

УДК 631.3

**О МЕТОДАХ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРОИЗВЕДЕННЫХ ПРИ
ПОМОЩИ ТЕХНОЛОГИИ «СЛОЙ ЗА СЛОЕМ»**

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 способ повышения прочностных характеристик деталей изготовленных из полимеров при помощи технологии «слой за слоем». Описан технологический процесс, необходимые инструменты, а также произведено сравнение данной технологии с другими применяемыми на сегодняшний день.

Ключевые слова: печать, деталь, полимер, изготовление.

Как хорошо видно из предыдущей части больше всего в настоящее время для изготовления изделий из полимера распространен FDM – метод характеризуемый наплавлением материала слой за слоем. Это происходит из-за того что для применения данной технологии не требуется дорогостоящее оборудование, а ассортимент применяемых материалов достаточно широк. При этом главное нишей этого метода является изготовление изделий, не требующих больших прочностных характеристик. [1, 2, 3] Причина этого как уже говорилось выше кроется в недостаточной прочности тех материалов, которые подходят для печати и невозможности применения материалов с хорошими прочностными характеристиками, а также процесс самой технологии, по которой наплавление происходит слой за слоем тем самым ослабляя деталь в поперечной плоскости.

Было проведено много работы для улучшения прочностных характеристик получаемых деталей, все они делятся на три основных направления: обработка изделий после изготовления, совершенствование материалов и совершенствование технологии.

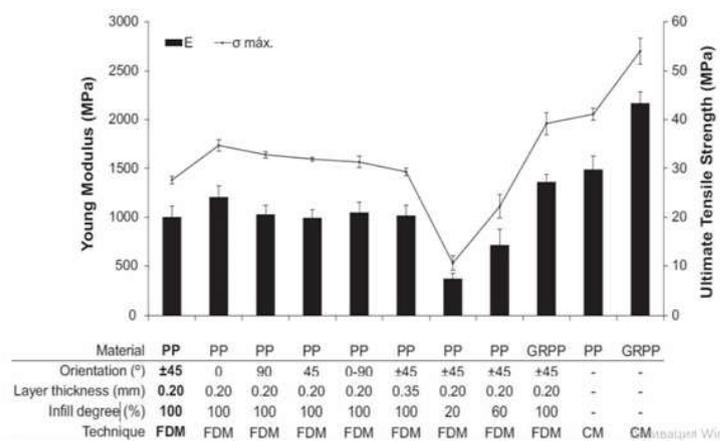


Рисунок 1 – Сравнение характеристик деталей полученных с помощью 3D-печати (ненаполненных и наполненных) с характеристиками деталей полученных традиционными способами.

Совершенствование материалов имеет своей целью разработать специальные полимерные материалы, которые имели бы хорошие прочностные характеристики с одной стороны и были бы применимы в технологиях 3D-

печати с другой. В некоторых трудах для достижения цели пытались использовать дисперсно-наполненные вещества из композитных полимеров, в других же в качестве сырья для печати применяли полипропилен (рисунок 1).

Были изучены два варианта применения полипропилена, в один из которых в качестве армирующего вещества было введено стекловолокно. Вывод получился таким что после операций по подготовке полипропилена с армирующим стекловолокном к печати с помощью принтера, стеклянные волокна сохранили свои свойства, что доказало возможность применения полимеров с армированием для производства деталей технологией FDM.

Совершенствование в технологии заключались в основном в том что бы подобрать самые оптимальные характеристики процессов печати основанных на методе FDM повышающих в итоге прочность полученных изделий. Все труды, выпущенные по совершенствованию технологии аддитивных методов направлены в основном на анализ изменений получаемых при варьировании таких параметров как: в каком направлении накладывается каждый слой; изменение скорости печати; изменение начальной и конечно температуры принимающей платформы; изменение температуры печати и др. [4] К примеру, в одной работе были проведены исследования по зависимости качества и прочностных характеристик получаемых изделий от плотности, с которой происходит заполнение изделия, толщины каждого накладываемого слоя и угла ориентации принтера и накладываемых слоев относительно приемного стола. В другом труде были проведены исследования по влиянию на те же характеристики конечного продукта температуры, как самой печати, так и приемного стола. Все эти исследования проводились с использованием в качестве материала для изготовления этиленвинилацетата (рисунок 2).

