

- получение изделий с требуемыми свойствами путем модифицирования формируемого слоя наноструктурированными порошками [7];
- использование порошковой проволоки в местах, в которых рабочая поверхность подвергается механическому, химическому, температурному или коррозионному воздействию.
- получение изделий простой цилиндрической формы и изделий со сложной криволинейной формой;
- использование других способов наплавки (TIG).

Выводы.

1. Использование сварочных технологий для получения металлических 3D-изделий позволяет значительно снизить себестоимость и увеличить производительность.
2. Наиболее перспективной сварочной технологией для создания металлических 3D-изделий является дуговая в среде активных защитных газов. Этот процесс обеспечивает хорошее межатомное взаимодействие слоев и получение изделий с кристаллической решеткой и определенными механическими и эксплуатационными свойствами.

Список используемых источников:

1. Жуков В.В. Аддитивное производство металлических изделий (обзор) / В.В. Жуков, Г.М. Григоренко, В.А. Шаповалов // Автоматическая сварка.– 2016. – № 5-6. – С. 148-153.
2. Коржик В.Н. Трехмерная печать металлических объемных изделий сложной формы на основе сварочных плазменно-дуговых технологий/ В.Н. Коржик, В.Ю. Хаскин, В.И. Ткачук, С.И. Пелешенко, В.В. Коротенко, А.А. Бабич // Автоматическая сварка.– 2016. – № 5-6. – С. 127-134.
3. Carter W.T. Direct Laser Sintering of Metals / W.T. Carter, J. Carter, G.J. Marshall // 4th Solid Freeform Fabrication Symposium. – 1993. – P.51-59. Режим доступа: <http://sffsymposium.engr.utexas.edu/Manuscripts/1993/1993-05-Carter.pdf>.
4. Kruth J.P. Selective laser melting of iron-based powder / J.P. Kruth, P. Mercelis, J. Van Vaerenbergh, L. Froyen, M. Rombouts, B. Lowers // Journal of Materials Processing Technology. – 2003. – Vol. 149 – P.616-622. – Режимдоступа: <https://deepdyve.com/lp/elsevier/selective-laser-melting-of-iron-based-powder>.
5. Larsson M. Rapid Manufacturing with Electron Beam Melting (EBM) – A manufacturing revolution? / M. Larsson, U. Lindthe, O. Harrysson // Solid Freeform Fabrication Symposium. – 2003. – P.433-438. – Режимдоступа: <http://sffsymposium.engr.utexas.edu/Manuscripts/2003/2003-41-Larsson.pdf>
6. Michaels S. Metal parts generation by three dimensional printing / S.Michaels, E.M. Sachs, M.J. Chima // Proceedings of the Solid Freeform Fabrication Simposium, Austin,USA. –1992. – P.244-250. – Режимдоступа: <https://sffsymposium.engr.utexas.edu/Manuscripts/1992/1992-28-Michaels.pdf>.
7. Кузнецов М.А., Зернин Е.А., Колмогоров Д.Е., Шляхова Г.В., Данилов В.И. Строение, морфология и дисперсность металла, наплавленной дуговой сваркой плавящимся электродом в аргоне в присутствии наноструктурированных модификаторов. // Сварка и диагностика, 2012, №6, с. 8-10.

ПОЛУЧЕНИЕ СПЛАВА НА ОСНОВЕ КОБАЛЬТА МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ

О.И. Таранова^{1,а}, студент гр. 10А91, И.М. Суровый студент гр. 10А11,

А.А. Сапрыкин^{2,б}, студент гр. ЭМ-77,

научный руководитель: Сапрыкина Н.А., доцент, к.т.н.,

¹Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета,

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26,

²Новосибирский государственный технический университет,

630073, г.Новосибирск, пр. К. Маркса, 20

E-mail: ^аtaranova2601@mail.ru, ^б17alexsapr@gmail.com

Аннотация. Трехкомпонентный сплав со стабильной фазовой структурой получен из порошков кобальта, хрома и молибдена (Со - 66 мас.%, Cr -28 мас.%, Мо - 6 мас.%) методом селективного лазерного плавления. Порошковая смесь получена из порошков разной фракции в планетарной шаровой мельнице. Объемные образцы были изготовлены на установке селективного лазерного плавления VARISKAF-100MVS.

