

**ФОРМИРОВАНИЕ СПЛАВА СИСТЕМЫ КОБАЛЬТ-ХРОМ-МОЛИБДЕН МЕТОДОМ
СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ**

О.И. Таранова^а, студент гр. 10А91,

Научный руководитель: Сапрыкина Н.А. ^б, к.т.н., доц.

Юргинский технологический институт (филиал)

Национального исследовательского Томского политехнического университета

E-mail: ^аtaranova2601@mail.ru, ^бsaprikina@tpu.ru

Аннотация. Трехкомпонентный сплав со стабильной фазовой структурой получен из порошков кобальта, хрома и молибдена (Co – 66 мас.%, Cr – 28 мас.%, Mo – 6 мас.%) методом селективного лазерного плавления. Порошковая смесь получена из порошков разной фракции в планетарной шаровой мельнице АГО-2С.

Ключевые слова: сплав кобальт-хром-молибдена, селективное лазерное плавление, порошковый материал.

Annotation. A three-component alloy with a stable phase structure is obtained from cobalt, chromium and molybdenum powders (Co – 66 wt.%, Cr – 28 wt.%, Mo – 6 wt.%) by selective laser melting. The powder mixture is obtained from powders of different fractions in the planetary ball mill AGO-2C.

Keywords: cobalt-chromium-molybdenum alloy, selective laser melting, powder material.

Селективное лазерное плавление (СЛП) является важным методом аддитивного производства порошковых сплавов, который привлек широкое внимание в последние годы. СЛП обеспечивает явные преимущества по сравнению с традиционным производством, такие преимущества включают почти нулевые ограничения в геометрии детали, высокую точность обработки и изготовление почти чистой формы. Широкий спектр металлических материалов был использован с использованием СЛП для их потенциального применения в турбомоторах, биомедицинских имплантатах и пресс-формами с внутренними конформными каналами охлаждения. Сплавы на основе кобальта, хрома и молибдена обладают уникальными свойствами (например, жаропрочность, износостойкость, коррозионная стойкость и др.), применяемыми для работы в агрессивных средах и при высоких температурах [1, 2]. Высокое содержание хрома повышает сопротивление горячей коррозии. Добавление молибдена улучшает коррозионную стойкость и прочность.

Порошковая смесь получена из порошков кобальта, хрома и молибдена (Co – 66 мас. %, Cr – 28 мас. %, Mo – 6 мас. %) разной фракции. Механическое легирование осуществлялось в стаканах высокоэнергетической планетарной шаровой мельницы АГО-2С, в защитной атмосфере аргона или на воздухе. В каждый стакан помещалось 10 г порошковой смеси требуемого состава с добавлением 10 капель реагента, контролирующего процесс (этиловый спирт). В качестве мелящих тел выступали шары диаметром 5 и 6 мм из конструкционной стали ШХ15 в массовом соотношении «порошок-шары» – 1:10.

Проведена оценка влияния параметров процесса селективного лазерного плавления (СЛП): скорость сканирования, шаг сканирования, толщина слоя порошка, схема сканирования [3]. Процесс СЛП проходил под воздействием лазерного излучения мощностью 100 Вт в импульсном режиме с частотой модуляции 3000 Гц. Камера установки была предварительно вакуумирована до давления разряжения 10^{-3} Па, затем была заполнена защитным газом аргон, температура подложки перед началом СЛП составляла 300 °С. Материал подложки – сталь 3.В результате была получена панель образцов (рис. 1).



Рис. 1. Панель образцов

Для предварительных экспериментов был выбран диапазон изменения скорости сканирования от 100 мм/с до 800 мм/м с шагом 100. При этом толщина насыпаемого слоя порошка составляла 0,025 мм, шаг сканирования 0,1 мм. В результате установлено, что наилучшие результаты по пористости достигаются на скоростях сканирования 300–400 мм/с. Далее проведен уточняющий эксперимент из этого диапазона скоростей. Наименьшая пористость для данного диапазона скоростей составила порядка 15 %. На основании результатов поисковых экспериментов в дальнейшем при изготовлении образцов в качестве постоянного параметра СЛП приняли скорость сканирования 360 мм/с.

Одной из причин формирования пористости в образцах является частичное расплавление порошка между слоями (непроплав). Это может быть связано как с малой мощностью лазерного излучения, так и с не оптимально подобранным расстоянием между соседними треками при сканировании сплавляемого слоя. Данный параметр определяют в зависимости от диаметра пятна лазерного излучения в зоне плавления. В нашем случае диаметр пятна лазера составляет порядка 70–80 мкм. Так как мощность лазерного излучения СЛП установлена максимальная для данной установки (100 Вт), была проведена оценка влияния шага сканирования на пористость образцов. При этом схема сканирования поверхности была выбрана с разбиением на участки, каждый из которых сканировался построчно с изменением направления движения взаимно-перпендикулярно от слоя к слою.

Все предыдущие предварительные эксперименты проводились при шаге сканирования 0,1 мм, поэтому изменение шага сканирования проводили в сторону уменьшения – 0,09–0,06 мм, с шагом 0,01 мм. При этом скорость сканирования была принята 360 мм/с, а толщина слоя порошка 0,025 мм.

По полученным результатам установлено, что наиболее низкую пористость в образцах (около 3 %) удастся получить при шаге сканирования 0,09 мм. На основании результатов поисковых экспериментов в дальнейшем при изготовлении образцов в качестве постоянного параметра СЛП приняли шаг сканирования 0,09 мм.

Таким образом, в рамках проведенных экспериментов установлен оптимальный режим СЛП, а именно: скорость сканирования (360 мм/с), шаг сканирования (0,09 мм) при которых пористость образцов достигает значения 3 %. Требуется дальнейшее уточнение оптимальных режимов СЛП с целью снижения пористости в образцах. Предлагается дальнейшее исследование влияния схемы сканирования, а именно относительное изменение углов сканирования, смещение векторов сканирования относительно друг друга, повторный переплав слоев, изменение диаметра пятна лазерного излучения.

Список используемых источников:

1. Lu, Y. Effect of Cu on microstructure, mechanical properties, corrosion resistance and cytotoxicity of CoCrW alloy fabricated by selective laser melting. / Lu, Y., Ren, L., Xu, X., Yang, Y. [and oth.] // *Behav. Biomed. Mater.* 81. – 2018. – pp. 130–141. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2018.02.026> (дата обращения 01.12.2022)
2. Ren, L. A novel coping metal material CoCrCu alloy fabricated by selective laser melting with antimicrobial and antibiofilm properties / Ren, L., Memarzadeh, K., Zhang, S., Sun, Z. [and oth.] // *Mater. Sci. Eng.* – 2016. –67. – pp. 461–467. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2016.05.069> (дата обращения 01.12.2022)
3. Saprykin A.A. Surface formation mechanisms in selective laser melting of cobalt-chromium-molybdenum powder / A.A. Saprykin, Y.P. Sharkeev, N.A. Saprykina, E.A. Ibragimov // *Key Engineering Materials* this link is disabled. – 2020. – 839 KEM. – p. 73–78.