

УДК 631.3

**АНАЛИЗ СПОСОБОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РАЗЛИЧНЫХ
ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ОСНОВАННЫХ
НА ПРИМЕНЕНИИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Сергей Иванович Бабкин

магистрант

BabkinSerj@mail.ru

Алексей Александрович Бахарев

кандидат технических наук, доцент

BakharevAlex@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье рассмотрен анализ случаев изготовления деталей из полимеров при помощи трехмерной печати с применением различных аддитивных технологий. Выявлены наиболее рациональные инструменты и материалы, позволяющие эффективно изготавливать запасные детали из полимеров для сельскохозяйственной техники.

Ключевые слова: печать, деталь, полимер, изготовление.

В устройстве техники для сельского хозяйства используемой в настоящее время все чаще и чаще применяют детали, выполненные из различных полимерных материалов. Эти детали имеют в своей основе большой ряд преимуществ в сравнении с деталями из стандартных металлов. Например, высокая прочность в купе с очень низкой плотностью, стойкость к химическим веществам намного большая чем у стандартных деталей, легкость обработки и доступность. [1, 2]

Цена производства одной детали с применением аддитивных методов в отличии от других технологий не зависит от того крупно или мелко серийное производство, но при этом до сего дня данные способы производства считаются достаточно высокоуровневыми. [3] Из графика хорошо видно, что есть так называемая точка неубыточности, которая возникает в месте пересечения линий обозначающих цены производства деталей аддитивным и традиционным методами. Все что левее этой точки относится к рентабельному производству по аддитивным методам, а именно это достаточно маленький объем стремящийся к единичному изготовлению (рисунок 1).



Рисунок 1 – График варьирования цены производства изделий способами аддитивных технологий в зависимости от количества деталей в партии.

С уверенностью можно сказать, что в дальнейшем эта точка неумолимо будет сдвигаться вправо к большим объемам в основном из-за уменьшения

стоимости оборудования и инструментов. Поэтому большинство экспертов сходятся во мнении, что данные методы в будущем со стопроцентной вероятностью вытеснят технологии, используемые в настоящее время.

Также причиной перехода к аддитивным методам, взамен существующим технологиям может стать то, что детали по своей конструкции и характеристикам становятся все сложнее и сложнее. Ведь если рассматривать аддитивные методы, то цена производства одной детали ни коем образом не зависит от сложности конструкции этой самой детали: 3D-принтеру по факту все равно, что печатать, крупная ли эта деталь сложной геометрии или маленькое изделие простых форм, цена будет варьироваться только от объема используемого материала для производства. [4] А если рассматривать современные технологии, то в таком случае при усложнении детали стоимость ее изготовления будет неуклонно возрастать из-за уменьшения ее технологичности. На графике прекрасно видна точка рентабельности применения аддитивных методов и современных технологий получаемая на пересечении линий показывающих зависимости цены изготовления изделий от сложности деталей (рисунок 2).



Рисунок 2 – График варьирования цены производства изделий аддитивными способами в зависимости от сложности конструкции деталей.

На сегодняшний день разработано достаточное количество способов и сырья для 3D- печати. Среди них для материалов из полимеров наиболее распространены способы SLS, SLA и FDM.

Моделирование методом послойного наплавления

Данный способ (FDM от английского Fused Deposition Modeling – изготовление способом наплавления слой за слоем) заключается в применении 3D- печати, в котором деталь получают нанесением горячего расплавленного полимера слой за слоем через выходное сопло принтера (рисунок 3). Ширина выкладываемого слоя варьируется от 0,3 мм до 2,5 мм, а толщина того же слоя полимера варьируется от 0,15 мм до 1,2 мм. Этот способ в настоящее время вышел на первое место в своем сегменте за счет того что устройства применяемые для его функционирования достаточно просты, а материалы необходимые для изготовления разнообразны и дешевы.

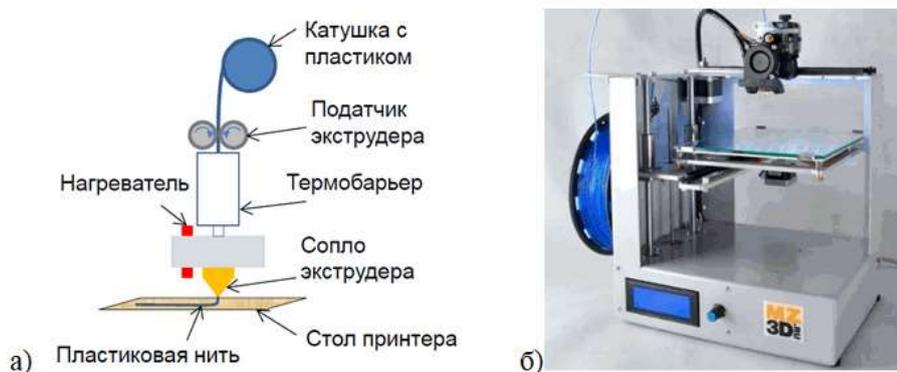


Рисунок 3 – Процесс производства деталей способом FDM-печати (а) и устройство для применения способа FDM-печати (б)

Для печати по данной технологии можно применять почти любые полимеры, становящиеся пластичными при повышении температуры, но следует учесть что больше всего для данного метода подходят полимеры с малой температурой перехода вещества, в состояние называемое вязко-текучим, слабой усадкой и очень хорошими адгезионными свойствами каждого слоя к соседнему.

