

УДК 681.3

Новые материалы и конструкции в аддитивном производстве

А.А. Жердева✉

Колледж Воронежского института высоких технологий, Воронеж, Россия

В статье рассматриваются современные достижения в области аддитивного производства, акцентируется внимание на новых материалах и конструкциях, которые открывают новые горизонты для применения этой технологии в различных отраслях. Рассмотрены типы материалов, используемых в аддитивном производстве, включая полимеры, металлы и биоматериалы, а также их свойства. Особое внимание уделяется инновационным методам проектирования и оптимизации конструкций, которые позволяют улучшить механические характеристики изделий и снизить их вес.

Ключевые слова: аддитивное производство, инновационные материалы, полимеры, экономическая эффективность, биоматериалы, инновации, технологические процессы.

New materials and designs in additive manufacturing

A.A. Zherdeva✉

College of Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russia

The article examines modern achievements in the field of additive manufacturing, focusing on new designs and materials that open up new horizons for the application of this technology in various industries. The key types of materials used in additive manufacturing, including polymers, metals and biomaterials, as well as their properties, are shown. Special attention is paid to innovative methods of design and optimization of structures that improve the mechanical characteristics of products and reduce their weight.

Keywords: additive manufacturing, innovative materials, polymers, economic efficiency, biomaterials, innovations, technological processes.

Аддитивное производство (АП), также известное как 3D-печать, представляет собой технологию создания трехмерных объектов путем последовательного наложения материалов. В отличие от традиционных методов производства, таких как механическая обработка или литье, которые требуют вырезания или формования материала, АП основывается на добавлении материала слой за слоем.

Цель исследования заключается в анализе свойств современных материалов, таких как полимеры, металлы, керамика и композиты, а также их влияния на функциональность и производительность изделий, созданных с использованием аддитивных технологий. В статье анализируются примеры успешного применения аддитивного производства в ключевых отраслях, таких как медицина, авиация, автомобилестроение и строительство.

Результаты исследования подчеркивают экономическую эффективность новых технологий и предлагают рекомендации по оптимизации процессов выбора материалов и конструктивных решений. Данная работа направлена на углубление понимания роли АП в современном мире и его потенциала для дальнейшего развития [1].

Среди новых полимерных материалов, используемых в АП, выделяются термопласты, такие как PLA (полилактид), ABS (акрилонитрил-бутадиен-стирол) и PETG (полиэтилентерефталат-гликоль). Однако в последние годы разработаны и новые

полимеры, обладающие улучшенными механическими свойствами и термостойкостью [1].

Устойчивые к высоким температурам полимеры: например, РЕЕК (полиэфирэфиркетон) и ULTEM (полиэфиримид) находят применение в аэрокосмической и медицинской отраслях благодаря своей высокой термостойкости и химической инертности.

Композитные полимеры. Добавление углеродных волокон или стекловолокна в полимеры позволяет значительно увеличить их прочность и жесткость, что открывает новые горизонты для применения в конструкциях, требующих высокой прочности при низком весе.

Металлические материалы, используемые в АП, включают нержавеющую сталь, титановые сплавы и алюминиевые сплавы. Современные технологии позволяют создавать сложные металлические конструкции с использованием порошковой металлургии [1].

Титановые сплавы широко используются в медицине для создания имплантатов благодаря своей биосовместимости и высокой прочности.

Нержавеющая сталь используется для производства деталей, подверженных коррозии. Новые методы обработки порошков позволяют улучшить качество поверхности и механические свойства изделий.

Керамические материалы также находят применение в АП. Они обладают высокой температурной стойкостью и жесткостью, что делает их идеальными для использования в высокотемпературных приложениях.

Биокерамика используется в медицинских имплантатах благодаря своей биосовместимости и способности к остеоинтеграции.

Биоматериалы в АП представляют собой одну из самых перспективных областей, поскольку они могут значительно улучшить качество жизни и способствовать развитию медицины, экологии и других отраслей. Рассмотрим несколько новых биоматериалов, разработанных для 3D-печати, а также их применение и значение для человека.

Одним из таких материалов являются *гидрогели*, они представляют собой водорастворимые полимеры, которые могут удерживать значительное количество воды, что делает их идеальными для имитации мягких тканей. Эти материалы используются для создания искусственных органов, кожных трансплантатов, а также в регенеративной медицине (полиакриламид, полиэтиленгликоль (PEG), альгинаты). Гидрогели продвинули АП на новый уровень, они облегчают и улучшают жизнь человека [2].

