

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЕКАНИЯ ТИТАНОВОГО ПОРОШКА

Килина П.Н.¹

¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, polinaskripova@gmail.com

В работе исследовался процесс лазерного спекания частиц титанового порошка при различных режимах лазерного излучения. Средний размер исходного титанового порошка составлял 20-40 мкм. Лазерный синтез образцов проводился на установке Realizer SLM 50 в защитной атмосфере аргона под действием волоконного лазера мощностью 250 Вт с длиной волны 680 нм. Рассматривался процесс спекания титана на титановой и стальной подложке, варьировались интенсивности лазерного излучения и время выдержки. Значительное увеличение исходных параметров лазерного излучения способствовало спеканию титанового порошка на стальной подложке. В результате спекания частиц титана на титановой подложке были получены образцы с отклонением от номинальных размеров 0,3 мм. Контролировались геометрические параметры, а также значения параллельности и перпендикулярности поверхностей полученных образцов. При спекании частиц титана на режиме 2 обеспечиваются наименьшие отклонения от номинальных размеров.

Ключевые слова: селективное лазерное плавление, 3D модель, титановый порошок, лазерное излучение.

INVESTIGATION OF SELECTIVE LASER SINTERING PROCESS OF TITANIUM POWDER

Kilina P.N.¹

¹Perm national research polytechnic university, Russia, Perm, 614990, Komsomolsky Av. 29, polinaskripova@gmail.com

The investigation of the laser sintering process of titanium powder particles at various modes of laser radiation is presented. The average size of the original titanium powder is 20-40 microns. Laser synthesis was carried out on samples installation Realizer SLM 50 in a protective atmosphere of argon under the action of a fiber laser with a power of 250 watts with a wavelength of 680 nm. The process of sintering of titanium powder on titanium and steel substrate is considered, the intensity of the laser radiation and exposure time is varied. A significant increase of the laser initial parameters contributed sintering of the titanium powder to the steel substrate. As a result of sintering of the titanium particles on a titanium substrate were obtained samples with a deviation from the nominal dimensions of 0.3 mm. The geometric parameters and the values of parallel and perpendicular surfaces of the obtained samples is controlled. During sintering of titanium particles on the mode 2 provides the least deviation from the nominal size.

Keywords: selective laser melting, 3D model, titanium powder, laser current.

В настоящее время в различных отраслях промышленности активно применяются методы быстрого прототипирования, в частности селективное лазерное спекание [4,6,8]. Технология послойного синтеза позволяет воспроизводить изделия с высокой степенью точности, а также обеспечить однородную структуру и улучшенные механические характеристики [5,7,9]. Метод преимущественно используется в единичном и мелкосерийном производстве изделий, требующих конструирования дорогостоящей технологической оснастки и дальнейшей механической обработки. Технология позволяет устранить указанные недостатки и обеспечить создание изделий со сложной геометрической структурой за короткое время [1].

Исходными данными служит 3D модель детали, сформированная с помощью различных систем автоматизированного проектирования [2]. В процессе используется порошковый материал, преимущественно сферической формы. Также к исходным порошкам предъявляется ряд требований по размеру, насыпной плотности и величине удельной поверхности порошка. Спекание частиц порошка происходит послойно под действием лазерного излучения на подложке из различных материалов. В результате частицы сплавляются, подложка опускается на один уровень вниз, и процесс повторяется [4]. В процессе контролируются параметры спекания, такие как интенсивность лазерного излучения, время выдержки, мощность лазера, частота импульсов, скорость сканирования лазерного луча, защитная атмосфера. В слое порошкового материала происходит формирование смоделированного изделия, свойства которого зависят от параметров лазерного излучения. Качество спекаемых слоев характеризуется минимальным отклонением от номинальных размеров, максимально достижимой точностью, равномерной плотностью, толщиной обрабатываемого слоя [3].

Целью работы является исследование процесса лазерного спекания титанового порошка при различных режимах лазерного излучения и их влияние на геометрические параметры полученных образцов.

Материалы и методы исследования

Экспериментальные исследования проводились на установке для селективного лазерного спекания Realizer SLM 50, оснащенной волоконным лазером мощностью 100 Вт с длиной волны 680 нм. Для защиты порошкового материала от окисления рабочая камера постоянно продувалась аргоном под давлением 8 мБар. В качестве исходного материала использовался титановый порошок сферической формы с фракцией в пределах 20-40 мкм (рис. 1). Исследование порошка проводилось на инвертированном микроскопе отраженного света Olympus GX 51 при увеличении 200 крат.

