

УДК 004.925.84:[62-2:631.3]

ПРИМЕНЕНИЕ 3D-ПЕЧАТИ В ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

С.Н. Пивовар, С.В. Рогов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого, г. Гомель, Республика Беларусь

Современное сельхозмашиностроение активно внедряет инновационные технологии, направленные на повышение эффективности, надёжности и ремонтпригодности техники. Одним из перспективных направлений стало использование аддитивных технологий (это метод создания трехмерных объектов, деталей путем послойного добавления материала), в частности 3D-печати, при изготовлении деталей и узлов сельскохозяйственных машин. Традиционные методы производства, основанные на механической обработке и литье, обладают высокой степенью отработанности, но зачастую требуют значительных затрат времени и ресурсов, особенно при создании сложных форм элементов или мелкосерийных партий.

Трёхмерная печать позволяет решать задачи, трудные для традиционных методов: изготавливать прототипы и функциональные элементы со сложной геометрией, сокращать объёмы производственных отходов и ускорять процесс восстановления деталей. Она упрощает производство комплектующих, снижает зависимость от длительных поставок и позволяет оперативно создавать редкие или снятые с производства запчасти, что особенно важно для аграрного сектора.

Традиционные методы производства часто требуют дорогостоящей оснастки, пресс-форм и производственных линий. Однако при использовании 3D-печати необходимость в этих дорогостоящих процессах отпадает: компоненты могут быть напечатаны непосредственно по цифровым проектам, что экономит время и деньги, делая этот метод привлекательным для мелкосерийного или индивидуального производства.

Классические подходы включают механическую обработку — токарную, фрезерную, шлифовальную, а также литьё, ковку и сварку. Эти методы требуют предварительного изготовления оснастки, значительных затрат времени на подготовку производства и часто сопровождаются высоким уровнем отходов. Кроме того, создание сложных геометрических форм может быть затруднено или вовсе невозможно без дополнительных операций, что увеличивает себестоимость и сроки изготовления. В условиях, когда необходима высокая точность, надёжность и индивидуальный подход к конструкции, традиционные технологии не всегда позволяют быстро адаптироваться к новым требованиям. Именно

здесь 3D-печать демонстрирует свои преимущества, предлагая гибкость, экономичность и ускорение производственных процессов.

3D-печать предоставляет возможность точной настройки производственных процессов. Это упрощает адаптацию узлов и деталей под конкретные сельскохозяйственные задачи: от корректировки существующей геометрии до разработки принципиально новых компонентов, что обеспечивает уровень гибкости и индивидуализации.

Стоимость изделий зависит от применяемого материала. На сегодняшний день наибольшую цену обычно имеют металлические детали из-за дорогого оборудования и сырья. Высокая стоимость таких изделий в большей степени обусловлена применением дорогостоящего оборудования и материалов. Но 3D-принтеры, работающие с полимерными материалами, позволяют получить продукцию с достаточно низкой себестоимостью, что делает их на сегодняшний день наиболее доступными и распространенными. Для 3D-принтера нет ограничений в воспроизведении деталей по форме, точности и сложности. Применение данной технологии значительно сокращает расход материала и время производства.

В сфере сельхозмашиностроения технологии трёхмерной печати открывают новые возможности, позволяющие решать разные задачи быстро, эффективно и качественно:

- быстрое проектирование и выпуск прототипов, компонентов и узлов
- разработка, внедрение новых конструктивных решений и элементов;
- восстановление, ремонт или замена вышедших из строя деталей [1].

Развитие аддитивных технологий, в том числе 3D-печати, стало ответом на существующие ограничения традиционных способов обработки материалов. В области сельскохозяйственного машиностроения особое внимание уделяется выбору метода печати и материалов, обеспечивающих высокую механическую прочность, износостойкость и устойчивость к агрессивным средам.

Основные методы, применяемых в сельхозмашиностроении:

FDM (Fused Deposition Modeling) — суть метода заключается в послойном наплавлении материала, подаваемого в виде пластиковой нити. В станкостроении используется преимущественно на этапе проектирования и тестирования

SLS (Selective Laser Sintering) — лазерное спекание полимерных порошков. Позволяет получать прочные и износостойкие элементы без необходимости в поддерживающих структурах.

SLM (Selective Laser Melting) и DMLS (Direct Metal Laser Sintering) — технологии, ориентированные на работу с металлическими порошками. Они обеспечивают высокую точность и прочность, что делает их особенно востребованными при производстве рабочих узлов сельскохозяйственной техники, таких как рамы, кронштейны, корпуса редукторов, крепёжные и износостойкие элементы рабочих органов машин.

