**Протокол технологической операции**

***2018.05.21 наплавка алюминиевого порошка АК 4-1 на алюминиевую подложку из сплава АК 4-1, Э1, один слой***

**Номер протокола технологической операции:** 2018.05.21 Режимы ЛПН АК4-1

**Срок выполнения технологической операции:** 21.05.2018

**Цель выполнения технологической операции:** проба наплавки алюминиевого порошка АК 4-1 на алюминиевую подложку из сплава АК 4-1

**Место выполнения технологической операции:** <не заполнено>

**Условия окружающей среды при выполнении технологической операции**

**Температура, °C:** 140  **Относительная влажность, %:** 60

**Атмосферное давление, кПа:** 51

**Техническое задание на выполнение технологической операции**

**Объект обработки**

**Деталь:** шпиндельная бабка ШБ-3 **Материал основы:** МО-44

Элементный состав:

Алюминий – 96%

Железо – 3%

Титан – 1%

**Материал рабочей поверхности:** МРП 51-2

**Геометрические характеристики**  Длина, мм: 650

Ширина, мм: 320

Высота, мм: 10

**Масса, кг:** 5

или

**Подложка**

**Материал:** АК4-1 (1141)

Элементный состав:

Алюминий – 100%

**Геометрические характеристики**

длина, мм: 50

ширина, мм: 100

толщина, мм: 2

**Масса, г:** 6510

**Материал для выполнения технологической операции**

**Металлический порошок:**

**1.** ПР-Б83 ТУ 14-22-91-95

форма частиц: каплеобразная;

насыпная плотность, г/см3: 1000

сыпучесть, г/с: 5

**2.** ПР-Б32 ТУ 66-22-10-91

**Металлическая проволока:** ПРОВ-А11 ГОСТ 77-22-10

- диаметр, мм: 4

**Требования к результату операции**

**Дефекты наплавленного материала**

<название дефекта1> – отсутствует или возможные значения

<название характеристики1 дефекта1> – отсутствует или присутствует или другие возможные качественный или количественные значения

… // *везде* *может быть произвольная вложенность характеристик*

<название характеристики2 дефекта1> – отсутствует или присутствует или другие возможные качественный или количественные значения

…

…

<название характеристикиm дефекта1> – отсутствует или присутствует или другие возможные качественный или количественные значения

<название дефекта2> – отсутствует или присутствует или другие возможные качественный или количественные значения

…

<название дефектаn> – отсутствует или присутствует или другие возможные качественный или количественные значения

**Геометрические характеристики**

Длина: 600 мм

**Элементный (химический) состав**

Алюминий – 100 %

**Микроструктура**

- размер зерен:

- средний размер

- метод определения:

- метод секущей

- или метод подсчета количества зерен на некоторой площади:

- количество зерен на 1 мм²

- балл зерна: <число>

- или минимальный и максимальный размер (диапазон размеров)

- или распределение по размерам

- анизотропия (текстура): <число>

- форма зерен: полигональная (многоугольники), дендритная (древовидная), прочее (в том числе неправильная, типа нескольких слившихся полигонов)

- вторые фазы: *отсутствуют* или

*присутствуют*:

- количество вторых фаз, %: <число>

- форма вторых фаз: кубическая (возможно, полиэдрическая), игольчатая, пластинчатая, хлопьевидная, сферическая, сфероидальная и т.п.

- размер зерен вторых фаз

- дефекты микроструктуры: *отсутствуют* или

*присутствуют*:

- количество дефектов, %: <число>

<название дефекта1> – отсутствует или присутствует или другие возможные качественный или количественные значения

<название характеристики1 дефекта1> – отсутствует или присутствует или другие возможные качественный или количественные значения

… // *везде* *может быть произвольная вложенность характеристик*

<название характеристики2 дефекта1> – отсутствует или присутствует или другие возможные качественный или количественные значения

…

…

<название характеристикиm дефекта1> – отсутствует или присутствует или другие возможные качественный или количественные значения

<название дефекта2> – отсутствует или присутствует или другие возможные качественный или количественные значения

…

<название дефектаn> – отсутствует или присутствует или другие возможные качественный или количественные значения

**Оборудование для выполнения технологической операции**

**Технологический лазер:** ЛС-1-К**Устройство для перемещения оптической головы относительно обрабатываемой поверхности:** KUKA KR30HA**Лазерная оптическая голова:** FLW D50

**Порошковый питатель:** ПП7103-1

**Узел подачи газопорошковой смеси:**

Тип подачи металлического порошкового материала в зону обработки: Коаксиальная

Угол конуса: 32.0 °

Ширина зазора коаксиальной щели: 0.5 мм

**Предварительная подготовка подложки**

**Обработка поверхности:** очистка поверхности от органических и неорганических загрязнений (жировых и окисных пленок, ржавчины, окалины и других загрязнений). Очистку выполнить механизированными способами с применением специального инструмента, армированных абразивных кругов, стальных проволочных щеток, устройств ударного типа и других инструментов (тип используемого оборудования и инструментов указывается Заказчиком)