Abstract. 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 a planetary ball mill. Volumetric samples were produced at the VARISKAF-100MVS selective laser melting facility.

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

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

В последние годы в аддитивных технологиях находят применение металлические порошки из чистого железа, нержавеющей стали, инструментальной стали, титановых, кобальт-хромовых сплавов, жаропрочных сплавов на основе никеля, сплавов на основе меди, алюминия и др. Для формирования детали порошок послойно наносится на подложку и лазерный луч, управляемый системой сканирования, локально сплавляет порошок в соответствии с моделью CAD. Деталь, изготовленная методом селективного лазерного плавления (СЛП), состоит из отвержденных дорожек и объединенных слоев. Значение твердости и износостойкости детали напрямую зависит от количества низкотемпературной фазы в сплаве. Поэтому перспективным направлением является создание сплава с преобладающей низкотемпературной мартенситной структурой. Этого можно достичь в процессе локального плавления металлического порошка лучом лазера, быстрого затвердевания и охлаждения, свойственные только этому методу.

В настоящее время все существующие исследования проводились на образцах, полученных из коммерчески доступного порошка сплава Co₂₉Cr₆Mo на промышленном коммерческом оборудовании. Большое количество работ посвящено определению условий лазерного плавления для получения образцов из порошка сплава CoCrMo. В работе [1] описано увеличение мартенситной структуры в образцах из порошка сплава CoCrMo, полученных методом селективного лазерного плавления после процедуры старения. В этих исследованиях была установлена взаимосвязь между процессом термообработки, микроструктурой и микротвердостью. В статьях [2], [3] исследовано получение сплава в процессе селективного лазерного плавления из порошковой смеси сплава CoCrW и Cu и изучены механические свойства полученных образцов. Перед лазерным плавлением два порошка равномерно перемешивали в течение 30 минут. Барукка и др. [4] использовали электронный микроскоп для изучения структуры образцов Co₂₄Cr₅Mo, полученных с помощью селективного лазерного плавления, и подтвердили фазовый переход от высокотемпературной гамма-фазы с кубической гранцентрированной решеткой к низкотемпературной эпсилон-фазы с гексагональной плотно упакованной решеткой. Они также обнаружили неожиданно высокие значения твердости по сравнению с образцом, полученным из сплава, изготовленного традиционными методами. Масштабные исследования в области селективного лазерного плавления из сплава CoCrMo проводятся в США и России.

Целью исследования является получение трехкомпонентного сплава со стабильной фазовой структурой из порошков кобальта, хрома и молибдена (Co - 66 мас.%, Cr -28 мас.%, Mo - 6 мас.%) методом селективного лазерного плавления.

Для подготовки порошковой композиции, пригодной для селективного лазерного плавления качестве сырья использовали порошки кобальта (Co), хрома (Cr) и молибдена (Mo). Размер и форма частиц порошка были исследованы и проанализированы с помощью сканирующего электронного микроскопа. Порошки представляли собой смесь отдельных частиц размером до 150 мкм и агломератов неправильной формы. В начале работы исходный материал сортировался на ситах с размером ячеек 20-70 мкм. Порошковая смесь в следующем соотношении: 66 мас.% Co, 28 мас.% Cr, 6 мас.% Mo была подготовлена двумя способами. В первом способе исходные порошки разной фракции подвергали механическому многократному просеиванию на автоматических ситах с разным размером ячейки, который составлял 80-125 мкм. Выбор размера ячейки обусловлен необходимостью отсеивания крупной/мелкой фракции, для равномерного перемешивания частиц во всех диапазонах использованных размеров. В механической смеси размер частиц порошка кобальта находился в диапазоне 40-64 мкм, хрома 40-64 мкм и молибдена 20-40 мкм. Второй способ включал в себя механическое легирование порошков в чашах высокоэнергетической планетарной шаровой мельницы AGO-2S в течение 30 минут в атмосфере аргона.

