



*Теория и практика
современной аграрной науки*



Новосибирск, 2022 г.

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ РАН

Теория и практика современной аграрной науки

Сборник V национальной (всероссийской) научной конференции
с международным участием
(г. Новосибирск, 28 февраля 2022 г.)

Новосибирск 2022

УДК 621.793

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И РЕЖИМОВ НАПЫЛЕНИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

В.Н. Хрянин, канд. техн. наук, доцент

Р.В. Конореев, канд. техн. наук, доцент

М.А. Попов, старший преподаватель

Д.В. Рудаев, магистрант

Новосибирский государственный аграрный университет

Аннотация. В статье представлены исследования по обоснованию выбора порошкового материала и режимов напыления установкой ДИМЕТ – 405 на образцы, изготовленные из алюминиевого сплава АК12М2МгН. Проведен сравнительный анализ покрытий, полученных при нанесении порошков А-80-13 и А-20-11, рекомендованы режимы напыления.

Ключевые слова: холодное газодинамическое напыление, восстановление деталей микроструктурные исследования, микрошлиф, пористость, режимы напыления, адгезия, когезия.

Восстановление деталей методом холодного газодинамического напыления представляет собой процесс создания покрытий из порошковых материалов, частицы которых при соударении на высокой скорости врезаются в поверхность и образуют слой с заданными характеристиками.

На кафедре надежности и ремонта машин Инженерного института ФГБОУ ВО «Новосибирского ГАУ» проводились исследования по влиянию режимов напыления порошков А-80-13 и А-20-11 на детали из алюминиевого сплава АК12М2МгН. Целью исследования являлось создание качественного покрытия, с заданными физико-механическими свойствами при восстановлении деталей, изготовленных из алюминиевых сплавов.

Следует отметить, что в соответствии с рекомендациями производителя порошковых материалов, для деталей, изготовленных из алюминиевых сплавов, предлагается использовать порошки А-80-13 (для заполнения каверн, пор, трещин и других дефектов) и А-20-11 (при восстановлении коррозионных и механических повреждений, сколов, пробоин и прогаров) [3].

Среди основных контролируемых параметров, влияющих на качество формируемого покрытия при исследовании были выбраны: расход порошкового материала (г/с), температура (°С) и расстояние до напыляемого образца (мм).

В результате эксперимента было получено восемь образцов, четыре из которых с нанесением порошка А-80-13 и четыре - с А-20-11.

При обосновании численных значений режимов напыления, за основу была взята методика двухфакторного эксперимента, основанного на дисперсионном анализе, где в качестве влияющих факторов были выбраны расход порошкового материала (г/с) и температура воздуха в пистолете - напылителе (°С) по верхнему и нижнему значениям (см. табл.1).

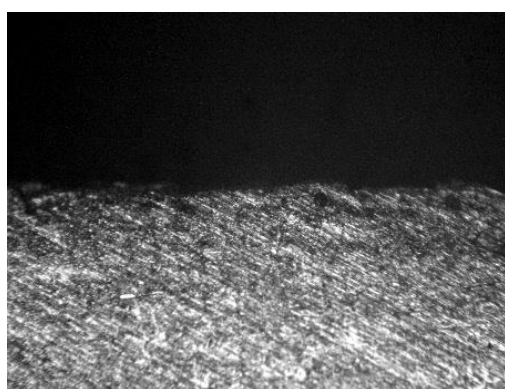
Для обеспечения равных условий эксперимента расстояние до напыляемого образца было одинаковым и выбрано в соответствии с рекомендациями производителя оборудования и материалов [3].

Таблица 1.

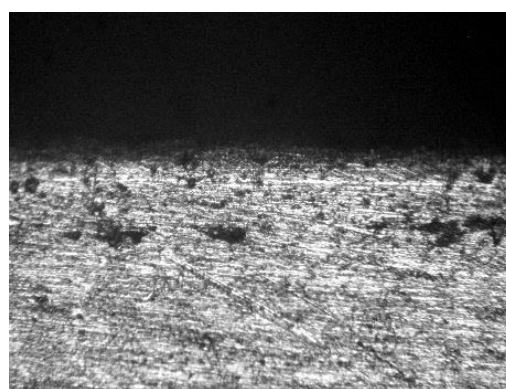
Режимы напыления для проведения двухфакторного эксперимента.

Режим напыления	Температура нагрева воздуха, град. С.	Расход порошка, г/с.
1	200	0,2
2	200	0,7
3	600	0,2
4	600	0,7

После напыления были выполнены микрошлифы образцов и произведены макро- и микроструктурные исследования покрытий с использованием металлографического микроскопа с фотографированием образцов исследований при 100-кратном увеличении (рис.1,2,3 и 4).



