

ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТОДОВ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ПОСЛЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Злобин Е.П.¹

¹Самарский университет, г. Самара, er.smr@mail.ru

Ключевые слова: аддитивные технологии, постобработка, повышение качества, шероховатость, поверхностный слой, точность.

Аддитивные технологии (АТ) активно используются для создания как прототипов, так и функциональных деталей, позволять изделия любой формы из электронной модели на одном оборудовании [1]. Однако АТ не являются универсальным решением и часто требуют сочетания с традиционными методами из экономических или технических соображений [2]. На данный момент АТ не всегда удовлетворяют требования к качеству, особенно по шероховатости поверхности и точности, и требуют постобработки. Поэтому данная тема востребована и активно изучается различными учеными.

В ряде исследований анализировалась точность размеров и формы изделий, полученных селективным лазерным сплавлением (SLM). Так, Янг и др. [3] изучили точность формы ортодонтических брекетов из нержавеющей стали, полученных методом SLM, и смогли уменьшить среднюю погрешность размеров до 10 микрометров благодаря оптимизации технологических параметров. Куэста и др. [4] проанализировали влияние пескоструйной обработки и термообработки на размеры и плоскостность граней кубиков из нержавеющей стали. Их результаты продемонстрировали анизотропный эффект пескоструйной обработки: например, была снижена плоскостность боковой поверхности с 67,2 до 42,1 мкм. Пэл и др. [5] сообщили о неточности размеров кубовидных образцов, изготовленных с помощью SLM для испытаний на растяжение. В ходе их эксперимента были изменены параметры SLM и ориентация изделий на платформе построения. Погрешности измерения длины зависят от каждого экспериментального фактора и составляют 0,1 мм. Маамун и др. [6] провели экспериментальное исследование на трех различных сплавах алюминия, в результате которого им удалось уменьшить отклонение размеров в диапазоне от 0,15 до 0,19 мм благодаря оптимизации параметров процесса селективного лазерного плавления (SLM). Хонг и др. [7] применили систему искусственной нейронной сети для компенсации погрешностей размеров решетчатых структур, изготовленных с использованием SLM, с целью медицинского применения. Соммер и др. [8] исследовали влияние микрофрезерования на точность размеров и формы деталей, которые были изготовлены методом SLM в виде блоков, и сумели сократить отклонение размеров до 2 микрометров.

Эйзенбарт и др. (2018) провели исследование по изучению влияния фрезерной обработки на образцы, изготовленные с помощью технологии прямого лазерного выращивания (DMD), в зависимости от последовательности и комбинации аддитивных и субтрактивных технологий [9]. Основной целью исследования было определение оптимального сочетания технологий, позволяющего минимизировать отклонения поверхностей. Результаты показали, что при определенной последовательности и комбинации аддитивных и субтрактивных операций возможно достижение минимизации отклонений поверхностей до 0,03 мм. Однако, авторы подчеркивают, что достижение строгих допусков по размерам и форме остается сложной задачей, требующей индивидуального подхода к каждому конкретному случаю. Одной из задач в работе Перейры и др. [10] было исследование режимов фрезерования на качество поверхностного слоя конструктивных элементов, полученных технологией DMD. Было отмечено, что при использовании попутного фрезерования шероховатость значительно снижается (до 6 мкм), что делает эту технологию более подходящей для получистовых и чистовых операций с точки зрения качества шероховатости поверхности.

Один из вариантов постобработки это алмазное выглаживание, которое можно применять для повышения точности формы. Ранее авторы этих статьи изучали точность размеров и формы деталей, изготовленных из тонкослойной стали, без какой-либо последующей обработки [11]. Исследования показали, что погрешность формообразования зависит от параметров процесса селективного лазерного сплавления (SLM). В частности, было проанализировано влияние параметров SLM и алмазного выглаживания на улучшение шероховатости поверхности изделий, созданных с использованием данной технологии [12].

Несмотря на существующие достижения, тема постобработки остаётся актуальной и не до конца изученной областью. В дальнейших исследованиях стоит изучить комбинирования различных методов постобработки с аддитивными технологиями и выявить наиболее эффективных сочетаний аддитивного и субтрактивного производства, способствующих достижению оптимальных результатов в области точности формы, размеров и шероховатости поверхности.

Список использованных источников

1. Зорин В.А., Тимченко М.И. Применение аддитивных технологий при изготовлении деталей машин // Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительных отраслях. 2017. С. 99-105.
2. Злобин Е.П., Хаймович А.И., Балякин А.В. Влияние вибрационной обработки на шероховатость и геометрические характеристики изделий из алюминиевого сплава AlSi10Mg, полученных с помощью технологии СЛС // Омский научный вестник. Серия «Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение». 2023. Т. 7. №. 4. С. 65-71.
3. Yang Y. et al. Accuracy and density optimization in directly fabricating customized orthodontic production by selective laser melting // Rapid Prototyping Journal. 2012. Т. 18. №. 6. С. 482-489.
4. Cuesta E. et al. Analysis of post-processing influence on the geometrical and dimensional accuracy of selective laser melting parts // Rapid Prototyping Journal. 2020. Т. 26. №. 10. С. 1713-1722.
5. IZDELKIH D. N. N. A. et al. Dimensional errors in selective laser melting products related to different orientations and processing parameters // Materiali in tehnologije. 2019. Т. 53. №. 43. С. 551-558.
6. Maamoun A. H. et al. Effect of selective laser melting process parameters on the quality of al alloy parts: Powder characterization, density, surface roughness, and dimensional accuracy // Materials. 2018. Т. 11. №. 12. С. 2343.
7. Hong R. et al. Artificial neural network-based geometry compensation to improve the printing accuracy of selective laser melting fabricated sub-millimetre overhang trusses // Additive Manufacturing. 2021. Т. 37. С. 101594.
8. Sommer D. et al. Design rules for hybrid additive manufacturing combining selective laser melting and micromilling // Materials. 2021. Т. 14. №. 19. С. 5753.
9. Eisenbarth D., Soffel F., Wegener K. Effects of direct metal deposition combined with intermediate and final milling on part distortion // Virtual and Physical Prototyping. 2019. Т. 14. №. 2. С. 130-134.
10. Pereira J. C. et al. Study of laser metal deposition additive manufacturing, CNC milling, and NDT ultrasonic inspection of IN718 alloy preforms // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2022. Т. 120. №. 3. С. 2385-2406.
11. Dezső G., Kósa P. Dimensional and shape accuracy of cylindrical and rectangular parallelepiped-like parts made by selective laser melting technology // Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara. 2020. Т. 18. №. 1. С. 39-45.
12. Varga G., Dezső G., Szigeti F. Surface roughness improvement by sliding friction burnishing of parts produced by selective laser melting of Ti6Al4V titanium alloy // Machines. 2022. Т. 10. №. 5. С. 400.

Сведения об авторах:

Злобин Е.П., аспирант кафедры технологии производства двигателей. Область научных интересов: технология машиностроительного производства, аддитивные технологии.

REVIEW OF THE CURRENT STATE OF METHODS FOR IMPROVING THE SURFACE QUALITY OF PRODUCTS PRODUCED BY ADDITIVE MANUFACTURING

Zlobin E.P.¹

Samara University, Samara, ep.smr@mail.ru

These theses present an analysis of current methods for improving the surface quality of products manufactured using additive manufacturing (AM). The key problems that arise in connection with the roughness and accuracy of products after additive processing are discussed. In addition, the available methods and solutions for overcoming them are listed, as well as various achievements in the field of reducing roughness and increasing the accuracy of product dimensions.