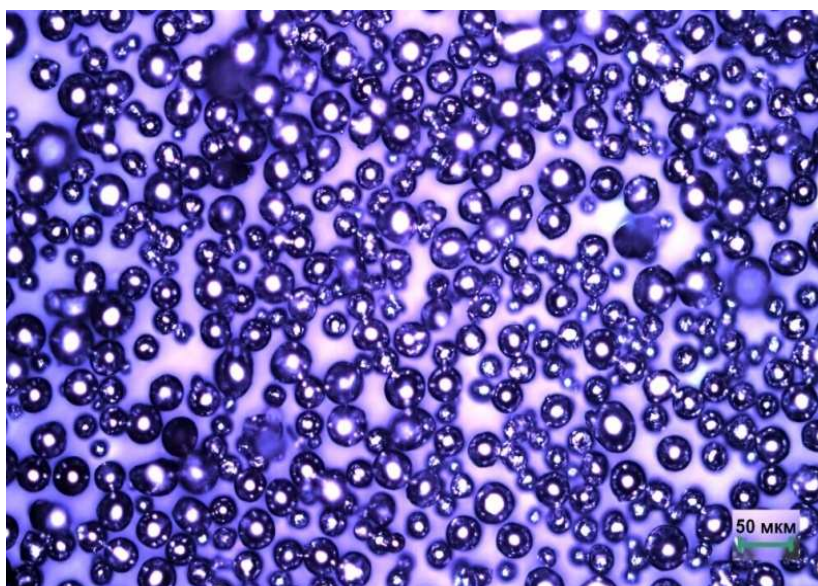


Рис. 1. Титановый порошок

При спекании варьировались время выдержки и интенсивность лазерного излучения, также рассматривались различные варианты материалов подложек. Основные параметры, контролируемые в процессе лазерного спекания титанового порошка, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры спекания титанового порошка

Номер режима	Толщина слоя, мкм	Время выдержки, мкс	Интенсивность излучения, мА	Мощность, Вт	Скорость сканирования лазерного луча, мм/с
1	30	20	1000	100	500
2	30	40	1500	100	500
3	30	60	2500	100	500

Результаты исследования и их обсуждение

При спекании частиц титанового порошка на стальной подложке выявлено, что при использовании режимов 1 и 2 не происходило бездефектного формирования образцов. Частицы порошка либо сплавлялись с подложкой, но расслаивались, либо не образовывали поддержек вследствие недостаточной адгезии. Увеличение времени выдержки и интенсивности излучения позволило придать единую структуру частицам и обеспечить сцепление с подложкой.

При спекании частиц титанового порошка на титановой подложке образцы были получены на всех трех режимах (рис. 2). Номинальные геометрические размеры составили 5×5×5 мм, высота поддержек – 2 мм. После спекания производился контроль геометрических параметров полученных образцов.



Рис. 2. Образцы, полученные в результате спекания

Измерения проводились с помощью координатно - измерительной машины Contura G2 фирмы Carl Zeiss с измерительной системой RDS контактным методом по 4 точкам. В качестве измеряемого параметра выбраны линейные геометрические размеры детали (длина, ширина и высота), а также углы между смежными и противоположными плоскостями (отклонение от параллельности и перпендикулярности). В качестве базы была выбрана плоскость 5 (рис.3). Результаты измерений образцов представлены в таблице 2,3,4.

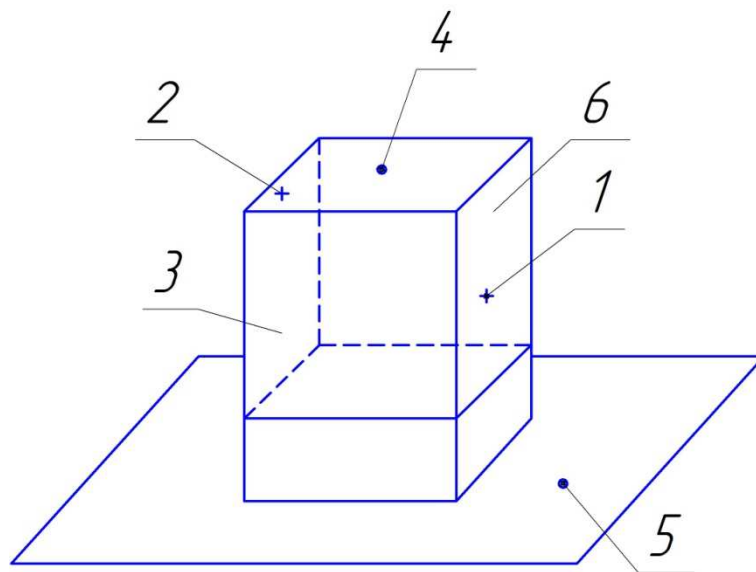


Рис. 3. Расположение плоскостей измеряемого образца

Таблица 2

Результаты контроля геометрических размеров

Номер образца	Длина L1-2, мм	Ширина L3-6, мм	Высота L4-5, мм
1	5,3404	5,3167	7,2131
2	5,3208	5,2914	7,3105
3	5,3484	5,2889	7,2593