После проведения огромного количества исследований коллектив авторов пришел к определенным выводам и сформировал идеи по изменению параметров изготовления деталей с помощью печати и их влиянию на конечные прочностные характеристики изделия. Главным открытием стало то что на прочностные характеристики конечных деталей больше всего оказывает

влияние температура печати. Чуть меньшее влияние оказывает обработка изделия после его печати.

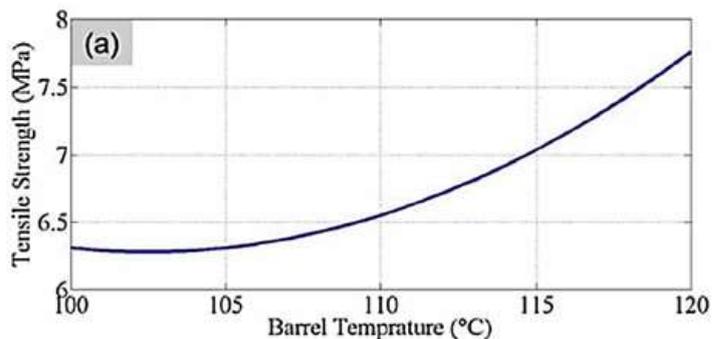


Рисунок 2 – Влияние температуры печати на прочностные характеристики деталей произведенных по FDM-технологии.

В одной из работ был продемонстрирован способ нанесения на различные изделия специальных металлизированных покрытий, толщина которых достаточно сильно варьировалась. Это сильно улучшило, как и внешний вид изделия, так и его прочностные характеристики. Другие ученые для достижения тех же целей применили полировку с помощью специального лазера (рисунок 3). Было выявлено, что такая операция ведет к значительному увеличению адгезии возникающей между самой матрицей и наполнителем, что в свою очередь достаточно сильно повышало прочностные характеристики деталей.

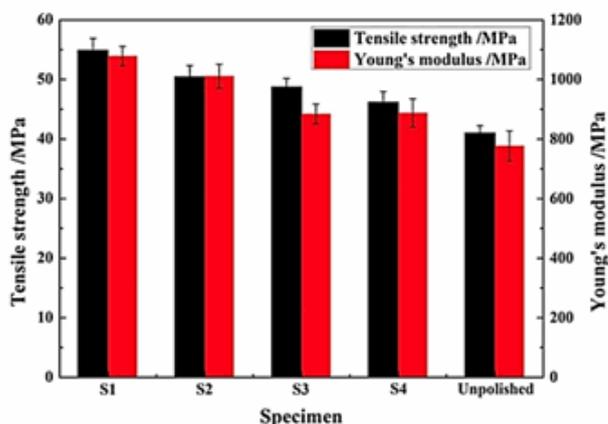


Рисунок 3 – График показывающий сравнительные характеристики деталей не прошедших полировку лазером(Unpolished) и прошедших ее (S1-S4) после изготовления

Также авторами этого труда предлагается другой возможный вариант обработки детали после печати, а именно пропитка изделия в вакууме при помощи специальных полимерных компаундов. Это в теории должно улучшить прочностные характеристики получаемых деталей. Предлагаемый способ очень похож на уже существующий метод вакуумной инфузии, которой широко применяется для производства композитов на основе полимеров и тканых наполнителей. В конечном итоге при применении данного метода в теле детали складывается структура из композита которая включает в себя каркас, из полимера полученный на принтере залитый связующим веществом. При такой технологии изготовления каждый слой изделия прекрасно склеивается с соседним слоем вследствие чего пропадает проблема анизотропии и улучшаются прочностные характеристики. Процесс получения изделий с применением пропитки в вакууме показана на рисунке 4.

