УДК 669

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СФЕРИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ

Гусева Т.С.– старший преподаватель,
Ибрагимов Е.А. – доцент, к.т.н.,
Кузнецов М.А. – доцент, к.т.н.,
Сапрыкин А.А. – доцент, к.т.н.
Юргинский технологический институт (филиал)
Томского политехнического университета
Россия, г. Юрга

Современное производство все активнее внедряет аддитивные технологии, среди которых селективное лазерное плавление (СЛП) занимает одно из ключевых мест благодаря возможности создания сложнопрофильных деталей с высокими эксплуатационными характеристиками. Однако эффективность процесса СЛП в значительной степени определяется качеством используемых металлических порошков. Основным требованием к порошковым материалам для СЛП является сферическая форма частиц [1], поскольку именно она обеспечивает: оптимальную сыпучесть и равномерность распределения материала по платформе; формирование плотных и однородных слоев; стабильность процесса плавления и минимальную пористость готовых изделий.

Важным инструментом модификации порошковых материалов выступает механическая активация в шаровой мельнице [2,3]. Этот процесс позволяет не только измельчать частицы, но и целенаправленно изменять их морфологию и физико-химические свойства за счет комбинированного воздействия ударных и сдвиговых нагрузок. При правильном подборе параметров обработки (скорость вращения барабана, размер и материал мелющих тел, продолжительность активации, газовая среда) возможно достижение заданной степени сферичности частиц.

Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью разработки эффективных методов получения металлических порошков с контролируемой сферической формой частиц, адаптированных для применения в технологии селективного лазерного плавления. Цель работы - установить корреляцию между режимами механической активации в шаровой мельнице и морфологическими характеристиками порошков на основе алюминиевых сплавов для последующего использования в СЛП-процессах.

Ранее экспериментальным путем были определены критические частоты вращения барабана шаровой мельницы, соответствующие различным режимам работы [4]. Каскадный режим наблюдается при скорости до 61,65 об/мин (рис.1, а). Оптимальная производительность достигается в водопадном режиме, который реализуется в диапазоне от 68,5 до 102,75 об/мин (рис.1,б).

Превышение скорости до интервала 109,6–123,3 об/мин приводит к активации режима самофутирования (рис.1, в).

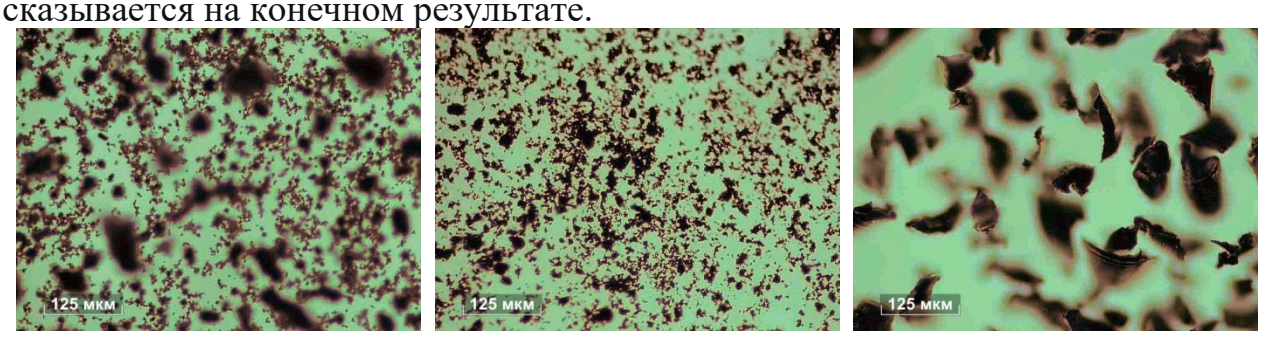


(а) (б) (в)

Рисунок 1 – Данные, полученные в ходе лабораторных испытаний: каскадный (а), водопадный (б), режим самофутирования (в)

Для получения частиц порошка околосферической формы дальнейшие эксперименты проводились в переходном режиме между каскадным и водопадным с целью оптимизации технологических параметров. Исходная шихта состояла из алюминия (91 мас.%), кремния (8 мас.%) и магния (1 мас.%). Обработка проводилась в шаровой мельнице со следующими параметрами: частота вращения барабана варьировалась от 55 об/мин до 82 об/мин, во временном диапазоне от 10 до 60 мин. (с шагом 10 мин.), масса порошковой загрузки составила 150 г, общая масса мелющих тел — 7270 г.