Следующим инновационным материалом в АП являются синтетические белки, они представляют собой важную область исследований и разработок, направленных на создание новых биоматериалов с заданными свойствами для применения в медицине, биоинженерии и других областях. Эти белки могут быть использованы для создания матриц, которые поддерживают рост клеток, а также для разработки функциональных имплантатов и протезов.

Сами синтетические белки представляют из себя белковые молекулы, которые создаются с использованием методов молекулярной биологии и геной инженерии. Они могут быть получены путем синтеза генов, кодирующих определенные белки, и последующего их экспрессирования в клетках или микробах. Синтетические белки могут быть модифицированы для улучшения их функциональности, стабильности и взаимодействия с клетками.

Синтетические белки могут быть классифицированы по различным критериям:

- структурные белки: такие белки обеспечивают механическую поддержку и стабильность. Примеры включают коллагеноподобные белки, которые могут использоваться для создания матриц для тканевой инженерии;
- функциональные белки: включают ферменты, антитела и факторы роста. Эти белки могут быть использованы для создания активных компонентов в биоматериалах;
- модифицированные белки: синтетические белки могут быть модифицированы для улучшения их свойств, таких как устойчивость к деградации или улучшенное взаимодействие с клетками.

Также использование синтетических белков в АП имеет несколько преимуществ, в отличие от других биоматериалов. Синтетические белки могут быть спроектированы так, чтобы минимизировать иммунный ответ организма. Появляется возможность модификации структуры и свойств белка, что позволяет создавать материалы с заданными характеристиками. Они могут быть произведены в больших объемах с использованием клеточных систем, что снижает затраты на сырье.

Третьим, и не менее важным биоматериалом являются биологически активные компоненты [3]. Из себя они представляют молекулы или материалы, которые оказывают влияние на биологические процессы и могут быть использованы для улучшения функциональности и биосовместимости 3D-печатных изделий. Эти компоненты имеют широкий спектр применения, особенно в области медицины и биоинженерии.

В АП используют:

1. *Факторы роста*, такие как фибробластный фактор роста (FGF), трансформирующий фактор роста бета (TGF- β) и эпидермальный фактор роста (EGF), играют ключевую роль в регенерации тканей. Их добавление в 3D-печатные матрицы может ускорить заживление и восстановление тканей.

2. *Антитела* могут использоваться для создания целевых систем доставки лекарств, что позволяет направленно воздействовать на больные клетки или ткани. Это особенно актуально в онкологии, где важно минимизировать побочные эффекты.

3. *Цитокины* могут быть добавлены в аддитивно произведенные конструкции для модуляции иммунного ответа. Например, они могут быть использованы для создания «умных» имплантатов, которые могут адаптироваться к состоянию организма.

4. *Нуклеотиды и нуклеозиды* – молекулы, которые могут участвовать в регуляции клеточных процессов и метаболизма.

Из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что биологически активные компоненты играют ключевую роль в АП, особенно в медицинских целях. Их интеграция позволяет создавать инновационные материалы с улучшенными свойствами для регенерации тканей, целевой доставки лекарств и создания функциональных имплантатов [3]. Исследования в этой области продолжаются, открывая новые возможности для применения АП в медицине и других отраслях.

Разработка инновационных конструкций в АП является ключевым фактором для повышения эффективности и конкурентоспособности продукции в различных отраслях. Преимущества, такие как изготовление сложных форм, индивидуализация и снижение отходов, делают АП привлекательным решением для решения современных производственных задач. Факторы, способствующие развитию этих конструкций, включают технологические инновации, исследования и сотрудничество между отраслями [4, с. 66-168].

Одними из таких конструкций являются модульные конструкции, они представляют собой подход к проектированию и производству, при котором изделия

состоят из отдельных, взаимозаменяемых модулей. Этот метод становится все более популярным в АП благодаря своей гибкости, эффективности и возможностям кастомизации.

Модульные конструкции основываются на идее о том, что сложные системы могут быть разбиты на более простые компоненты или модули. Эти модули могут быть изготовлены отдельно и затем легко собраны в конечный продукт. Этот вид конструкции активно используется в строительстве для создания жилых и коммерческих зданий. Например, здания могут быть построены из предварительно изготовленных модулей, которые затем собираются на месте. Это сокращает время строительства и снижает затраты [4, с. 66-168].

