

## ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*В.В. Тарханов<sup>а</sup>, студент гр.10А22,  
научный руководитель: Гусева Т.С., ассистент  
Юргинский Технологический Институт (филиал)  
Национального исследовательского Томского политехнического университета,  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26  
E-mail: <sup>а</sup>basilikiano@gmail.com*

**Аннотация.** В данной статье представлен обзор литературы, направленный на анализ аддитивных технологий, сопоставление их с привычными методами производства, также был рассмотрен наиболее перспективный вид аддитивных технологий и включение элементов искусственного интеллекта в процесс работы.

**Ключевые слова:** аддитивные технологии (АТ), аддитивное производство (АП), прямое лазерное выращивание, лазерная полировка, интеллектуальная оценка, плавление металлических порошков.

**Annotation.** This article presents a literature review aimed at analyzing additive technologies, comparing them with conventional production methods, and also considered the most promising type of additive technologies and the inclusion of artificial intelligence elements in the work process.

**Keywords:** additive technologies (AT), additive manufacturing (AM), direct laser growth, laser polishing, intelligent evaluation, metal powder melting.

В наше время появляется все больше новых технологических направлений, одним из которых является аддитивное производство (АП). Это направление представляет собой послойное добавление (от англ. to add – «добавлять» и additive – «добавление») материала в определенное и необходимое место, в соответствии с трехмерной моделью детали. «Аддитивное производство» («Additive Manufacturing») – закрепленное понятие, утвержденное организациями, но все же словосочетание «3D-печать» получило большее распространение и стало неофициальным стандартом. АП получило широкое применение в авиакосмической, автомобильной, нефтегазовой промышленности, в судостроении, медицине, ювелирном деле и других направлениях. Основное достоинство таких технологий – способность создавать объекты непростых форм и структур с высокой точностью.

Введение аддитивных технологий (АТ) в промышленность для изготовления деталей и изделий непростой формы, а также вывод их в ранг экономически привлекательных и выгодных технологий невозможны без проведения материаловедческих исследований, позволяющих выявить фундаментальные характеристики аддитивных процессов, улучшить характеристики оборудования, методы измерения и оценки качества, повысить точность изготовления деталей и воспроизводимость механических свойств [1]. А интеллектуальные информационные системы так или иначе оказывают влияние на многие области нашего существования, таким образом становясь необходимой основой для выполнения задач по автоматизации и управлению важными объектами и процессами.

Проводя обзор литературы, можно понять, что, по сравнению с традиционными методами производства, (к примеру, литье под давлением) АТ в производстве имеют неоспоримые достоинства. К ним относятся: возможность создания изделий сложной формы, довольно гибкая дизайнерская составляющая, более существенная производительность, улучшенные механические свойства и хорошая плотность готового изделия. А поскольку АТ базируются на компьютерных моделях будущих изделий, то их вполне реально за короткий промежуток времени отправить на разработку и даже передать своим коллегам на расстоянии. К слову, нынешние 3D-принтеры помогают конструкторам и дизайнерам придумывать собственные концепт-модели, первоначальные образцы, а также и детали с емкой конфигурацией [2].

В своей работе Йи Сюн и другие [3] затрагивают тему взаимодействия человека и машины (программного обеспечения для автоматизации процесса). При серийном производстве предполагается, что человек будет играть более важную роль при ситуациях, требующих творческий подход, что рабочая нагрузка на человека будет сведена к минимуму для того, чтобы избежать погрешности человеческого фактора, потенциальных ошибок и неопределенностей. Главный смысл взаимодействия искусственного интеллекта и человеческого заключается в создании концепции общей работы человека и машины, описании типичных сценариев и обсуждении связанных с этим проблем. Благодаря этому, АП становится удобнее в плане простого использования, безопасности и доступности.