В качестве рабочей среды использовались шары из стали марки ШХ15 с различным диаметром: 5 мм (500 шт.), 7 мм (500 шт.) и 8 мм (3000 шт.). Критическим условием эффективного процесса являлось заполнение 70% объема барабана мельницы шарами. Отклонение от данного значения в меньшую сторону вызывает адгезию порошка к стенкам и его скатывание, что негативно сказывается на конечном результате.

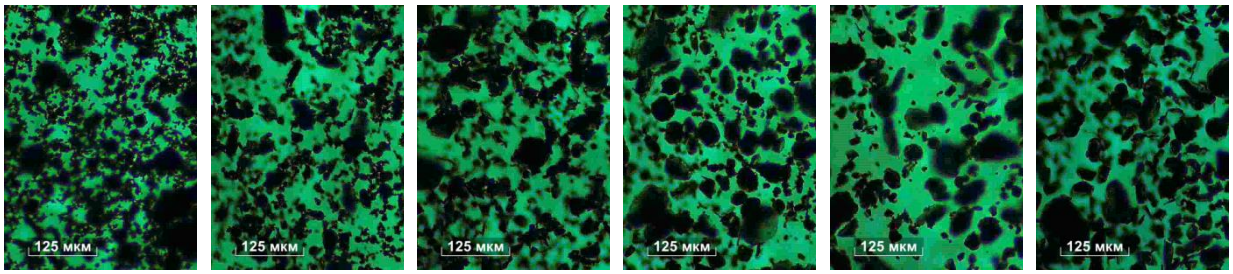


(а) (б) (в)

Рисунок 2 – Исходные порошковые материалы: алюминий (а), кремний (б) и магний (в) — до проведения механической активации

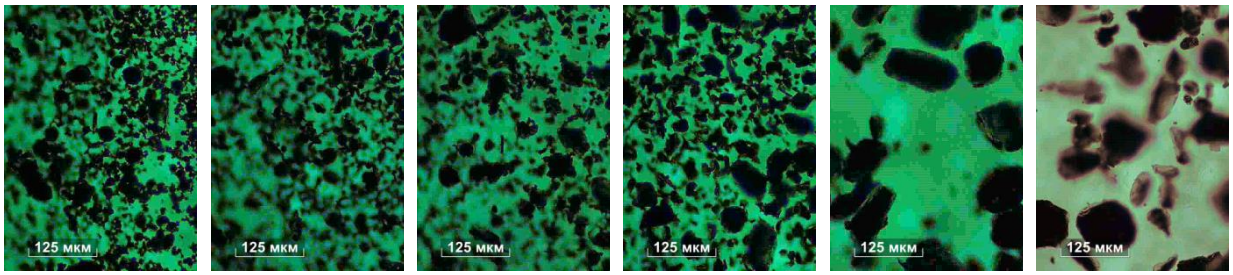
На рисунке 2 представлен исходный порошок до механической активации, порошок алюминия характеризуется наиболее изометричной формой частиц (рис.2, а), в свою очередь частицы кремния имеют неправильную, неразборчивую форму (рис.2, б), а магний представлен агломератами стружкообразного типа (рис.2, в).

n= 55 об/мин



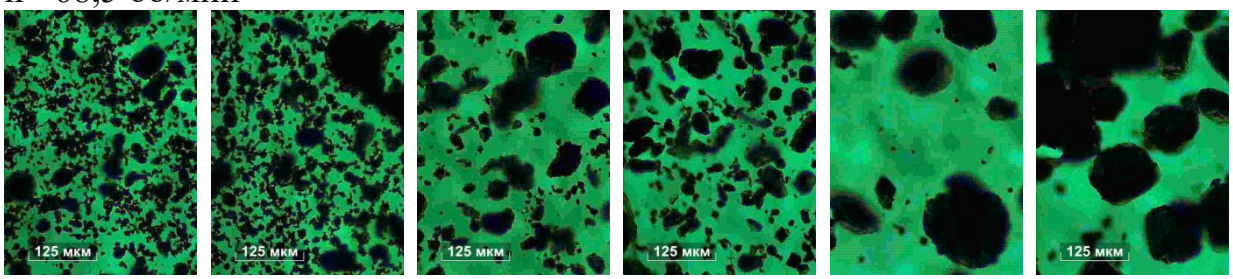
t=10 мин t=20 мин t=30 мин t=40 мин t=50 мин t=60 мин