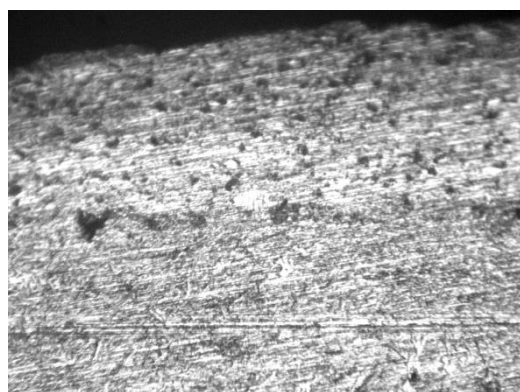
а



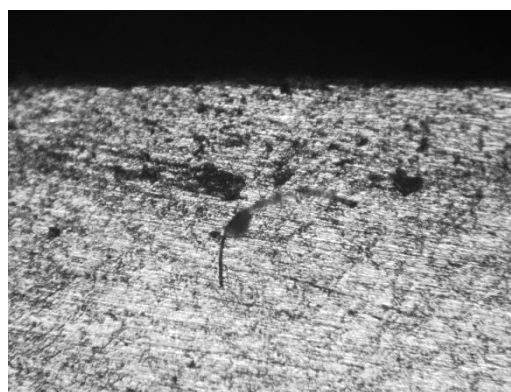
б

Рисунок 1 – Фотографии образцов, напыленных порошковыми материалами на режиме «1»: а – А-80-13; б – А-20-11

На рисунке 1 представлены образцы, полученные при нижних значениях режимных параметров: температуре напыления 200°C и расходе порошка 0,2 г/с. При микроструктурном исследовании видно, что образец (а) имеет менее выраженную границу между напыленным слоем и основным материалом, а также имеет меньшую пористость, чем образец (б).



а

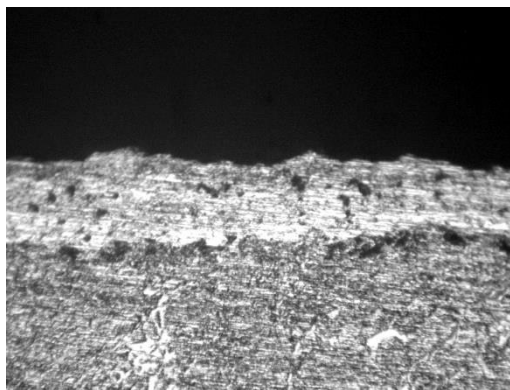


б

Рисунок 2 – Фотографии образцов, напыленных порошковыми материалами на режиме «2»: а – А-80-13; б – А-20-11

На рисунке 2 представлены образцы, полученные при нижнем значении

температурного режима напыления – 200°С и верхнем режимном параметре расхода порошка – 0,7 г/с. При микроструктурном исследовании видно, что образец (а) также имеет менее выраженную границу между напыленным слоем и основным материалом, с меньшей пористостью, относительно образца (б). Толщина слоя на образце (а), значительно больше, чем на образце (б), что говорит о более рациональном использовании порошка.



а



б

Рисунок 3 – Фотографии образцов, напыленных порошковыми материалами на режиме «3»: а – А-80-13; б – А-20-11

На рисунке 3 представлены образцы, полученные при верхнем значении температурного режима напыления – 600°С и нижнем режимном параметре расхода порошка – 0,2 г/с. При микроструктурном исследовании видно, что повышенный температурный режим в обоих образцах ведет к образованию пор как в напыленном слое, так и на линии границы. Толщина слоя на образце (б), значительно больше, чем на образце (а), что говорит о более рациональном использовании порошка.

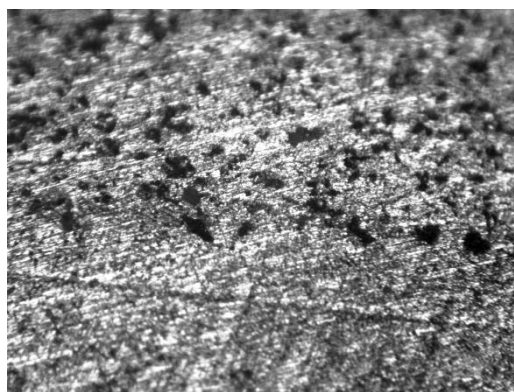
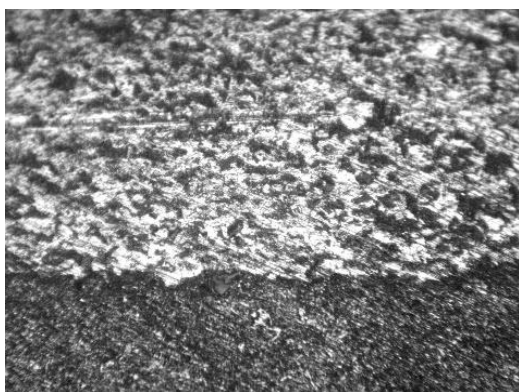


