

ПОГРЕШНОСТЬ ФОРМЫ НА ЭТАПЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ, ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ПОСТОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЛАВЛЕНИЯ

Балякин А.В., Балякин Д.М., Гончаров Е.С.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара*

Ключевые слова: селективное лазерное сплавление, СЛС, аддитивное производство, титановый сплав, гидроабразивная обработка, абразивный наполнитель, STL, погрешность формы, постобработка.

Аннотация. Рассматривается влияние на погрешность формы конечного изделия на этапе создания модели, при печати изделия, и на этапе постобработки изделия, полученного методом СЛС, гидроабразивным методом. Рассматриваемая погрешность формы – отклонение от круглости, была измерена на кругломере Mitutoyo Roundtest RA-1600 в трех местах на каждом образце.

TECHNOLOGICAL INHERITANCE IN THE PROCESS OF SELECTIVE LASER MELTING

Balyakin A.V., Balyakin D.M., Goncharov E.S.

Samara National Research University (Samara University), Russia

Keywords: selective laser melting, SLM, additive production, titanium alloy, waterjet processing, abrasive filler.

Abstract. The influence on the shape error of the final product is considered at the stage of model creation, when printing the product, and at the post-processing stage of the product obtained by the SLS method, by the hydroabrasive method. The considered shape error – deviation from roundness, was measured on a Mitutoyo Roundtest RA-1600 circular meter in three places on each sample.

Селективное лазерное сплавление – один из методов аддитивной печати металлами, позволяет получить сложные формы, чаще всего недоступные для традиционных методов обработки [1]. Получаемое после печати изделие будет копировать загружаемую в машину для печати модель, с некоторыми отклонениями. В данной статье рассматривается влияние качества исходной модели на конечное изделие после его постобработки гидроабразивным методом.

Для печати необходимо преобразовать исходную САД-модель в формат STL. Данный формат опубликован в 1987 году компанией 3D Systems и использовался для лазерной стереолитографии [2]. Данный формат сохраняет информацию об объекте в виде набора треугольных граней, и если исходная САД-модель изделия представляет собой набор прямолинейных поверхностей, то данная модель будет импортироваться без ошибок. В случае с криволинейными поверхностями будет происходить аппроксимация, в результате чего импортированная модель будет отличаться от исходной. С увеличением качества модели будет уменьшаться отклонение STL-модели от ее САД-версии, но вместе с этим растет объем памяти, занимаемый моделью [3,4].

При сканировании лазером происходит поворот X – Y сканирующих зеркал, которые управляются сервоприводами. У данных сервоприводов есть ограничения по точности угла поворота, поэтому на этапе сканирования каждого слоя детали происходит аппроксимация исходя из возможностей сканирующих зеркал. Поэтому исходная STL-модель может отличаться от конечного изделия. Грани модели цилиндров, используемых в опыте, показаны на рисунке 1.

В предшествующей работе авторами данной статьи был рассмотрен процесс гидроабразивной обработки цилиндрических титановых образцов, полученных на SLM-280 [5]. В результате данного процесса авторам удалось уменьшить шероховатость внутренней поверхности. В данной статье рассматривается влияние огранки модели на огранку конечного изделия.

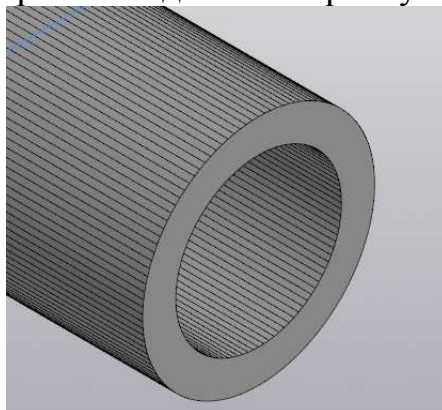


Рис. 1. Грани на STL-модели будущего изделия

Методика проведения эксперимента.

Для эксперимента были изготовлены цилиндрические образцы с использованием технологии СЛС, с размерами, указанными на рисунке 2. Выращивание осуществлялось на режиме: мощность лазерного излучения $P=275\text{Вт}$, скорость сканирования $S = 805 \text{ мм/с}$ и для лучшего протекания теплообменных процессов, исключая коробление образца вследствие его отрыва от платформы построения, к образцу был добавлен так называемый «жертвенный» слой. После выращивания, образцы вместе с платформой построения были подвергнуты термообработке в печи для снятия остаточных напряжений по следующему режиму: нагрев 600°C время 6 часов, выдержка 2 часа и охлаждение с печью 8 часов [6], затем их отделили от платформы построения с последующей токарной обработкой в размер $40_{-0,1} \text{ мм}$.

