

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЛАВЛЕНИЯ НА СТРОЕНИЕ ОБРАЗЦОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА УСТАНОВКЕ «ЛУЧ»

М.Г. Крилицын^{1,2}, В.А. Рубанов¹, М.А. Химич^{2,3}

Научный руководитель: доцент, к. т. н. Ж.Г. Ковалевская

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

³Национальный исследовательский Томский государственный университет

E-mail: rubanov1994@mail.ru

В настоящее время в промышленном производстве стремительно развивается такое направление как аддитивное производство. Машины аддитивного синтеза выступают в качестве инструмента для создания конечного продукта с требуемыми характеристиками. Данная тенденция развития вызвана постепенным снижением стоимости и увеличением скорости производства в совокупности с усовершенствованием технологий аддитивного синтеза. К аддитивному производству относится селективное лазерное сплавление (СЛС). Принцип работы установок СЛС описан в множестве источников [1]. Благодаря возможности использовать различные порошковые материалы, такие как никелевые жаропрочные сплавы, сплавы на основе кобальта, титана, высоколегированные стали, медные или оловянные сплавы, полученные изделия можно применять в самых разных областях промышленности от авиационно-космической до пищевой [1].

Экспериментальная установка «Луч» разработана и изготовлена в научно-образовательном центре «Современные производственные технологии» ИФВТ ТПУ и предназначена для селективного лазерного сплавления металлических порошков [2]. Основные характеристики установки «Луч»: волоконный непрерывный лазер ЛК-5000М мощностью 500 Вт; сканаторная головка LscanH-14-1064 с программным обеспечением LDesigner, размером пятна в фокусе лазерного излучения 205 мкм и фокусным расстоянием 330 мм.

Образцы получали в герметично закрытой камере при давлении аргона ~1,6 атм. В качестве исходных материалов в работе использовался порошок сплава Ti-45Nb, полученный механоактивацией в шаровой мельнице АГО-2 [3]. Частицы порошка имели форму окатышей со средним размером 20 мкм. Каждый слой образцов получали в два прохода лазером с одинаковой разверткой, но разной скоростью. Развертка представляла собой параллельные друг другу линии с шагом между ними 200 мкм. Каждый последующий слой развертка поворачивалась на угол 90 градусов для обеспечения высокой плотности получаемого образца. Основными изменяемыми параметрами были мощность излучения, скорость сканирования и толщина слоя (табл. 1).

Таблица 1. Режимы СЛС

Изменяемые параметры	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4
Мощность лазерного излучения, Вт	125	125	250	250
Скорость первого сканирования, мм/с	160	160	320	320
Скорость второго сканирования, мм/с	140	140	320	320
Толщина слоя насыпки, мкм	100	40	40	40 с коррекцией
Количество слоев	10	10	15	10

При получении образца №1 наблюдалось сильное скатывание расплавленного порошка в шарики. С каждым слоем диаметр шариков становился все больше и больше, и при нанесении 10-го слоя порошка разравнивающий нож срезал большую половину образца. Внешний вид полученного образца и отделившегося материала приведен на рисунке 1а.

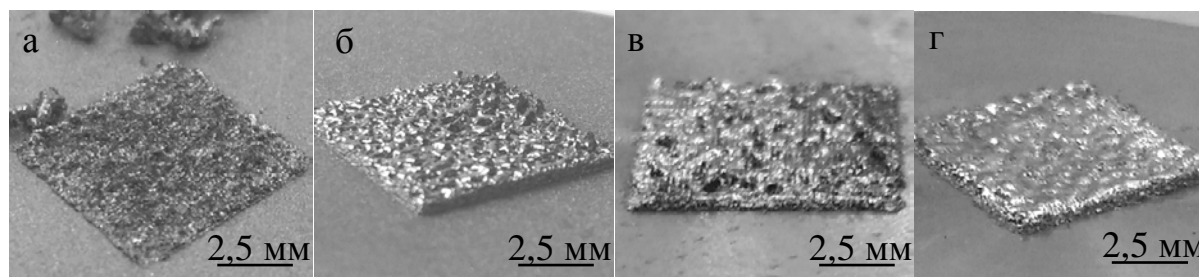


Рис. 1. Фотографии образцов, полученных СЛС на установке «Луч»: а – образец № 1; б – образец № 2; в – образец № 3; г – образец № 4

При получении образца № 2 для увеличения плотности образцов и улучшения получаемой поверхности толщина наносимого слоя порошка была снижена до 40 мкм. Образец сохранил свои целостность, что говорит влиянии на качество изделия уменьшения толщины насыпаемого порошка (рис. 1б). В образце сохранилась

высокая открытая пористость вследствие скатывания материала в шарики. В данном случае это говорит о том, что скорость сканирования поверхности порошка слишком низкая.

При получении образца № 3 была увеличена скорость сканирования, а для сохранения энерговклада на прежнем уровне увеличена мощность лазерного излучения. Как видно на рис. 1в, качество поверхности образца изменилось. Стало значительно меньше шариков, скатывающихся из расплавленного материала, значительно снизилась открытая пористость. На поверхности видны отдельные дорожки сканирования, что говорит о кристаллизации материала локально в отдельных треках. При оценке толщины образца № 3 было обнаружено, что она меньше совокупной толщине насыпок на 25%. Это означает, что при сплавлении слоя порошка толщиной 40 мкм получается слой наплавленного материала толщиной 30 мкм. Значит, с каждой насыпкой реальная толщина слоя насыпанного порошка увеличивалась, что с увеличением количества слоев приводило к увеличению толщины очередной насыпки и формированию в процессе лазерного воздействия сложной морфологии поверхности образца с образованием шариков.

При получении образца № 4 усадка порошка при плавлении была учтена, и шаг опускания платформы для каждого последующего слоя составлял от 40 мкм для первых слоев до 30 мкм для последних слоев образца. Таким образом, сохранилась толщина насыпки порошка на уровне 40 мкм. Внешний вид образца № 4 приведен на рисунке 1г. Как видно, на поверхности образца менее заметны следы треков, нет открытых пор, шероховатость значительно ниже, чем у предыдущих образцов. Режим получения образца № 4 в данном диапазоне изменения режимов СЛС можно считать оптимальным.

Результаты металлографического анализа поперечных шлифов трех последних образцов показали, что оптимизация параметров СЛС обеспечила формирование монолитного материала с небольшим количеством мелких пор. Главным недостатком полученных образцов является наличие трещин, свидетельствующих о высоких внутренних напряжениях, формирующихся в образце в процессе СЛС. Решение данной проблемы является дальнейшей задачей исследований.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ, грант № 15-19-00191.

Список литературы

1. Шишковский И.В. Лазерный синтез функциональных мезоструктур и объемных изделий. – М. : Физматлит, 2009. – 417 с.
2. Razin A.V, Ovchinnikov V.V, Akhmetdin R.G. et al. Impact of ispersiveness on selective laser melting of the mixture of titanium and niobium fine powders // AIP Conf. Proc. – 2016. – 1783, 020190.
3. Шаркеев Ю.П., Ковалевская Ж.Г., Химич М.А. и др. Исследование строения и фазового состава порошков Ti и Nb после механической активации // Обработка металлов. – 2016. – № 1 – С. 42–51.