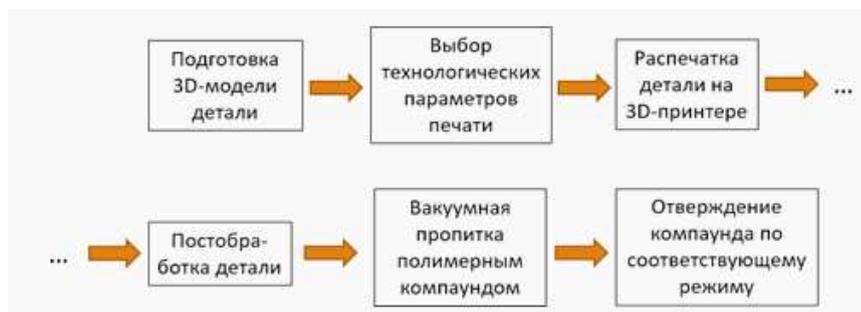
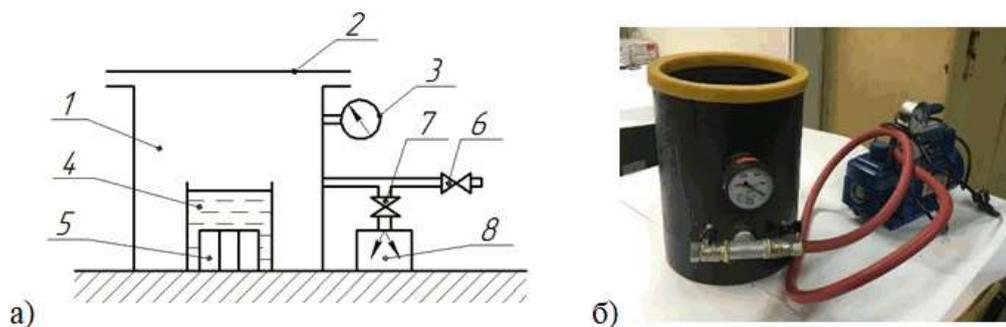


Рисунок 4 – Процесс получения изделий с применением пропитки в вакууме

Сама операция необходимой пропитки должна происходить хорошо только при применении достаточной разницы в давлении между всеми полостями изделия и наружным, действующим на компаунд. Самый лучшим способом производства данной пропитки будет являться пропитка при помощи камеры, в которой создается вакуум (рисунок 5). Такие вакуумные камеры не новы и в больших объемах применяются для освобождения жидких материалов из расплавленного полимера от газов, перед тем как эти материалы будут заливаться в специальные формы. Когда воздух находящийся в камере начинают откачивать, то и воздух находящийся в теле детали тоже начинает стремиться выйти наружу. Когда же воздух закачивается обратно в камеру, но

место пустот в деталях образовавшееся после удаления воздуха стремится занять компаунд. После завершения процесса, изделия достаются из жидкости и убираются для отверждения [5,6].



1 – емкость; 2 – крышка; 3 – прибор для измерения давления; 4 – полимер; 5 – деталь которую необходимо пропитать; 6 – клапан для впуска воздуха; 7 – клапан для выпуска воздуха; 8 – насос

*Рисунок 5 – Процесс пропитки изделия из полимера жидким компаундом (а)
устройство для создания вакуума используемое в процессе пропитки (б)*

Данный способ можно взять за основу и на его базе разработать более точные и понятные операционные карты и маршрутные карты необходимые для производства изделий из полимерных материалов подходящих для ремонта различного оборудования и всевозможной с/х техники. Естественно для осуществления производства предварительно необходимо получить оптимальные геометрические параметры изделий и режимы при которых будет происходить пропитка которые будут давать наилучшие прочностные характеристики получаемых деталей.

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. Борzych 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.
5. Метод расчета установок инфракрасной обработки полимерных покрытий при восстановлении корпусных деталей автотракторной техники / Р. И. Ли, Ю. Н. Ризаева, А. Н. Быконя [и др.] // Наука в центральной России. 2022. № 5(59). С.110-119. – DOI 10.35887/2305-2538-2022-5-110-119. – EDN YSKYLX.
6. Математическая модель терморadiационной обработки полимерных покрытий при восстановлении корпусных деталей автомобилей / Р. И. Ли, Д. Н. Псарев, А. Н. Быконя, М. Р. Киба // Клеи. Герметики. Технологии. 2021. № 2. С. 29-35. – DOI 10.31044/1813-7008-2021-0-2-29-35. – EDN LICTVO.

UDC 631.3

ON METHODS FOR INCREASING THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF PARTS FROM POLYMER MATERIALS PRODUCED USING THE LAYER BY LAYER TECHNOLOGY

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 discusses a way to improve the strength characteristics of parts made of polymers using the "layer by layer" technology. The technological process, the necessary tools are described, as well as a comparison of this technology with others used today.

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.