В мебельной индустрии модульные конструкции позволяют создавать предметы, которые легко адаптируются под различные пространства и стили. Например, модульные диваны могут быть собраны в различных конфигурациях, что позволяет пользователям изменять их форму в зависимости от потребностей.

В производстве электроники модульные конструкции позволяют легко обновлять или заменять отдельные компоненты устройств, такие как смартфоны или компьютеры. Это способствует увеличению срока службы продуктов и снижению отходов.

С развитием технологий АП модульные конструкции будут продолжать эволюционировать. Ожидается, что новые методы и материалы печати позволят создавать еще более сложные и функциональные модули. Кроме того, интеграция «умных» технологий, таких как IoT (интернет вещей), может привести к созданию интерактивных модульных систем, которые будут способны адаптироваться к условиям окружающей среды или потребностям пользователей [5, с. 19-25].

Еще один из видов конструкций набирающий оборот является конструкция из нескольких материалов. Многоматериальная аддитивная печать подразумевает использование различных материалов в одном процессе печати для создания объекта. Она может включать комбинации полимеров, металлов, керамики и композитных материалов. Основные принципы многоматериальной печати:

Сочетание свойств. Использование различных материалов позволяет комбинировать их уникальные характеристики, такие как прочность, гибкость, тепло- и электроизоляция.

Локализованная функциональность. Разные участки изделия могут быть напечатаны из различных материалов в зависимости от требуемых свойств в конкретной области.

Упрощение сборки. Многоматериальные конструкции могут уменьшить количество компонентов, необходимых для сборки, так как разные функции могут быть интегрированы в одном элементе.

Существует несколько технологий, используемых для многоматериальной аддитивной печати [5]:

FDM (Fused Deposition Modeling). В этой технологии используются термопластичные нити разных типов, которые могут быть комбинированы в одном изделии. Пользователи могут выбирать различные материалы для создания жестких и гибких участков.

SLA (Stereolithography). Эта технология позволяет использовать разные фотополимерные смолы, которые могут иметь различные свойства (например, цвет, жесткость). Это дает возможность создавать сложные структуры с различными функциональными зонами.

PBF (Powder Bed Fusion). В такой технологии используют порошковые материалы разных типов (металлы, полимеры), что позволяет создавать изделия с различными механическими свойствами.

Inkjet Printing. Эта технология позволяет распечатывать несколько материалов в одном слое, создавая сложные многослойные структуры с различными свойствами [5, с. 19-25].

Также нужно отметить, что новые материалы и конструкции в АП имеют огромное значение для различных отраслей [5, с. 19-25; 6, с. 30-79], включая медицину, авиацию, автомобилестроение, строительство и многие другие. Вот основные аспекты их применения:

1. Улучшение функциональности и производительности.

Специфические свойства. Новые материалы, такие как композиты, металлы с изменяемыми свойствами и биоматериалы, позволяют создавать изделия с уникальными характеристиками, такими как высокая прочность, легкость или биосовместимость.

Оптимизация конструкций. АП позволяет проектировать сложные конструкции, которые невозможно создать традиционными методами. При проектировании можно одновременно учитывать множество факторов (нагрузки, условия эксплуатации и т.д.), что приводит к созданию более эффективных изделий.

2. Персонализация и индивидуальный подход.

Индивидуальные решения. Возможность печатать изделия под конкретные нужды пользователей, например протезы или медицинские имплантаты, что значительно улучшает качество жизни пациентов.

Гибкость дизайна. Легкость в изменении дизайна позволяет быстро адаптироваться к требованиям рынка или потребностям клиентов.

3. Снижение затрат и времени на производство.

Экономия материалов. АП использует только необходимое количество материала, что снижает отходы и затраты на сырье.

Сокращение времени на разработку. Быстрое прототипирование позволяет сократить время от идеи до готового продукта, что особенно важно в конкурентных отраслях.

4. Экологическая устойчивость.

Снижение углеродного следа. Использование новых экологически чистых материалов, таких как биопластики, помогает уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

Энергоэффективность. Аддитивные технологии могут потреблять меньше энергии по сравнению с традиционными методами производства.

5. Расширение возможностей дизайна.