Также есть возможность применения в качестве материала для печати полимеров специально созданных на основе термопласта из-за их хороших термопластичных характеристик. Исходя из этого самыми распространенными материалами для данного способа стали коротковолокнистые или стеклянные армированные композиты за счет их прочностных характеристик примерно в 2

раза превышающих прочностные характеристики ненаполненных армированными веществами полимеров. Но есть и недостаток при использовании данного материала, а именно износ сопел устройства для нанесения из-за большой абразивности волокнистого вещества.

Прочность печати из термопластов даже может достигать некоторых металлов, залогом такого может быть применение в качестве армирующего вещества непрерывающихся волокон. Разработано два варианта печати с применением таких материалов. В первом используют композитную нить в середину которой заранее вставили нить для упрочнения и все это ограждают нейлоном, АБС-пластиком или другими полимерами на основе термопласта. Но в данной схеме есть недостатки, а именно трудности в производстве таких веществ из-за большой вязкости и следовательно проблемах при смачивании волоконных нитей описанными выше расплавами, что в свою очередь ведет к образованию пузырей и пустот в конечной детали что ухудшает ее механические свойства. Также сама нить используемая в данном процессе в виду большой жесткости тяжело укладываемая в сложные геометрические формы, поэтому производство изделий со сложной геометрией затруднено.

Второй способ был разработан компанией из России под названием Anizoprint (рисунок 4). Согласно данной методики материал для создания матрицы и волокно для армировки доставляются в зону печати отдельно, а в форму для печати лежатся по очереди – послойно.

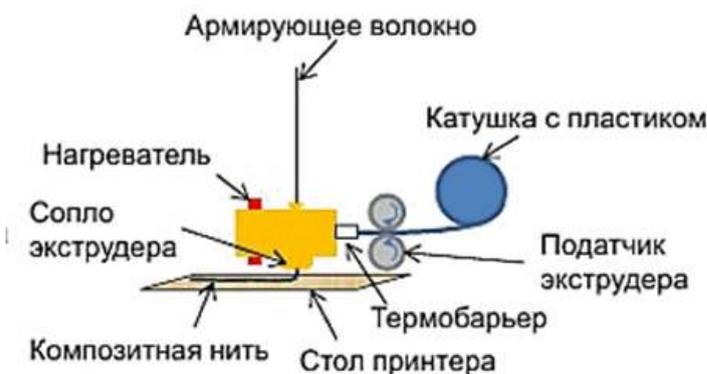


Рисунок 4 – Процесс печати деталей с применением углеродных волокон непрерывным способом

Что бы данная технология полноценно работала нужна подготовка волокна для армировки перед изготовлением детали, точнее пропитать его специальным полимером с улучшенной терморреакцией что позволит повысить адгезию и избежать проблемы с возникающими пустотами. Также для печати по данной технологии требуется не только особое устройство, но специально написанное под устройство программное обеспечение, поэтому этот способ пока что очень дорог для массового использования.

Лазерная стереолитография

Данный способ (SLA от англ. stereolithography – стереолитография) включает в себя нанесение полимера слой за слоем с межслойным этапом по отверждению его с помощью проектора или лазера (рисунок 5). Поэтому для изготовления изделий данным способом необходимо применения специальных полимеров меняющих свои характеристики при контакте с ультрафиолетом – фотополимеры.

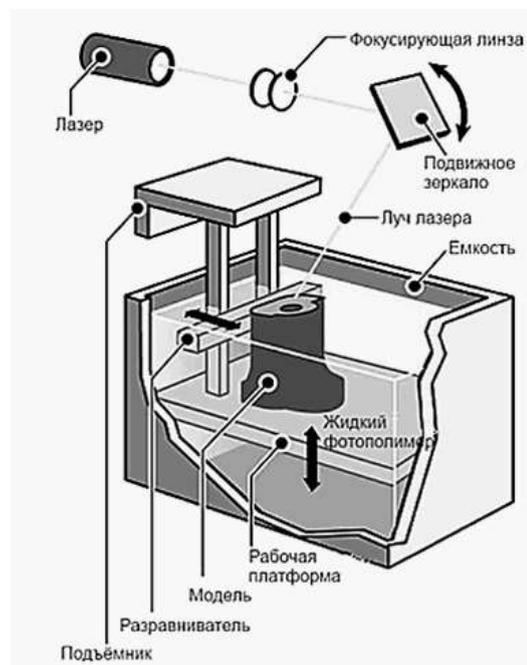


Рисунок 5 – Процесс производства изделий с помощью технологии SLA-печати

Достоинством данного способа в сравнении с вышеперечисленными является возможность изготовления детали с гладкой поверхностью, а также возможность производства мелких изделий и изделий с тонкой стенкой, из-за