Шальнова С.А. в своем исследовании [4] рассматривает технологию прямого лазерного выращивания, которая является одной из технологий аддитивного производства, как фундамент нынешней революции в промышленности. Суть этого метода в том, что взамен обычных, массово используемых технологий литья и механической обработки, необходимые объекты изготавливаются, посредством плавления металлического порошка и выращиванием из него. Этот способ вполне увеличивает производительность труда: любое, затратное по времени, созданию и обработке изделие при использовании традиционных способов и технологий производства будет изготовлено в гораздо большие сроки, в то время как при помощи лазерного наращивания можно воссоздать, произвести полирование поверхности за кратчайшие сроки. Но все-таки итоговая прочность образцов, выращенных из металлических порошков, химический состав которых идентичен заготовкам для привычных способов обработки, пока что не соответствует штампованным заготовкам. Также, в этой работе предлагается лазерный способ полировки, взамен уже существующим – механическому, электрохимическому, химическому. Если смотреть с экономической точки зрения, то лазерная полировка довольно дорогой вариант обработки поверхности и его производительность оставляет желать лучшего, по сравнению с механической или химической обработкой. Но в остальном, это – инновационная технология обработки, за которой, безусловно, будущее.

Чабаненко А.В. рассмотрел [5], целесообразность разработки и использования собственных систем интеллектуальной оценки, чтобы они смогли сами проанализировать изображение, исходя из требований и нужд производства. И ведь действительно, то же видеонаблюдение за процессом производства, с использованием искусственного интеллекта, даст возможность спрогнозировать число погрешностей и ошибок еще во время синтеза, что довольно эффективно для контроля качества.

В аддитивном производстве источником сырья могут служить жидкие металлы, листы или полосы, проволоки, однако большее применение приобрели металлические порошки. Ермаков Б.С. и другие возвели производство металлических порошков в ранг основного препятствия в эволюции АП.

На основании обзора литературы можно сделать вывод о том, что имеется огромный потенциал для работы и автоматизации производств, а применение новейших искусственных вспомогательных систем лишь привносит еще больше перспективных направлений для дальнейшего развития. Однако, для достижения такой амбициозной цели, необходимо тщательное дальнейшее наблюдение и исследование данной темы. Ведь АТ – не до конца изучены, и еще многое нужно преодолеть для их беззаботного использования, но, при действенном планировании усилий людей, кажется достаточно возможным развиваться в целых инновационных направлениях АП.

Список используемых источников:

1. Кузнецов П. А. Аддитивное производство – эпоха инноваций / П. А. Кузнецов // Стандарты и качество. – 2015. – № 6. – С. 94–96. – EDN TXPFTN. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23652412> (дата обращения 24.01.2023)
2. Эттель В. А. Исследование технологии производства деталей сложной конфигурации с помощью аддитивных технологий / В. А. Эттель, А. А. Берг, С. С. Иванов // Академическая наука – проблемы и достижения: материалы XV международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 41–43. – EDN XQBBRZ. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35075248> (дата обращения 24.01.2023)
3. Yi Xiong, Yunlong Tang, Samyeon Kim, David W. Rosen, Human-machine collaborative additive manufacturing, Journal of Manufacturing Systems, Volume 66, 2023, Pages 82–91, ISSN 0278-6125. – URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278612522002230> (дата обращения 14.02.2023)
4. Шальнова, С.А. Аддитивные технологии и лазерная поверхностная обработка как альтернатива классическим методам производства и обработки деталей / С. А. Шальнова // . – 2016. – № 26–2. – С. 38–42. – EDN VZGGMT. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26104314> (дата обращения 24. 12.2022)
5. Чабаненко, А.В. Искусственный интеллект для аддитивного производства / А. В. Чабаненко // Математические методы и модели в высокотехнологичном производстве: Тезисы докладов I Международного форума, Санкт-Петербург, 10–11 ноября 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2021. – С. 272–274. – EDN HCHNOK. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=48471483>(дата обращения 24.01.2023)