Выбор материала также играет ключевую роль. В зависимости от требований к прочности, термостойкости и износостойкости применяются:

- Полимеры — применяются для изготовления элементов, не подверженных высоким нагрузкам, например, защитных кожухов, ручек, панелей управления.
- Металлы — алюминий, титан, сталь для несущих конструкций, соединительных узлов и других ответственных компонентов.
- Композиты — сочетают лёгкость и прочность, подходят для подвижных частей [2].

3D-печать в сельхозмашиностроении сегодня используется для создания опытных образцов, функциональных деталей и оперативной замены комплектующих. Однако её широкое внедрение ограничено высокой стоимостью, длительностью изготовления крупных элементов и необходимостью постобработки.

В сельхозмашиностроении 3D-печать чаще всего применяется для:

- проверки конструкции и эргономики узлов машин;
- выпуска сложной оснастки и крепёжных элементов;
- производства редких или снятых с производства запчастей;
- изготовления элементов систем подачи, охлаждения, воздухопроводов и защитных кожухов;
- ремонта техники непосредственно в фермерских хозяйствах или сервисных центрах.

Одновременно с преимуществами проявляются и ограничения. Основным барьером, препятствующим широкому распространению 3D-печати, является высокая стоимость оборудования и расходных материалов, а также:

- Ограничения по размерам и времени печати — крупные детали печатаются долго и часто требуют разделения на сборочные узлы, что добавляет операции и снижает преимущества по срокам.
- Поверхностная отделка и допуски — результаты печати нередко нуждаются в постобработке (шлифовка, термообработка, механическая обработка посадочных мест) для достижения требуемой точности и

шероховатости, что существенно увеличивает время изготовления детали и её себестоимость.

- Процессный риск и повторяемость — качество партии может зависеть от параметров печати, состояния порошка и профиля термообработки. Для снижения рисков необходим строгий контроль и стандартизация печати.

Учет этих ограничений позволяет выстроить грамотную комбинированную стратегию: использовать 3D-печать там, где она даёт принципиальное преимущество (сложная геометрия, мелкие серии, ремонт), а в случаях с большими размерами, строгими допусками или низкой стоимостью материала — по-прежнему опираться на традиционную мехобработку и литьё.

Согласно анализу статистических данных, проведённому на основе результатов деятельности лаборатории аддитивных технологий за 2018–2023 гг., востребованность всех видов работ цикла аддитивного производства становится более сбалансированной. Если в 2018 г. соотношение составляло: 3D-печать – 35 %, проектирование – 35 %, сканирование – 27 %, литьё – 3 %, то к 2023 г. структура изменилась: 3D-печать – 20 %, проектирование – 30 %, сканирование – 31 %, литьё – 19 %.

По результатам анализа наблюдается существенное изменение структуры спроса на различные виды работ, входящие в цикл аддитивного производства. Если в 2018 году доминировали процессы 3D-печати и проектирования (по 35 %), а доля литья составляла лишь 3 %, то к 2023 году распределение стало более равномерным. Доля 3D-печати снизилась до 20 %, при этом возросла значимость этапов сканирования (с 27 % до 31 %) и литья (с 3 % до 19 %). Это свидетельствует о постепенном переходе отрасли от узкоспециализированного применения 3D-печати к комплексному использованию всего цикла аддитивных технологий. Подобная динамика отражает стремление предприятий сельхозмашиностроения к интеграции цифровых методов проектирования, точного воспроизведения геометрии деталей и комбинирования традиционных и аддитивных процессов для повышения эффективности и качества выпускаемой техники.

Дальнейшее развитие 3D-технологий для сельхозмашиностроения связано с повышением скорости печати, увеличением рабочего объёма принтеров, расширением ассортимента порошковых и композитных материалов, а также разработкой стандартов сертификации. Всё это позволит внедрять 3D-печать в серийное производство узлов, работающих под нагрузкой, и повысит устойчивость агропромышленного сектора к перебоям поставок [3].

В заключение можно отметить, что 3D-печать становится важным инструментом для сельхозмашиностроения, позволяя ускорять

проектирование, улучшать конструктивные решения и оперативно обеспечивать ремонтпригодность техники. По мере удешевления оборудования и стандартизации процессов аддитивные технологии будут всё чаще использоваться не только в опытных лабораториях, но и на заводах по производству сельскохозяйственных машин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сенин П.В., Чаткин М.Н., Кильмяшкин Е.А. Аддитивные технологии для производства и ремонта сельскохозяйственной техники / П.В. Сенин, М.Н. Чаткин, Е.А. Кильмяшкин. — Саранск: МГУ, 2024. — С. 586–591.
2. Шкуро А.Е. Технологии и материалы 3D-печати: учеб. пособие / А.Е. Шкуро. — Екатеринбург: УГЛТУ, 2017. — С. 97–98.
3. Коряков А.Е. Применение 3D-печати в машиностроении: эффективность, история и тенденции развития / А.Е. Коряков. — Минск: БНТУ, 2022. — С. 100–102.