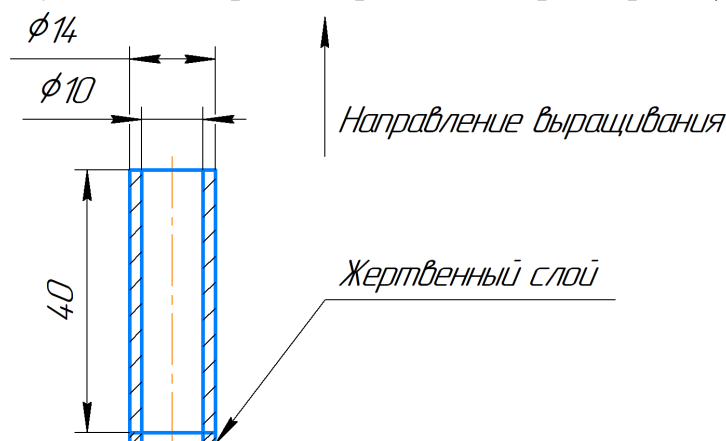


Рис. 2. Исходные размеры выращенных образцов

В качестве рабочей жидкости использовалась вода, а в качестве абразивного наполнителя использовался карбид кремния черного (54С) зернистостью F46. Образцы были обработаны в лабораторной установке гидроабразивной обработки [5]. Концентрация абразива составляла: 10, 15, 20 и 25% в массовом соотношении абразивного материала к воде (образцы 1, 2, 3, 4). Контрольный образец №7 проходил испытания с прокачкой воды без абразива, образцы 5 и 6 не проходили постобработку. Каждые 15 минут обработку останавливали для измерения массы и шероховатости образцов. После 45 минут обработки образцов 1-4, все образцы были отправлены на измерение отклонения от круглости.

Для измерения круглости был использован кругломер Mitutoyo Roundtest RA-1600. Круглость измерялась в 3 положениях на внутренней поверхности каждого образца – с верхней стороны, нижней и в середине. Данные измерений представлены в таблице 1.

Табл. 1. Данные по круглости образцов в мкм

z, мм	1	2	3	4	5	6	7
34-37	55,088	35,112	29,833	36,415	116,964	52,847	43,259
50-52	42,433	43,899	32,113	33,86	55,106	72,44	51,62
70-72	42,739	46,084	28,161	25,733	83,36	61,599	63,224

z – высота от нуля в миллиметрах, на которой происходило измерение образцов

Образцы 1-4 подвергались гидроабразивной обработке, образцы 5-6 не обрабатывались, а образец 7 был обработан с помощью кавитационной прокачки водой. Значения круглости на необработанных образцах сильно отличаются, так как из-за эффекта балинга возникают пики из не полностью расплавившихся частиц порошка, а после обработки гидроабразивом основные пики сбиваются. Данные порошинки можно сбивать даже за счет действия кавитации, но при этом эффект будет меньшим.

При печати данных образцов линейная интерполяция получилась равной 0,03, и вероятнее всего это ограничение самой машины SLM. После печати это число изменяется из-за эффекта балинга, острые углы забиваются порошинками, а на плоских поверхностях растут пики, из-за чего отклонение от круглости выше, чем у модели. После гидроабразивной прокачки, на образце 3, который показал наилучший результат по уменьшению шероховатости поверхности [5], отклонение от круглости в среднем составляет 0,03 мм, что приближается к отклонению от круглости исходной модели (отклонение от круглости модели равно 0,03 мм). Это означает, что огранка остается и после гидроабразивной обработки, и она будет уменьшаться с увеличением времени обработки, что еще предстоит проверить в следующих опытах.

Выводы

1. Огранка, возникающая из-за особенностей процесса сканирования, сохраняется на конечном изделии.

2. Для установок, используемых для печати есть ограничение по линейной интерполяции, что означает, что дальнейшее улучшение качества исходной STL модели не будет иметь смысла из-за ограничений процесса сканирования.

3. Гидроабразивная обработка может уменьшать величину огранки при постобработке изделий, но для этого требуется большее время обработки.

Список литературы

1. C.K. Chua, C.H. Wong, W.Y. Yeong, Standards, Quality Control, and Measurement Sciences in 3D Printing and Additive Manufacturing, 2017.
2. P.J. Bartolo, G. Mitchell Stereo-thermal-lithography: a new principle for rapid prototyping Rapid Prototyp. J., 9 (2003), p. 150-156.
3. Балякин А.В., Гончаров Е.С. Технологическая наследственность в процессе селективного лазерного сплавления // Молодежный Вестник УГАТУ. 2019. С. 38-42.
4. Назаров А.П. Области применения технологии селективного лазерного спекания // Материалы всероссийской молодежной конференции «Инновационные технологии в машиностроении». Москва, 2011. С. 252-259.
5. Балякин А.В., Гончаров Е.С. Гидроабразивная обработка титановых образцов ВТ6, полученных методом СЛС // Автоматизированное проектирование в машиностроении. 2019. №7. С. 112-116.
6. Авиационные материалы: справочник: в 9 т. Заслуж. деятель науки и техники РСФСР, член корр. АН СССР А.Т. Туманова; авиац. индустриальный СССР. Всесоюзный. Науч.-исслед. ин-т авиац. матер. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: ОНТИ, 1973. – Том 5: сплавы магния и титана / научн. ред. д-ра техн. наук М.Б. Альтман, д-р техн. наук С.Г. Глазунов, д-р техн. наук С.И. Кишкина. – 1973. – 583 с.

Сведения об авторах:

Балякин Андрей Владимирович – старший преподаватель кафедры ТПД, Самарский университет, г.Самара;

Балякин Дмитрий Михайлович – магистрант, Самарский университет, г.Самара;

Гончаров Евгений Станиславович – магистрант, Самарский университет, г.Самара.