Сложная геометрия. Возможность создавать сложные формы и структуры, которые невозможно произвести с помощью традиционных методов, открывает новые горизонты для дизайнеров и инженеров.

Функциональная интеграция. Возможность объединения нескольких функций в одном изделии (например, конструктивные элементы и функциональные компоненты) может значительно упростить сборку и повысить надежность.

6. Инновации в материалах.

Новые комбинации материалов. Разработка многокомпонентных материалов (например, гибридные полимеры или металлы) позволяет создавать изделия с уникальными свойствами.

Наноматериалы. Использование наноматериалов в АП может значительно улучшить механические и физические свойства конечных изделий.

7. Поддержка исследований и разработок.

Научные исследования. Новые материалы открывают новые направления для исследований в области материаловедения, инженерии и медицины.

Тестирование и прототипирование. АП позволяет быстро создавать прототипы для тестирования новых идей и технологий [6, с. 30-79].

В последние годы АП стало одной из самых перспективных областей в материаловедении и инженерии [7], открывая новые горизонты для разработки инновационных материалов и конструкций. В данной статье были рассмотрены достижения в области новых материалов и конструкций.

Анализ показал, что аддитивные технологии позволяют создавать сложные геометрические формы, которые невозможно реализовать традиционными методами производства. Кроме того, применение новых сплавов и композитов в АП открывает возможности для создания деталей с уникальными свойствами, такими как высокая термостойкость или устойчивость к коррозии.

Тем не менее, остаются определенные вызовы, связанные с процессами печати, такими как контроль качества, серийность и масштабируемость производства. Для дальнейшего развития области необходимо продолжать исследовать взаимодействие между материалами и процессами аддитивного производства, а также активно внедрять полученные результаты в промышленность [6, с. 30-79].

АП с использованием новых материалов и конструкций не только меняет подходы к проектированию и производству, но и способствует созданию более устойчивых и эффективных решений для различных отраслей. Будущее АП обещает быть многообещающим, что требует от исследователей и инженеров активного сотрудничества и интеграции знаний для достижения новых высот в этой быстро развивающейся области.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что новые материалы и конструкции в АП представляют собой важный аспект, способствующий преобразованию традиционных производственных процессов и открывающий новые горизонты для инноваций. Разнообразие материалов и конструкций позволяет адаптироваться к специфическим требованиям различных отраслей, обеспечивая индивидуализацию, оптимизацию ресурсов и снижение затрат. Преимущества, такие как возможность топологической оптимизации и сокращение отходов, делают АП особенно привлекательным для современных промышленных задач.

Новые материалы и конструкции в АП не только повышают эффективность и функциональность изделий, но и способствуют устойчивому развитию промышленности в целом. В дальнейшем ожидается развитие этой области, что приведет к созданию еще более сложных и эффективных решений, отвечающих потребностям современного общества.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Тарасова Т.В. Аддитивное производство: учебное пособие / Т.В. Тарасова. – Москва: Инфра-М, 2019. – 196 с.
2. Холназаров Б.А. Синтез гидрогелей на основе биоматериалов крахмала и натрий-карбоксиметилцеллюлозы / Б.А. Холназаров, Х.Х. Тураев, Ю.Э. Назаров // Universum: химия и биология. – 2020. – № 10 (76). – URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/10769> (дата обращения: 10.11.2024).

3. Аддитивные технологии в медицине: учебное пособие / В.В. Попов, Г.В. Муллер-Камский, С.И. Степанов [и др.]. – Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2023. – 92 с.

4. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении: учебное пособие / М.А. Зленко, А.А. Попович, И.Н. Мутылина. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 223 с.

5. Валетов В.А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы): учебное пособие / В.А. Валетов. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2015. – 63 с.

6. Гибсон Я. Технологии аддитивного производства. Трехмерная печать, быстрое прототипирование и прямое цифровое производство / Я. Гибсон, Д. Розен, Б. Стакер. – Москва: Техносфера, 2022. – 648 с.

7. Сироткин О.С. Современное состояние и перспективы развития аддитивных технологий / О.С. Сироткин //Авиационная промышленность. – 2015. – № 2. – С. 22-25.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Жердева Анастасия Александровна, студентка, Колледж Воронежского института высоких технологий, Воронеж, Россия.

e-mail: anastasia66.akinina@mail.ru