

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ОБРАЗЦОВ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА, ПОЛУЧЕННЫХ СЕЛЕКТИВНЫМ ЛАЗЕРНЫМ СПЛАВЛЕНИЕМ И ГИДРОАБРАЗИВНОЙ ПОЛИРОВКОЙ

Гончаров Е.С., Балякин А.В., Носова Е.А.

Самарский университет, г. Самара, zekangon@gmail.com

Ключевые слова: аддитивное производство, СЛС, титановые образцы, ВТ6, гидроабразивная обработка.

Селективное лазерное сплавление (СЛС), или, как оно известно за рубежом, Selective laser melting, – один из самых распространенных методов послойного выращивания из металло-порошковых композиций. Из-за особенностей процесса послойного выращивания качество поверхности получаемых изделий не удовлетворяет требованиям конструктора, вследствие чего необходимо проводить операции постобработки. Одной из такой операций постобработки является гидроабразивная обработка. Суть данного метода заключается в следующем: насос перекачивает взвесь, состоящую из абразивных зерен и рабочей жидкости, через обрабатываемый образец, закрепленный в держателе. Во время проведения опытов по обработке титановых образцов из сплава ВТ6, выращенных с помощью SLM 280HL, шероховатость и волнистость данных образцов уменьшалась, кроме отдельных случаев. В углах модели, где было наибольшее разбрызгивание расплава во время процесса печати, образовывались пики поверхности, которые плохо сбивались гидроабразивом (рис. 1). В некоторых из данных углов шероховатость увеличивалась во время обработки. По профилю поверхности, полученному профилометром, было видно, что маленькие пики на поверхности сносились потоком гидроабразива, а большие оставались неизменным [1].

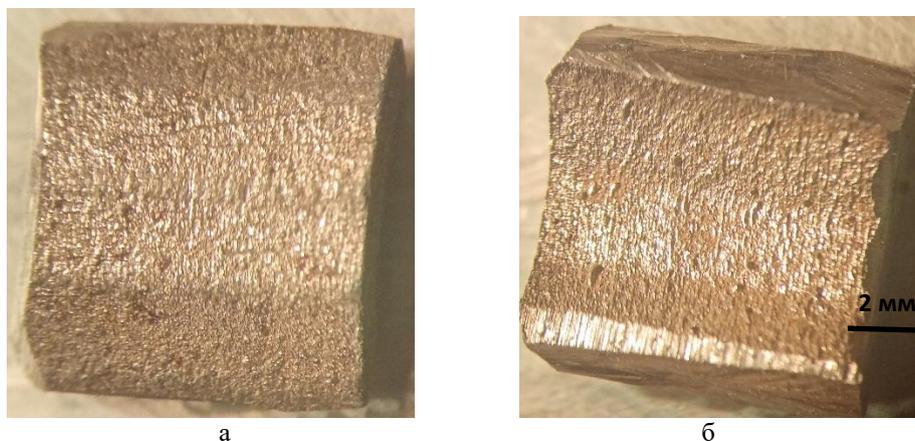


Рис. 1 – Поверхность образца после спекания (а) и после гидроабразивной обработки (б)

Для изучения причин образования выступов был проведен рентгенофазовый анализ поверхности после постобработки. Анализ результатов показал присутствие в составе образцов легированного альфа-титана и оксида титана. Оксид титана возникает на поверхности частиц в результате самопассивации титана.

В результате исследований, представленных в [2-5], было установлено, что выращиваемые изделия из титанового сплава Ti6Al4V (аналогом которого является сплав ВТ6) могут иметь разный фазовый состав по объему изделия из-за процессов, протекающих во время СЛС. Боковые стороны будут иметь α -структуру, а в теле изделия фазы распределяются от игольчатой α -структуры, до равновесной $\alpha+\beta$ -структуры. Разные фазы титанового сплава имеют разные физические свойства, что отчасти является причиной анизотропии выращиваемых изделий. Для получения равновесной $\alpha+\beta$ -структуры необходимо проводить термообработку выращенных изделий.

В качестве абразивного наполнителя во время обработки использовался карбид кремния. Карбидные соединения на поверхности образцов имеют твердость, сопоставимую с твердостью абразивного наполнителя, чем обуславливается их низкая обрабатываемость. Остальные соединения на поверхности изделия имеют меньшую твердость, поэтому обрабатываются гидроабразивным методом быстрее, так как износостойкость пропорциональна твердости поверхности [6].

Таким образом, причиной повышения шероховатости образцов из титанового сплава VT6 после спекания и гидроабразивной постобработки является присутствие оксида титана, имеющего более высокую твердость по сравнению с основой титанового сплава. Для повышения качества поверхности можно предложить проведение упрочняющей термообработки спеченных образцов перед гидроабразивной обработкой, которая позволит уменьшить разницу между твердостью оксида титана и основным сплавом.

Список литературы

1. Balyakin A.V., Goncharov E.S. Investigation of the process of waterjet processing of samples obtained by SLM // *Materials Today: Proceedings* 2020. Vol. 38. Part 4. 2021. Pp. 1607-1612.
2. Lore Thijs, Frederik Verhaeghe, Tom Craeghs, Jan Van Humbeeck, Jean-Pierre Kruth. A study of the microstructural evolution during selective laser melting of Ti-6Al-4V // *Acta Materialia*. Vol. 58. Issue 9. May 2010. Pp. 3303-3312.
3. Galina Kasperovich, Jan Haubrich, Joachim Gussone, Guillermo Requena. Correlation between porosity and processing parameters in TiAl6V4 produced by selective laser melting // *Materials & Design*. Vol. 105. 5 September 2016. Pp. 160-170.
4. Shipley H., Mc Donnell D., Culleton M., Coull R., Lupoi R., O'Donnell G., Trimble D. Optimisation of process parameters to address fundamental challenges during selective laser melting of Ti-6Al-4V: A review // *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. Vol. 128. May 2018. Pp. 1-20.
5. Xu W., Brandt M., Sun S., Elambasseril J., Liu Q., Latham K., Xia K. and Qian M. Additive manufacturing of strong and ductile Ti-6Al-4V by selective laser melting via in situ martensite decomposition // *Acta Materialia*. Vol. 85. 15 February 2015. Pp. 74-84.
6. Основы трибологии (трение, износ, смазка): Ученик для О-75 технических вузов. 2-е изд. переработ. и доп. / А.В. Чичинадзе, Э.Д. Брауни, Н.А. Буше и др.; под общ. ред. А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение, 2001. 664 с. ил.

Сведения об авторах:

Гончаров Евгений Станиславович, аспирант кафедры технологий производства двигателей. Область научных интересов: аддитивное производство, постобработка изделий.

Балякин Андрей Владимирович, старший преподаватель кафедры технологий производства двигателей. Область научных интересов: 3D-технологии, CAD/CAM/CAE-системы.

Носова Екатерина Александровна, доцент кафедры технологии металлов и авиационного материаловедения. Область научных интересов: материаловедение.

STUDY OF SURFACE OF TITANIUM ALLOY SAMPLES OBTAINED BY SELECTIVE LASER FUSION AND HYDROABRASIVE POLISHING

Goncharov E.S., Balyakin A.V., Nosova E.A.
Samara University, Samara, zekangon@gmail.com

Keywords: additive manufacturing, SLS, titanium samples, VT6, waterjet treatment.

This paper discusses the morphology of the samples made of titanium alloy Ti6Al4V obtained using selective laser melting and hydro-abrasive treatment. X-rays analysis shows the titanium oxide presence on the product surface which results to increasing of roughness after hydro-abrasive treatment.