n= 62 об/мин



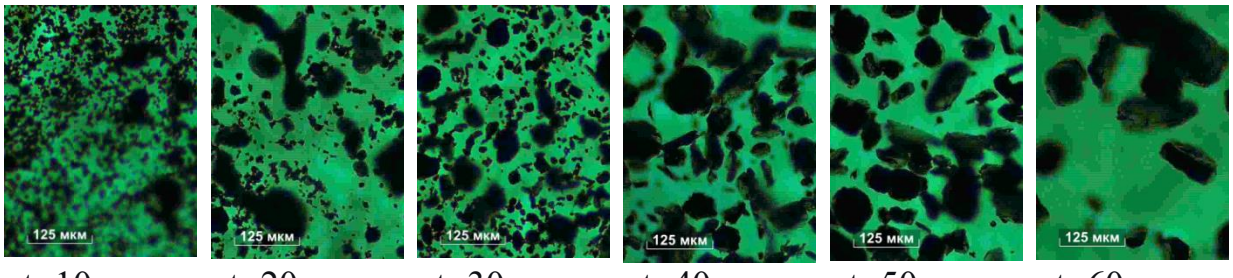
t=10 мин t=20 мин t=30 мин t=40 мин t=50 мин t=60 мин

n= 68,5 об/мин



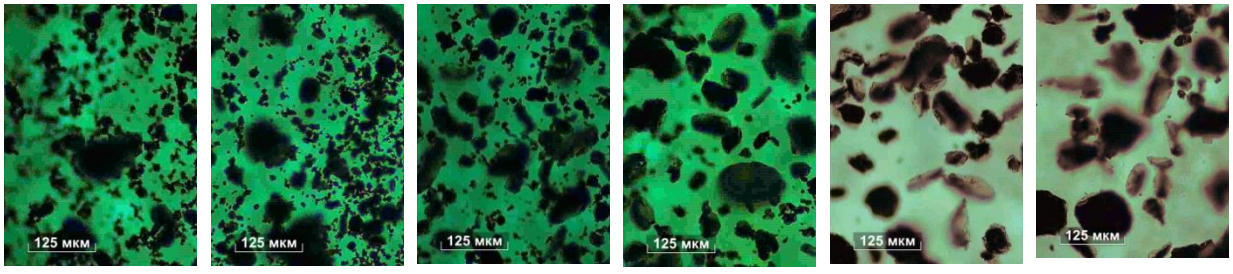
t=10 мин t=20 мин t=30 мин t=40 мин t=50 мин t=60 мин

n= 73 об/мин



t=10 мин t=20 мин t=30 мин t=40 мин t=50 мин t=60 мин

n= 82 об/мин



t=10 мин t=20 мин t=30 мин t=40 мин t=50 мин t=60 мин

Рисунок 3 – Частицы порошка алюминия, кремния и магния после механической активации при различных параметрах.

Проведенное исследование позволило установить оптимальные параметры механической активации в шаровой мельнице для получения алюминиевых порошков с околосферической формой частиц, предназначенных для селективного лазерного плавления. В ходе работы была проанализирована зависимость морфологических характеристик порошков от двух основных факторов: времени обработки и частоты вращения барабана. Как показано на рисунке 3, с увеличением времени обработки наблюдается рост размера частиц порошка. Установлена четкая зависимость морфологии частиц от времени активации: с увеличением продолжительности обработки от 30 до 60 минут наблюдается существенное изменение формы частиц. Наиболее близкая к сферической форма частиц достигается при частоте вращения 68,5 об/мин и времени обработки от 50 до 60 минут. Для дальнейших исследований рекомендуется проанализировать порошковые образцы, обработанные при частотах вращения 62 об/мин и 68,5 об/мин в течение 30, 50 и 60 минут механической активации, с целью изучения степени их смешивания и проведения сравнительного анализа.

Список литературы:

1. Попкова И.С., Золоторевский В. С., Солонин А. Н. Производство изделий из алюминия и его сплавов методом селективного лазерного плавления //Технология легких сплавов. – 2015. – №. 4. – С. 14-24.

2. Кузьмич Ю.В. Механическое легирование / Ю. В. Кузьмич, И. Г. Колеснкова, Б. М. Фрейдин, В. И. Серба; [отв. ред. Е. Г. Полякова].– М.:Наука, 2005.–213 с.

3. Лузан С.А., Івлєв В.О. Получение композиционных материалов с использованием механической обработки в шаровых мельницах //підвищення надійності машин і обладнання. – 2018. – С. 134.

4. Гусева Т.С. и др. Определение оптимального режима работы шаровой мельницы //Инновационные технологии в машиностроении: сборник трудов XV Международной научно-практической конференции, г. Юрга, 23-25 мая 2024 г. – Томский политехнический университет, 2024.