

УДК 621.7

Особенности постобработки в аддитивном производстве металлических изделий

Труханов Константин Юрьевич

konstantin.truhanov@yandex.ru

Титов Дмитрий Дмитриевич

titov.dmitry02@mail.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Выполнен обзор применения аддитивных технологий, таких как селективное лазерное сплавление и электродуговое выращивание. Проведен всесторонний анализ и сравнительная оценка этих технологий, а также их ключевых преимуществ и недостатков. Описаны различные методы и приемы постобработки изделий, изготовленных с использованием данных технологий. На основе проведенного исследования сделан вывод о целесообразности применения технологий изготовления и последующей постобработки в зависимости от конкретного типа изделия, что позволяет оптимально выбирать подходящий метод в зависимости от требований к продукту.

Ключевые слова: аддитивное производство, селективное лазерное сплавление, электродуговое выращивание, постобработка, качество поверхности

В современном производстве внедрение передовых технологий играет решающую роль в достижении эффективности и внедрения инноваций [1]. Изготовление деталей с помощью методов селективного лазерного сплавления (Selective Laser Melting, SLM) и электродугового выращивания (Wire Arc Additive Manufacturing, WAAM) представляет собой новаторские подходы, которые трансформируют производственные процессы.

Технология SLM (селективное лазерное сплавление) использует лазерный луч для плавления слоев металлического порошка. Это обеспечивает создание изделий с высокой точностью и минимальным количеством отходов, что делает метод особенно привлекательным для производства сложных геометрий и мелких деталей [2]. С другой стороны, технология WAAM (электродуговое выращивание) применяет дуговой разряд для плавления проволоочного присадочного материала. Этот подход позволяет значительно ускорить процесс изготовления крупных изделий с увеличенной производительностью, что делает его оптимальным для массового производства [3].

Важным этапом аддитивного производства является постобработка. Она используется для обработки изделия и получения требуемого уровня свойств, качества поверхности и точности размеров.

Для постобработки изделий полученных SLM методом применяют следующие операции:

- удаление лишнего порошка — производится струей сжатого воздуха, могут применяться вибростолы или электростатические методы;
- термообработка — служит для снятия внутренних напряжений, уменьшения пористости и микротрещин. Термообработка изделий, изготовленных

методом SLM, часто проводится без снятия с подложки и удаления опорных структур по нескольким причинам — предотвращение коробления и деформации, равномерный нагрев, уменьшение риска повреждений;

- удаление поддержек — поддержки могут быть отрезаны на специализированном оборудовании. Изделия, полученные методом SLM, имеют очень тонкую и хрупкую структуру, с высокой плотностью и минимальным количеством остаточных напряжений. Поддержки в SLM часто интегрированы в саму деталь, имеют сложную форму и часто невозможно удалить их без повреждения самой детали. Поэтому, агрессивные методы механической обработки, используемые в WAAM, здесь неприемлемы. Зачистка поверхности после SLM печати часто проводится с помощью обработки пескоструйной струей, химическим травлением, лазерной обработкой;

- нанесение покрытий — химическое травление, плазменная обработка. Данные мероприятия необходимы для улучшения свойств поверхности детали.

Постобработка изделий, полученных методом WAAM, значительно отличается от постобработки изделий, созданных методом SLM, из-за различий в процессах производства. В случае WAAM основное внимание уделяется удалению избыточного материала, улучшению качества поверхности и достижению необходимых механических свойств [4]. Этапы постобработки могут варьироваться в зависимости от используемого материала, геометрии детали и требуемых свойств, но в целом они включают механическую обработку, такие как шлифовка и фрезерование, а также термообработку для улучшения структуры материалов. Эти этапы обеспечивают высокую точность и необходимые характеристики готовых изделий, создавая возможность их дальнейшего применения в различных отраслях.

Этапы обработки изделий, полученных методом WAAM, включают в себя следующие стадии:

- удаление поддерживающих конструкций — механическое удаление (абразивный инструмент, фрезы) или разрушающее удаление (вибрация). Изделия, полученные методом WAAM, имеют более грубую поверхность с отчетливыми следами сварных слоев. Они менее хрупкие, чем изделия SLM, и обладают большей прочностью. Поддержки в WAAM часто проще по конструкции и легче удаляются;

- зачистка поверхности — механическая обработка, абразивно-струйная обработка;

- термическая обработка — в основном используется для снятия внутренних напряжений, возникших в процессе выращивания;

- нанесение защитных покрытий — для повышения коррозионной стойкости, износостойкости или других свойств, может применяться гальванические или другие виды покрытия.

Для обработки скрытых поверхностей изделия может применяться чередующаяся с выращиванием промежуточная обработка. Однако результаты исследований показали отрицательное влияние материалов и продуктов обработки на свойства конструкции [5].

Таким образом, можно сделать вывод, что постобработка изделий, изготовленных методом SLM и WAAM, имеет как сходства, так и различия, обусловленные спецификой самих технологий и свойствами получаемых материалов. В целом, для WAAM характерны большая производительность, применение распространенных материалов, более доступное и дешевое оборудование, в том числе для постобработки. В сравнении с WAAM, технология SLM характеризуется высокой точностью, но и большей стоимостью, как оборудования, так и материалов, необходимых для изготовления и постобработки изделий.

Литература

- [1] Киричек А.В., Федонин О.Н., Хандожко А.В. Гибридные технологии и оборудование аддитивного синтеза изделий. *Научные технологии в машиностроении*, 2022, № 8 (134), с. 31–38. <https://doi.org/10.30987/2223-4608-2022-8-31-38>
- [2] Кубанова А.Н., Сергеев А.Н., Добровольский Н.М. Особенности материалов и технологий аддитивного производства изделий. *Чебышевский сборник*, 2019, т. 20, № 3 (71), с. 453–477. <https://doi.org/10.22405/2226-8383-2019-20-3-453-477>
- [3] Осколков А.А., Матвеев Е.В., Безукладников И.И. Передовые технологии аддитивного производства металлических изделий. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение*, 2018, т. 20, № 3, с. 90–105. <https://doi.org/10.15593/2224-9877/2018.3.11>
- [4] Чуканов А.Н., Цой Е.В., Яковенко А.А. Формирование структурных дефектов SLM технологии. *Современные материалы, техника и технологии*, 2023, № 6 (51), с. 29–36.
- [5] Шестакова Е.Б. *3D-печать: аддитивные технологии в строительстве*. Москва, Ай Пи Ар Медиа, 2022, 112 с.

Post-processing for metal products additive manufacturing

Trukhanov K.Y. konstantin.truhanov@yandex.ru
Titov D.D. titov.dmitry02@mail.ru

BMSTU (KB), Kaluga, Russia

The application of additive technologies such as selective laser fusion and electric arc cultivation is reviewed. A comprehensive analysis and comparative assessment of these technologies, as well as their key advantages and disadvantages, has been carried out. Various methods and techniques of post-processing of products manufactured using these technologies are described. Based on the conducted research, it is concluded that it is advisable to use manufacturing technologies and subsequent post-processing, depending on the specific type of product, which makes it possible to optimally choose the appropriate method depending on the requirements for the product.

Keywords: additive manufacturing, selective laser fusion, electric arc cultivation, post-treatment, surface quality