Таблица 3

Результаты контроля параллельности поверхностей

Номер образца	L1-2	L3-6	L4-5
1	0°25'17"	0°27'42"	0°56'43"
2	0°18'57"	0°21'31"	1°34'17"
3	0°53'30"	0°54'57"	1°8'23"

Таблица 4

Результаты контроля перпендикулярности поверхностей

Номер образца	L1-4	L2-4	L6-4	L1-3
1	89°43'18"	89°58'1"	89°11'54"	89°11'38"
2	89°52'2"	88°8'29"	89°42'55"	88°18'53"
3	89°41'29"	88°50'37"	89°50'38"	89°44'5"

Среднее значение длины, ширины и высоты составили 5, 3365 мм; 5, 299 мм и 7, 261 мм соответственно. Таким образом, отклонение от номинальных размеров составило $\Delta=0,3$ мм. Средние величины углов между параллельными поверхностями L1-2, L3-6 и L4-5 составили 0°32'35"; 0°34'43" и 1°33'28" соответственно. Отклонение от параллельности составило 0°33'35". Большое значение имеет начальное значение отклонения от плоскостности подложки, выбранной в качестве базы (плоскость 5). Средние значения отклонений от перпендикулярности смежных поверхностей L1-4, L2-4, L6-4 и L1-3 составили 89°45'16", 88°39'22", 89°34'49" и 89°24'32" соответственно. Отклонение от перпендикулярности составило 0°23'30".

Заключение

Спекание частиц титана проводилось при силе тока 1000, 1500, 2500 мА и времени выдержки 20, 40, 60 мкс. При спекании титана на стальной подложке интенсивностей излучения порядка 1000-1500 мА и выдержек по времени 20-40 мкс было недостаточно для формирования единой структуры частицам и их сцепления с подложкой. Значительное

увеличение времени выдержки и интенсивности излучения позволило получить плотную структуру.

Спекание частиц титанового порошка на титановой подложке обеспечивалось на всех трех режимах. При спекании частиц титана на режиме 2 (интенсивность излучения 1500 мА, время выдержки 40 мкс) обеспечиваются минимальные отклонения от номинальных размеров. Для того, чтобы получить номинальные значения можно ввести коррекцию на размер 0,15 мм.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки по государственному заданию (базовая часть) № 2014/152, НИР № 1460

Список литературы

1. Вальтер А.В. Послойный синтез армированных объемных изделий// Горное машиностроение: сборник материалов. Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала). – 2011. – Т. 2, № 12. – С. 222-229.
2. Кузнецов В.Е. Системы быстрого изготовления прототипов и их расширения //CAD/CAM/CAE. – 2003. – № 4. – С. 2-7.
3. Назаров А.П. Перспективы быстрого прототипирования методом селективного лазерного плавления/спекания // Вестник МГТУ «Станкин».2011. —№ 4(16). —С. 46 -51.
4. Gibson I., Rosen D.W., Stucker B. Additive manufacturing technologies. Rapid prototyping to direct digital manufacturing. – New York, USA: Springer, 2009. – 459 pp.
5. Design and additive manufacture for flow chemistry// Capel A.J. et al // Lab Chip – 2013. –Vol. 13(23). – P. 4583– 4590.
6. Kumar S., Kruth J.P. Composites by rapid prototyping technology// Materials & Design. – 2010. – Vol. 31. – № 2. – P. 850-856.
7. Selective laser melting: a unit cell approach for the manufacture of porous, titanium, bone in-growth constructs, suitable for orthopedic applications. II. randomized structures./ Mullen L. et al // Journal of Biomedical Materials Research – Part B Applied Biomaterials. – 2010 – Vol. 92, № 1. – P. 178-188.
8. Bioactive Ti metal analogous to human cancellous bone: fabrication by selective laser melting and chemical treatments./ Pattanayak D.K. et al // Acta Biomaterialia. – 2011 – Vol. 7(3). – P. 1398-406.
9. Syam W.P., Mannan M.A., Al-Ahmari A.M. Rapid prototyping and rapid manufacturing in medicine and dentistry //Virtual and Physical Prototyping. – 2011. – Vol. 6, № 2. – P. 79-109.

Рецензенты:

Симонов Ю.Н., д.т.н., проф., зав. каф. МТО ПНИПУ, г. Пермь;

Матыгуллина Е.В., д.т.н., проф. каф. МТиКМ ПНИПУ, г. Пермь.