

**Мункуева Алина Алдаровна**

Студент

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления

## **ВНЕДРЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЛЕСАРНО- СВАРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО**

Аннотация: Аддитивные технологии, получившие в последние годы широкое распространение, все активнее используются не только в высокотехнологичных отраслях, но и в традиционных направлениях промышленности, таких как слесарно-сварочное производство. Суть аддитивных технологий заключается в послойном формировании изделия на основе 3D-модели путем последовательного добавления материала. Наиболее известное проявление — 3D-печать, однако в машиностроительной и металлообрабатывающей сфере они значительно шире.

Abstract: Additive technologies, which have become widespread in recent years, are increasingly being used not only in high-tech industries, but also in traditional sectors such as metalworking and welding. Additive technologies involve the layer-by-layer creation of a product based on a 3D model by sequentially adding material. The most well-known example is 3D printing, but additive technologies are widely used in the engineering and metalworking industries.

*Ключевые слова: аддитивные технологии, внедрение, 3d печать, развитие технологии, создание сложных геометрических форм, повышение качества.*

*Key words: additive technologies, implementation, 3D printing, technology development, creation of complex geometric shapes, and improvement of quality.*

## Введение

Внедрение аддитивных технологий открывает новые возможности по созданию сложных геометрических форм, оптимизации расхода материалов и времени изготовления деталей, а также расширяет спектр решаемых производственных задач. Детали и узлы, получаемые с помощью аддитивных процессов, часто не могут быть изготовлены традиционными способами, что особенно актуально для индивидуального или мелкосерийного производства.

Наиболее традиционные методы изготовления металлических изделий предполагают удаление материала (механическая обработка), либо его соединение (сварка, наплавка). Аддитивные же процессы основываются на обратном принципе: формировании изделия из ничтожного количества исходного материала послойно. Основные методы — лазерное наплавление, электронно-лучевая и дуговая 3D-печать, селективное лазерное сплавление (SLM), наплавочная сварка проволокой (Wire Arc Additive Manufacturing, WAAM). В последнее десятилетие появились установки, совмещающие функции 3D-печати и классических сварочных аппаратов.

Наибольшее распространение получили следующие аддитивные процессы:

- Селективное лазерное сплавление (SLM/SLS).
- Электронно-лучевая плавка (EBM).
- Дуговое послойное наплавление (WAAM).
- Наплавочные процессы с использованием порошковых, проволочных или гранулированных материалов.

Для слесарно-сварочного производства особенно интересны WAAM и струйные наплавочные установки, работающие на основе сварочных роботов с ЧПУ. Это позволяет не только быстро изготавливать крупногабаритные и сложные детали, но и комбинировать этапы сварки, наплавки, пайки и постобработки.

Внедрение аддитивного оборудования в слесарный и сварочный цехи позволяет сокращать сроки выполнения заказов, снижать отходы материалов, реализовывать индивидуальный подход к заказам. Подобные процессы востребованы при изготовлении ремонтных деталей, восстановлении поврежденной или изношенной поверхности, производстве оснастки, штампов, элементов технологической оснастки с внутренними каналами (например, для охлаждения).

Интеграция 3D-принтеров и установок WAAM требует обучения персонала, совершенствования цифровых компетенций работников, а также переосмысления логистики и производственного планирования. Современные программные комплексы позволяют интегрировать этапы проектирования, подготовки 3D-моделей, генерации траекторий печати и контроля качества в единую информационную среду предприятия.

Ключевые технологические и экономические преимущества внедрения аддитивных технологий в слесарно-сварочное производство:

- Производство сложных архитектурных и инженерных форм, невозможных классическими методами.
- Существенное снижение количества отходов за счет точной дозировки материала.
- Возможность оперативного ремонта и восстановления критически важных деталей.
- Минимизация технологических переделов и сокращение производственного цикла.
- Улучшение свойств изделий за счет применения композитных, легированных порошков.
- Производство малого количества изделий по индивидуальному проекту без необходимости в дорогостоящих пресс-формах.

Особое значение приобретает применение аддитивных технологий при модификации и ремонте крупных деталей, например, корпусов редукторов, валов, опорных элементов. Например, способ WAAM позволяет наплавлять

износостойкие слои непосредственно на исходную деталь, что существенно увеличивает срок службы оборудования.

В качестве примеров можно привести работы по изготовлению элементов трубопроводов сложных профилей, быстрое прототипирование сварных узлов, в том числе с внутренними каналами охлаждения для штампов или пресс-форм. Используются как цельнометаллические изделия, так и комбинированные конструкции — когда аддитивным методом изготавливается сложная часть изделия, которая затем соединяется с серийной деталью с помощью сварки, пайки или болтового соединения.

Помимо явных преимуществ, внедрение аддитивных методов сопровождается рядом сложностей:

- Высокая стоимость оборудования и материалов (особенно легированных порошков).
- Необходимость строгого контроля за условиями окружающей среды (температура, влажность, чистота, газовая атмосфера).
- Требования к подготовке цифровых моделей и квалификации специалистов.
- Ограничения по размеру и точности печатных изделий.
- Потребность в доработке поверхности и термообработке для получения требуемых механических свойств.

Не менее важны вопросы стандартизации и повторяемости результатов: для массового внедрения на промышленные предприятия требуется создать систему необходимых стандартов, методов контроля качества, обеспечения технологической безопасности.

Ведущие мировые и российские предприятия машиностроения активно разрабатывают и внедряют новые технологии совместно с высшими учебными заведениями и научно-исследовательскими институтами. Обучение специалистов аддитивным технологиям, создание лабораторий и учебных центров на базе университетов позволяет формировать кадровый резерв для отечественной промышленности.

Современные образовательные программы для слесарей, сварщиков, инженеров включают в себя не только основы традиционного производства, но и модули по программированию, цифровому проектированию, 3D-печати и технологическому контролю. Это позволяет создавать синергетический эффект при взаимодействии разных профессий на одном предприятии.

## **Заключение**

Аддитивные технологии становятся одним из ключевых драйверов развития отечественной промышленности, включая слесарно-сварочное производство. Их внедрение открывает перед предприятиями новые горизонты для гибкости производственных процессов, повышения качества изделий, экономии ресурсов. Несмотря на существующие вызовы, роль аддитивных процессов в будущем слесарно-сварочных работ будет постоянно возрастать. Регулярное обновление кадров и совершенствование образовательных программ, развитие материально-технической базы и обмен опытом между промышленностью, вузами и научным сообществом — залог успешной цифровой трансформации предприятия и повышения его конкурентоспособности на современном рынке.

## **Литература:**

1. Федеральные стандарты оценки (ФСО №8), утвержденные Приказом Минэкономразвития 01.06.2015. №326. П. 10.3
2. Ковалев В.В. Теория статистики: учеб. пособие для бакалавров / под. ред В.В. Ковалева. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – С.273.