потока.

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2)

Экспертное заключение

Представленный фонд оценочных средств (далее – ФОС) по дисциплине «Плазменное нанесение покрытий» соответствует требованиям ФГОС ВО.

Предлагаемые формы и средства текущего и промежуточного контроля адекватны целям и задачам реализации основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 15.04.01 «Машиностроение».

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины представлены в полном объеме.

Виды оценочных средств, включенные в представленный фонд, отвечают основным принципам формирования ФОС.

Разработанный и представленный для экспертизы фонд оценочных средств рекомендуется к использованию в процессе подготовки обучающихся, по указанному направлению.

Председатель учебно-методической
комиссии института технологий
и инженерной механики

 С.Н. Ясуник

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)