того что толщина при производстве по данной технологии может варьироваться 0,03 до 0,15 мм. Недостатком же является дороговизна материала, а также ограниченность применения деталей изготовленных по этой технологии из-за маленькой физической прочности.

Селективное лазерное спекание

Данный способ (SLS от английского Selective Laser Sintering –спекание селективное лазерное) включает в себя нанесение порошкового вещества слой за слоем с межслойным этапом по спеканию его с помощью лазера (рисунок 6).

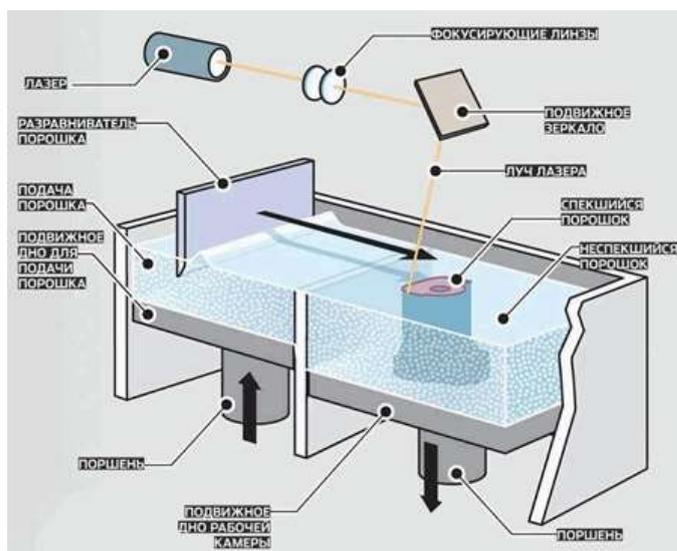


Рисунок 6 – Метод производства деталей по технологии SLS-печати

Достоинствами данной технологии можно считать упрощённый по сравнению FDM и SLA технологиями процесс печати, а также намного большие прочностные характеристики по сравнению с теми же способами, из-за наличия более сильных связей между частицами. В отличие от SLA метода данная технология использует полимеры нормально работающие с повышением температуры, которые в свою очередь мало склонны разрушению по причине хрупкости. Самая маленькая толщина слоя может быть равна 0,05 мм, в следствие чего поверхности изделий получаются очень качественными. К недостаткам этой технологии относится большая цена производства и тяжелые условия труда из-за работы оператора с химически активными летучими порошкообразными материалами.

Список литературы:

1. Дьячков С.В., Бахарев А.А., Урюпин А.А. Применение системы компас-3d для решения научных задач в агроинженерии // Наука и образование. 2019. Т.2. №2. С. 201
2. Борзых Д.А., Бахарев А.А. Пути снижения трудоемкости работ по ремонту двигателей в ремонтных мастерских сельскохозяйственных предприятий // Наука и образование. 2020. Т.3. №4. С. 22
3. Алехин Р.В., Бахарев А.А. Пути повышения эффективности ремонтов автомобильного транспорта // Наука и Образование. 2022. Т. 5. № 3.
4. Бахарев С.А., Бахарев А.А. Повышение эффективности ремонта тормозного цилиндра 2ТЭ116 // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 2.

UDC 631.3

**ANALYSIS OF METHODS FOR THE PRODUCTION OF VARIOUS
PARTS OF AGRICULTURAL MACHINERY BASED ON THE
APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES**

Sergey I. Babkin

Master student

BabkinSerj@mail.ru

Alexey A. Bakharev

candidate of technical sciences, associate professor

BakharevAlex@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. The article considers the analysis of cases of manufacturing parts from polymers using three-dimensional printing using various additive technologies. The most rational tools and materials have been identified that allow efficient production of spare parts from polymers for agricultural machinery.

Key words: printing, detail, polymer, manufacturing.

Статья поступила в редакцию 10.05.2023; одобрена после рецензирования 15.06.2022; принята к публикации 30.06.2023.

The article was submitted 10.05.2023; approved after reviewing 15.06.2022; accepted for publication 30.06.2023.