Таким образом, в результате эксперимента по формированию порошкового материала состав: 66 мас.% Co, 28 мас.% Cr, 6 мас. % Mo, для реализации метода селективного лазерного плавления были получены две композиции: механическим перемешиванием и механическим легированием.

Эксперимент по формированию объемных образцов из смеси порошков 66 мас.% Co, 28 мас.% Cr, 6 мас.% Mo был проведен на установке селективного лазерного плавления VARISCAF-100MVS. Процесс плавления порошковых материалов осуществлялся в камере, заполненной инертным газом Ar после предварительной вакуумной дегазации. Подложку для формирования образцов, изготовленную из стали 3 предварительно нагревали до температуры 300 °С. Анализ литературных данных и современных практик работы с порошками тугоплавких металлов позволил нам предварительно оценить диапазоны изменяемых условий плавления. Из порошков, полученных путем механического смешивания и механического легирования изготовлена серия образцов квадратного сечения со стороной 10 мм, содержащих по 15 слоев каждый на различных технологических режимах (мощность лазерного луча, скорость сканирования, частота модуляции) для формирования образцов с минимальной пористостью.

Установлено, что при относительно низких скоростях сканирования наблюдается значительное деформирование образцов, на поверхности видны глубокие трещины, значительно превышающие толщину слоя порошка. Когда скорость сканирования была увеличена до скорости 400 мм/с, на поверхности оплавленного образца не было трещин, рис. 1.

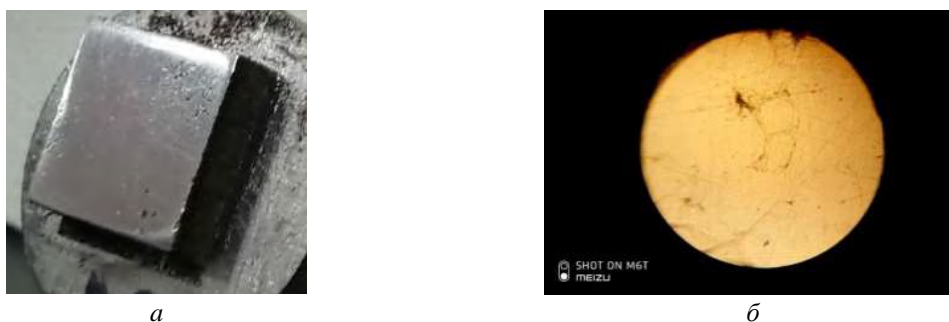


Рис. 1. Фотография образца и его структуры (x200), полученная методом СЛП при режимах: $P=100$ Вт, $V=400$ мм/с, $t=2500$ Гц, $s=100$ мкм, $h=25$ мкм

В образцах, выращенных методом селективного лазерного плавления из порошка, полученного механическим перемешиванием, наблюдается развитая открытая пористость. Имеются закругленные газовые поры, наличие которых, по-видимому, связано с усадкой порошкового материала во время SLP и выделением пузырьков воздуха, остающихся в порошке после смешивания. Измерение микротвердости проводили по методу Виккерса на приборе Duramin-5 (Struers, Ballerup, Дания), при нагрузке на индентор 100 г. Микротвердость полученных образцов составила 5600 МПа в продольном и 5300 МПа в поперечном сечениях. Таким образом, приведены исследования образцов, сформированных из порошковой композиции из недорогих порошковых материалов Co – 28 мас. % Cr – 6 мас. % Mo с несферической формой частиц двумя способами: механическим перемешиванием на ситах и механическим легированием в атмосфере аргона. Показано, что оба метода являются приемлемыми для селективного лазерного плавления.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Томской области в рамках научного проекта №19-48-700022 p_a.

Список используемых источников:

1. A.A. Saprykin, Y.P. Sharkeev, N.A. Saprykina, E.A. Ibragimov, Surface formation mechanisms in selective laser melting of cobalt-chromium-molybdenum powder, Key Engineering Materials this link is disabled, 2020, 839 KEM, p. 73-78.
2. Lu, Y., Ren, L., Xu, X., Yang, Y., Wu, S., Luo, J., Yang, M., Liu, L., Zhuang, D., Yang, K., Lin, J., 2018. Effect of Cu on microstructure, mechanical properties, corrosion resistance and cytotoxicity of CoCrW alloy fabricated by selective laser melting. J. Mech. Behav. Biomed. Mater. 81, 130-141. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2018.02.026>.

