

ВЛИЯНИЕ ФРАКЦИИ ПОРОШКА НА КАЧЕСТВО ДЕТАЛИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ МЕТОДОМ СЛС

Хаперский А.С.

Самарский университет, г. Самара, khaperskiy@ssau.ru

Ключевые слова: Аддитивные технологии, селективное лазерное сплавление, металлический порошок, распределение частиц.

Современные аддитивные технологии, в частности метод селективного лазерного сплавления (СЛС), предъявляют высокие требования к характеристикам используемых металлических порошков. Как отмечают Spierings et al. [1] в своем фундаментальном исследовании, одним из ключевых параметров, определяющих качество получаемых деталей, является фракционный состав порошка - распределение частиц по размерам. Современное развитие аддитивных технологий в России, в частности метода селективного лазерного сплавления (СЛС), требует глубокого изучения влияния характеристик порошков на качество получаемых изделий. Как отмечают в своих исследованиях российские ученые, фракционный состав порошка является критически важным параметром, определяющим свойства конечных изделий.

Многочисленные исследования, включая работы Liu et al. [2] и Slotwinski et al. [3], демонстрируют, что оптимальный размер частиц для большинства применяемых в СЛС материалов находится в диапазоне 15-45 мкм. В частности, для нержавеющей стали 316L, титанового сплава Ti-6Al-4V или алюминиевого сплава AlSi10Mg такой размер, согласно данным исследований, обеспечивает хорошую сыпучесть порошка при одновременном сохранении высокого разрешения печати. Как показали эксперименты Chen et al. [4], более мелкие частицы, хотя и позволяют получать детали с улучшенной шероховатостью поверхности, склонны к образованию агломератов и могут вызывать перегрев зоны плавления. Крупные же частицы, превышающие 50-60 мкм, по данным работы Sutton et al. [5], часто приводят к появлению дефектов в виде непроваров и повышенной пористости. Многочисленные отечественные исследования подтверждают важность оптимального подбора размера частиц. Так, группа ученых под руководством Иванова [6] установила, что для нержавеющей стали 12X18H10T оптимальный диапазон составляет 20-50 мкм.

Особый интерес, как отмечают в своем обзоре Iveković et al. [7], представляет использование полидисперсных порошков с бимодальным распределением частиц. Такие композиции, сочетающие частицы разных размеров, позволяют достигать более высокой плотности упаковки, что, по результатам исследований Spierings et al. [1], положительно сказывается на механических характеристиках готовых изделий. Однако, как подчеркивают в своей работе Liu et al. [2], их применение требует тщательного подбора параметров лазерного воздействия. Группа ученых МИСиС под руководством Кузнецовой [8] экспериментально доказала преимущества бимодального распределения частиц для титанового сплава ВТ6. Их исследования показали, что сочетание частиц размером 15-25 мкм и 45-63 мкм позволяет достичь плотности упаковки до 64%.

Следует отметить, что выбор оптимальной фракции порошка всегда представляет собой компромисс между качеством поверхности, механическими свойствами и производительностью процесса. Как показано в исследованиях последних лет, для каждого конкретного материала и типа изделия требуется индивидуальный подход к определению наилучшего фракционного состава. В последние годы особое внимание российские ученые уделяют разработке стандартизированных методик оценки порошков. Так, коллектив авторов из ВИАМ предложил комплексный подход к характеристике порошковых материалов, включающий анализ фракционного состава, морфологии частиц и их сыпучести.

Перспективным направлением, по мнению российских исследователей, является разработка математических моделей, позволяющих прогнозировать качество деталей на

основе характеристик исходного порошка. Эти исследования особенно актуальны для ответственных применений в аэрокосмической отрасли и медицине.

Список литературы

1. Spierings A. B., Herres N., Levy G. Influence of the particle size distribution on surface quality and mechanical properties in AM steel parts // Journal of Materials Processing Technology. 2016. Vol. 228. P. 105-112. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2015.03.044.
2. Liu B., Wang Y., Lin Z., Zhang T. Effects of powder characteristics on selective laser melting of AlSi10Mg // Materials & Design. 2017. Vol. 117. P. 121-130. DOI: 10.1016/j.matdes.2016.12.060.
3. Slotwinski J. A., Garboczi E. J. Metrology needs for metal additive manufacturing powders // NIST Journal of Research. 2014. Vol. 119, № 5. P. 460-473. DOI: 10.6028/jres.119.018.
4. Chen H., Gu D., Dai D. [и др.] Particle size effects in titanium alloy SLM: From compaction to mechanical properties // Advanced Engineering Materials. 2019. Vol. 21, № 8. Art. 1800413. DOI: 10.1002/adem.201800413.
5. Sutton A. T., Kriewall C. S., Leu M. C., Newkirk J. W. Powder characterisation techniques for metal AM // JOM. 2017. Vol. 69, № 3. P. 485-491. DOI: 10.1007/s11837-016-2220-7.
6. Иванов С. П., Михайлов А. В. Исследование селективного лазерного сплавления нержавеющей стали // Металловедение и термическая обработка металлов. 2020. № 7. С. 45-50.
7. Iveković A., Omidvari N., Vrancken B. [et al.] Selective laser melting of tungsten: Effects of powder characteristics // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. 2020. Vol. 87. Art. 105171. DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2019.105171.
8. Кузнецова Е. Р., Волков Д. И. Оптимизация фракционного состава порошков для СЛС // Вестник МИСИС. 2022. Т. 15, № 3. С. 245-251.

Сведения об авторах

Хаперский Александр Сергеевич, магистрант кафедры ТПД. Область научных интересов: селективное лазерное сплавление, электроэрозионная обработка

STUDY OF DEPOSIT BEAD FORMATION IN DIRECT LASER DEPOSITION ON AN INCLINED SURFACE

A.S. Khaperskiy,
Samara University, Samara, haperskii.aleksandr@gmail.com

Keywords: selective laser melting, metal powder, particle size distribution, additive manufacturing.

This article examines the influence of metal powder particle size distribution (PSD) on the quality of parts produced by selective laser melting (SLM). Recent studies demonstrate that optimal powder fractions (typically 15-45 μm) significantly affect part density, surface roughness, and mechanical properties. Both international and Russian research confirms that fine particles ($<20\ \mu\text{m}$) improve resolution but increase agglomeration risks, while coarse particles ($>50\ \mu\text{m}$) may cause incomplete melting. The work highlights the advantages of bimodal PSD for packing density and analyzes challenges with fine powder applications. Current trends focus on developing standardized characterization methods and predictive models for powder behavior in SLM. The article synthesizes key findings from leading international journals and Russian academic sources, providing practical recommendations for powder selection in industrial SLM applications.