**Контролируемый нагрев**

**Температура, <K или °C>:** <числовой интервал> или <число>

**Скорость, <°C/ч или K/ч или °C/мин или K/мин>:** <число>

**Предварительная подготовка детали**

***Примечание:*** *данный раздел заполняется, если объектом обработки является деталь/заготовка, а не подложка*

**Обработка поверхности:** <текстовое описание> // *только* ***не*** *общая, которую всегда проводят, как, например, та, что перечислена в предыдущем разделе, а именно специфическая – например, обработать конкретным веществом и т.п.*

**Контролируемый нагрев** // *заполняется, если перед началом процесса обрабатываемую деталь следует нагреть до некоторой температуры с определенной скоростью*

**Температура, <K или °C>:** <числовой интервал> или <число>

**Скорость, <°C/ч или K/ч или °C/мин или K/мин>:** <число>

**Газовая среда в рабочей камере**

**Наполняющий газ:** НГ 44-1 **Объемный расход, л/мин:** 0.15  **Давление, Па:** 500 **Температура, °C:** 40 или *// если это газовая смесь, которая готовится из моногазов самостоятельно («на месте»), непосредственно при подготовке к ТО (количество газов – N)*

**Наполняющая газовая смесь**

*// параметры ‘объёмный расход’, ‘давление’ и ‘температура’ указываются для смеси газов* **Объемный расход, н.л./мин:** 12 **Давление, кПа:** 42 **Температура, K:** 350

*// и перечисляются газы, которые смешивались и их концентрация (процентное содержание) в смеси*

**1.**

**Газ:** Аргон **Объемная доля, %:** 85

**2.**

**Газ:** Неон **Объемная доля, %:** 15

**Ключевые параметры выполнения ТО (процесса)**

**Сопутствующий нагрев объекта обработки**

**Температура, K:** 400

**Параметры лазерного излучения Режим генерации лазерного излучения:**

непрерывный

или

модулированный:

- частота модуляции, кГц: 12

- длительность импульса, мкс: 30

или

импульсный:

- частота следования импульсов, Гц : 10

- длительность импульса, мс: 10

**Мощность, Вт:** 300

или

**Значение мощности изменялось в процессе перемещения лазерного пучка по обрабатываемой поверхности:**

момент времени: 0 c, значение мощности: 5 кВт

момент времени: 20 c, значение мощности: 3 кВт

момент времени: 50 c, значение мощности: 1 кВт

или

**Значение мощности по слоям:**

210 Вт для слоев: с 1 по 3

50 Вт для слоев: 4

или // *случай переменной мощности для конкретных слоев или слоя*

**Значение мощности изменялось в процессе перемещения лазерного пучка по обрабатываемой поверхности:** момент времени: 0 c, значение мощности: 700 Вт

момент времени 45 c или мс или мкс, значение мощности: 850 Вт

для слоев: с 1 по 3

момент времени: 0 c, значение мощности: 351 Вт

момент времени 77 c, значение мощности: 443 Вт

для слоев: с 5 по 6

**Диаметр пятна лазерного пучка на обрабатываемой поверхности, мм:** 7 **Плотность мощности, Вт/см2:** 500 // *рассчитываемая по формуле величина (плотность мощности = мощность лазерного излучения / площадь пятна)*

***Параметры подачи технологических газов***

**Параметры защитного газа**

**Газ:** Аргон

**Объемный расход, н.л/мин:** 17  **Давление, Кпа:** 2  **Температура, °C:** 80или *// если это газовая смесь, которая готовится из моногазов самостоятельно («на месте»), непосредственно при подготовке к ТО (количество газов – N)*

**Параметры защитной газовой смеси**

*// параметры ‘объёмный расход’, ‘давление’ и ‘температура’ указываются для смеси газов* **Объемный расход, н.л./мин:** 60 **Давление, Па:** 820 **Температура, K:** 400

*// и перечисляются газы, которые смешивались и их концентрация (процентное содержание) в смеси*

**1.**

**Газ:** Аргон **Объемная доля, %:** 90

**2.**

**Газ:** Гелий **Объемная доля, %:** 10

**Параметры транспортирующего газа** *// если есть (только при наплавке)* **Газ:** Аргон **Объемный расход, л/мин:** 8 **Давление, кПа:** 6 **Температура, K:** 300

**Параметры обжимающего газа** *// если есть* **Газ:** Аргон  **Объемный расход, л/мин:** 5  **Давление, кПа :** 15 **Температура, °C:** 90

**Параметры подачи материала**  **Металлическая проволока:**

ПРОВ-А-11

**Скорость подачи, мм/с:** 7

**Способ подачи:**

«центральная»

или

«боковая» под углом <число> °

или

**Металлический порошок:**

ПР-АО20-1

**Массовый расход, г/мин:** 420  **Количество оборотов дозирующего диска порошкового питателя, об/мин:** 16

или

**Композиция металлических порошков 1.**

**Металлический порошок:** ПР-АО20-1 **Массовый расход, г/мин:** 600 **Количество оборотов дозирующего диска порошкового питателя, об/мин:** 15

**2.**

**Металлический порошок:** АК 4-1 **Массовый расход, г/мин:** 200 **Количество оборотов дозирующего диска порошкового питателя, об/мин:** 5