Рисунок 4 – Фотографии образцов, напыленных порошковыми материалами на режиме «4»: а – А-80-13; б – А-20-11

На рисунке 4 представлены образцы, полученные при верхних значениях режимных параметров: температуре напыления 600°С и расходе порошка 0,7 г/с. При макроструктурном исследовании было видно, что на таких режимных параметрах получилась максимальная толщина покрытия, относительно режимов «1-3». При микроструктурном исследовании видно, что образец (а) имеет более выраженную границу между напыленным слоем и основным материалом, чем образец (б) но при этом на образце (а) наблюдается меньшая пористость.

Таким образом, при анализе результатов исследования было определено, что к наиболее оптимальным режимам, назначенными для двухфакторного эксперимента при

напылении установкой ДИМЕТ – 405 деталей из алюминиевого сплава (на примере сплава АК12М2МгН) порошками А-80-13 и А-20-11 можно отнести режимные параметры по верхним значениям: температура напыления 600°C и расход порошка 0,7 г/с, режим «4» (см. табл. 1). При макроструктурном исследовании данных образцов, была обнаружена максимальная толщина покрытия, что в свою очередь свидетельствует о возможности получать слой необходимой толщины при меньшем расходе порошка, относительно режимов «1-3». Все образцы были получены при одинаковом числе проходов напыления, при этом толщина покрытия на режиме «4» в несколько раз больше, чем на режимах «1-3». При микроскопическом анализе образцов, полученных на режиме «4», так же выявлена наименьшая пористость и наиболее однородная структура в напыленном слое, а так же граница между основным металлом и напыленными слоями является наиболее однородной, что может говорить о высокой адгезионной и когезионной прочности. У образца, который был напылен порошковым материалом А-80-13 (см. рис. 4 «а»), показатели пор, шероховатости и линий границ лучше, чем у образца (б), таким образом, может подвести итоги, что порошковый материал А-80-11 на температурном режиме 600°C и расходом порошка 0,7 г/с имеет наилучшие показатели при восстановлении деталей изготовленных из алюминиевого сплава АК12М2МгН.

В заключении следует отметить, что микроструктурные исследования носят оценочный характер и для более глубокого анализа необходимо проводить дополнительные исследования физико-механических свойств напыленных слоёв при восстановлении деталей. Но, несмотря на это, в результате проведенных исследований было выявлено, что не все режимы напыления могут обеспечить однородный формируемый слой покрытия из плотно закрепленных частиц. Обработка двухфакторного эксперимента позволит определить оптимальные режимы для напыления порошков А-80-13 и А-20-11 при восстановлении деталей из алюминиевых сплавов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алхимов А.П. и др. Холодное газодинамическое напыление. Теория и практика. А.П. Алхимов, С.В. Клинков, В.Ф. Косарев [и др.]; отв. ред. А.П. Алхимов. -Издательство: ФИЗМАТЛИТ, 2010. -536 с.
2. Влияние модификации порошковых материалов на свойства получаемых покрытий при восстановлении деталей методом холодного газодинамического напыления / Д. В. Рудаев, М. А. Попов, М. Ю. Рябчиков, В. С. Погонцева // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования : Материалы XII региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 11 ноября 2020 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2020. – С. 188-189.
3. ДИМЕТ. Технологии напыления металлов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://dimet.info/catalog/poroshki/> (Дата обращения: 22. 10.2022).
4. Обоснование выбора материала покрытия при восстановлении деталей методом холодного газодинамического напыления / С. О. Пузанов, М. Ю. Рябчиков, В. А. Мохов [и др.] // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования : Материалы XI региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 75-летию Инженерного института, Новосибирск, 11–12 ноября 2019 года. – Новосибирск: Издательский центр НГАУ «Золотой колос», 2019. – С. 274-279.
5. Обоснование выбора режимов напыления установкой ДИМЕТ - 405 при восстановлении деталей, изготовленных из алюминиевых сплавов / И. Д. Горн, В. Н. Хрянин, Р. В. Конореев, М. А. Попов // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования : Материалы XIII международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию кафедры Надежности и ремонта машин ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ, Новосибирск, 15 декабря 2021 года. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2021. – С. 184-186.
6. Пузанов, С. О. Обоснование применения метода холодного газодинамического напыления при восстановлении деталей / С. О. Пузанов, В. А. Мохов, В. Н. Хрянин // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования : Материалы X региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 12–13 ноября 2018 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2018. – С. 235-240.