3. Ren, L., Memarzadeh, K., Zhang, S., Sun, Z., Yang, C., Ren, G., Allaker, R.P., Yang, K., 2016. A novel coping metal material CoCrCu alloy fabricated by selective laser melting with antimicrobial and anti-biofilm properties. *Mater. Sci. Eng. C* 67, 461-467. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2016.05.069>.
4. Barucca, G., Santecchia, E., Majni, G., Girardin, E., Bassoli, E., Denti, L., Gatto, A., Iuliano, L., Moskalewicz, T., Mengucci, P., 2015. Structural characterization of biomedical Co-Cr-Mo components produced by direct metal laser sintering. *Mater. Sci. Eng. C* 48, 263-269. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2014.12.009>.

МЕХАНИЗМ ГУСЕНИЧНОГО РОБОТА

*А.С. Клименко, студент гр. 10А11, С.В. Маркин^а, студент гр. 10А11,
научный руководитель: Сапрыкина Н.А., доцент, к.т.н.,*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета,
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26,
E-mail: ^аaz8793983@gmail.com*

Аннотация: В данной статье рассмотрена конструкция механизма гусеничного робота, способного работать в нестандартных условиях. Для этого в качестве передаточного устройства используется планетарный редуктор, обеспечивающий два выхода в различных формах только с одним исполнительным механизмом.

Abstract: This article discusses the design of the mechanism of a caterpillar robot capable of working in non-standard conditions. For this, a planetary gearbox is used as an advanced device, the efficiency of the two cases in various forms only using the actuator.

Ключевые слова: гусеничный робот, гусеничный механизм.

Keywords: crawler robot, crawler mechanism.

Разработка эффективного мобильного механизма для роботов, способных работать в нестандартных условиях, всегда является важной задачей. В рамках проектной деятельности планируется разработать гусеничный робот. В данной статье рассмотрен механизм робота, планируемый для изготовления.

Роботы, использующие традиционные колесные мобильные механизмы, могут быть запрограммированы так, чтобы они легко перемещались по относительно гладкой местности; однако подвижность по пересеченной местности ограничена диаметром колес робота [1]. Роботы, использующие мобильные механизмы на ножках, могут хорошо передвигаться по неровной местности, но они сталкиваются с рядом проблем, включая сложность управления и отсутствие устойчивости [2]. Поскольку гусеничные мобильные механизмы обладают превосходной устойчивостью, низким давлением на поверхность и простоту управления, они получили широкое распространение при работе в нестандартных условиях.

Гусеничные мобильные механизмы, способные перемещать центр тяжести, несколько ограничены из-за некоторых параметров механизма, таких как диаметр передней звездочки [3]. Наиболее распространенным способом повышения подвижности и адаптивности гусеничных мобильных механизмов является создание многогусеничного робота путем последовательного или параллельного соединения нескольких активных или пассивных блоков [4]. Однако для обеспечения вспомогательных действий и корректного управления системой необходимо добавить дополнительные исполнительные механизмы и элементы управления.

Для решения описанных выше трудностей рассмотрим гусеничный механизм, оснащенный планетарным редуктором для обеспечения двух режимов. Определяя передаточное отношение двух выходов в подходящей пропорции, гусеничный ход способен автономно переключаться между двумя режимами передвижения в зависимости от местности. Главной особенностью механизма является то, что передвижение обеспечивается одним исполнительным механизмом, а переключение между двумя режимами движения происходит автономно. При движении робота по пересеченной местности он неизбежно сталкивается с различными препятствиями, создавая ударное воздействие на приводной механизм. Когда происходит столкновение, передаваемое с одного выхода, другой выход может высвободить часть энергии удара в нашем гусеничном механизме. Такое поглощение удара механизма делает привод менее подверженным ударам и, следовательно, более безопасным [5].