**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?

1. Дуговая печь
2. Лазерный источник
3. Плазмотрон
4. Индукционная печь

Правильный ответ: В

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

2. *Выберите один правильный ответ*

Какой метод используется для измерения твердости покрытия?

1. Индентирование
2. Рентгеновская флуоресценция
3. Ультразвуковое тестирование
4. 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?

1. Твердость
2. Адгезия
3. Толщина
4. Электрическое сопротивление

Правильный ответ: Б

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

4. *Выберите один правильный ответ*

Что измеряется с помощью рентгеновского флуоресцентного анализа?

1. Химический состав
2. Твердость
3. Толщина покрытия
4. Термостойкость

Правильный ответ: А

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

5. *Выберите один правильный ответ*

Для какого типа испытаний применяется метод царапания?

1. Измерение адгезии
2. Определение твердости
3. Проверка электрического сопротивления
4. 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?

1. Индентирование
2. Абразивное испытание
3. Отслаивание
4. Коррозийное 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
 |  |
| 1. Водоохлаждаемое медное сопло
 |
| 1. Электрод
 |
| 1. Плазмообразующий газ
 |
| 1. Защитный газ
 |
| 1. Изделие
 |
| 1. Керамическое сопло
 |
| 1. 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
 | 1. безразмерная величина, составленная из размерных физических параметров, определяющих рассматриваемое физическое явление
 |
| 1. Критерий подобия
 | 1. безразмерная величина, характеризующая отношение инерционных сил к силам вязкого трения в вязких жидкостях и газах.
 |
| 1. Число Био
 | 1. 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)
 |
| 1. Число Рейнольдса
 | 1. 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
 | 1. безразмерный параметр, равный отношению длины свободного пробега молекул газа к характерному линейному размеру течения
 |
| 1. Число Кнудсена
 | 1. ионизованный газ, состоящий из электронов, ионов и нейтральных частиц, у которого средняя энергия электронов меньше характерного потенциала ионизации атома (<10 эВ).
 |
| 1. Напыление
 | 1. отношение скорости движения объекта в среде к скорости звука в этой среде. Поскольку это отношение двух скоростей, число Маха является безразмерной величиной.
 |
| 1. Низкотемпературная плазма
 | 1. 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:

|  |  |
| --- | --- |
| Название | Позиции |
| 1. Канал сопла
 |  |
| 1. Охлаждение
 |
| 1. Вольфрамовый электрод
 |
| 1. Сжатая дуговая плазма и столб дуги
 |

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

Термореагирующие 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 струёй 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 подслой 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 твёрдости плазменнонапылённых покрытий можно добиться лазерной обработкой поверхностных слоёв 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 счёт 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 микрометров 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)