**Параметры перемещения и позиционирования рабочего инструмента относительно обрабатываемой поверхности**

**Линейная скорость перемещения сфокусированного лазерного пучка по обрабатываемой поверхности, мм/с:** 8

**Линейная скорость холостого перемещения оптической головы относительно обрабатываемой поверхности, мм/с:** 8 **Угловая скорость вращения устройства позиционирования, рад/с:** 5

**Фокусное расстояние фокусирующей линзы, мм:** 45

**Расстояние от нижней поверхности сопла оптической головы до обрабатываемой поверхности, мм:** 90

**Расстояние от места фокусировки лазерного излучения до обрабатываемой поверхности, мм:** 20 **Величина вертикального (z) смещения оптической головы относительно поверхности предварительно наплавленного слоя, мм:** 30 **Шаг смещения центра сфокусированного лазерного пучка относительно центра предварительно созданного валика (трека), мм:** 25

**Горизонтальное (x, y) смещение между слоями:**

отсутствует

или

присутствует (20 мм)

**Угол наклона оптической головы, °:** 12**Положение фокуса излучения относительно обрабатываемой поверхности:** *// внимание: этот параметр только для лазерной сварки*

на поверхности

или

выше поверхности на 25 мм

или

ниже поверхности на 41 мм

**Взаимное расположение центров фокусов ГПС и лазерного излучения:** *// внимание: этот параметр только для лазерной наплавки (порошковой)*

совмещены

или

смещены

по оси X:

на 90 мм

положительное

или

отрицательное

по оси Y:

на 44 мм

положительное

или

отрицательное

Комментарий операторавозможно, комментарий оператора, касающийся принятия им решения ***о выборе режима (рабочих параметров)*** проведения технологической операции

**Контролируемое охлаждение**

**Температура, K:** 300-350

**Скорость, K/мин:** 15

**Результат выполнения технологической операции**

**Оценка результата** «соответствует требованиям технического задания»

или

«не соответствует требованиям технического задания но оценивается как положительный»

или

«не соответствует требованиям технического задания и оценивается как отрицательный»

**Описание результата**

**Геометрические характеристики** «соответствуют требованиям технического задания»

или

«не соответствуют требованиям технического задания»

деформации: «присутствуют» или «отсутствуют»

**Элементный состав** **Описание:**

Алюминий, % – 87

Железо, % – 10

Титан, % – 3

**Оценка:**

«соответствует требованиям технического задания»

или

«не соответствует требованиям технического задания но оценивается положительно»

или

«не соответствует требованиям технического задания и оценивается отрицательно»

**Микроструктура** **Описание:** описание получившейся микроструктуры в соответствии с

приведенными выше правилами (см. раздел «Требования к результату операции»)

**Оценка:** *// выбирается один из следующих вариантов*

«соответствует требованиям технического задания»

или

«не соответствует требованиям технического задания но оценивается положительно»

или

«не соответствует требованиям технического задания и оценивается отрицательно»

**Дефекты наплавленного материала** «Дефекты отсутствуют или их значения находятся в пределах допуска»

или

// *если присутствуют дефекты, значения которых не находятся в области допустимых для них значений, то*

Для каждого дефектаi (i = 1, …, n; *как минимум, здесь должны быть перечислены все те, что указывались в разделе «Требования …»*):

<название дефекта1>

**Описание:** значение дефекта1 – отсутствует или присутствует или другие качественные или количественные значения – и его характеристик (если они есть)

<название характеристики1 дефекта1> – отсутствует или присутствует или другие качественные или количественные значения

… // *везде* *может быть произвольная вложенность характеристик*

<название характеристики2 дефекта1> – отсутствует или присутствует или другие качественные или количественные значения

…

…

<название характеристикиm дефекта1> – отсутствует или присутствует или другие качественные или количественные значения

**Оценка:** *// выбирается один из следующих вариантов*

«соответствует требованиям технического задания»

или

«не соответствует требованиям технического задания но оценивается как допустимый»

или

«не соответствует требованиям технического задания и оценивается как недопустимый»

<название дефекта2>

**Описание:** значение дефекта2 – отсутствует или присутствует или другие качественные или количественные значения – и его характеристик (если они есть)

**Оценка:** *// выбирается один из следующих вариантов*

«соответствует требованиям технического задания»

или

«не соответствует требованиям технического задания но оценивается как допустимый»

или

«не соответствует требованиям технического задания и оценивается как недопустимый»

…

<название дефектаn> – «соответствует требованиям технического задания» или возможные значения

**Описание:** значение дефектаn – отсутствует или присутствует или другие качественные или количественные значения – и его характеристик (если они есть)

**Оценка:** *// выбирается один из следующих вариантов*

«соответствует требованиям технического задания»

или

«не соответствует требованиям технического задания но оценивается как допустимый»

или

«не соответствует требованиям технического задания и оценивается как недопустимый»

Комментарий операторавозможно, комментарий оператора по поводу того, ***почему результат (полученная заготовка) не соответствует требованиям***, его соображения на этот счет

**Файлы управляющих программ**

<не заполнено>

**Изображения результата операции** <не заполнено>