

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Хаширова Азамата Аскеровича на тему «Влияние технологических режимов FDM-печати на свойства изделий из полифениленсульфона и его композита с дискретным углеродным волокном», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 02.00.06 -высокомолекулярные соединения

Актуальность темы диссертации. Внедрение аддитивных технологий диктуется сегодня потребностями высокотехнологических производств. Аддитивные технологии позволяют в короткие сроки изготавливать сложные изделия, обеспечивая при этом существенную экономию трудозатрат и материалов.

Вместе с тем, расширение спектра и повышение эффективности применений 3D-печати требуют исследования процессов переработки полимерных материалов, лежащих в основе конкретных аддитивных технологий. Проведение исследований в этой области позволит обеспечить научно-технический задел для удовлетворения растущей потребности в реализации преимуществ современных аддитивных технологий в различных отраслях промышленности.

Перспективным является также практический и научный поиск оптимальной технологии 3D-печати на таком конкретном и практически важном примере, как полифениленсульфон и композитный материал на его основе. Доля мирового потребления полифениленсульфона и композитов на его основе в автомобилестроении, авиакосмической индустрии, электротехнике, машиностроении, медицине с каждым годом увеличивается, а их внедрение в аддитивные технологии весьма активизирует интерес исследователей к этому классу конструкционных полимеров.

В связи с этим актуальность диссертационной работы Хаширова А.А., посвященная исследованию и установлению закономерностей влияния технологических параметров 3D печати методом FDM на физико-механические свойства напечатанных образцов из полифениленсульфона и угленаполненного композита на его основе, сомнений не вызывает.

Доказательством актуальности проведенных исследований служит и то, что диссертационная работа проведена в рамках реализации ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям научно-

технологического комплекса России на 2014-2020 годы», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 28 ноября 2013 г. №1096 (соглашение № 14.577.21.0278).

Новизна проведенных исследований и полученных результатов заключается в получении новых знаний о влиянии широкого спектра параметров печати на физико-механические свойства образцов из полифениленсульфона и угленаполненного композита на его основе и выявление закономерностей изменения их свойств в зависимости от технологических параметров 3D печати, найденных условиях достижения свойств литевых изделий для напечатанных образцов; обнаружении и объяснении отличительных особенностей печати полифениленсульфона и его угленаполненного композита и выявлении параметров, определяющих формирование свойств 3D изделий из композитных материалов с дискретными углеволокнами. Приоритет разработок автора в данной области подтверждается 2 патентами на изобретение.

Диссертация Хаширова А.А. построена по классической схеме и состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы, насчитывающего 127 ссылок и приложения, в котором приведен акт внедрения. Работа изложена на 124 страницах, включает 64 рисунка и 15 таблиц.

Материалы диссертации изложены в 7 печатных работах, представленных в рецензируемых журналах.

Во введении обоснованы цель и задачи исследования, его актуальность и степень разработанности темы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационной работы.

В первой главе представлен обзор литературы, включающий четыре раздела. Обзор выполнен на основе анализа 127 литературных источников в основном зарубежных авторов. В данной главе подробно изложены литературные данные о технологиях 3D-печати. Обобщены и систематизированы данные о применении в 3D-печати полимеров и композиционных материалов на их основе, при этом основной акцент сделан на суперконструкционные полимеры. Рассматриваются известные данные о влиянии режимов печати на свойства формирующихся 3D изделий. Обзор завершается обоснованием задачи диссертационного исследования.

Вторая глава является экспериментальной частью, которая содержит описание объектов, методик получения композита и филаментов, методов исследования напечатанных и литевых изделий. Рассмотрение данной главы показывает, серьезное отношение автора к экспериментальной части работы, особенно это проявляется при подробном описании режимов и особенностей 3D-печати, а привлечение для изучения влияния режимов печати на свойства

полифениленсульфона и композита на его основе современных и информативных методов исследования является убедительным фактом свидетельства достоверности полученных результатов.

Основные результаты работы, защищаемые соискателем, представлены в третьей главе, которая разбита на четыре раздела, логически связанных между собой. Следует отметить четкость логического построения каждого раздела обсуждения результатов: от изучения особенностей укладки нитей при печати к свойствам литевых образцов на основе полифениленсульфона, затем напечатанных материалов и далее сравнение с композитным материалом.

В первом ее разделе показано, что продольный режим и режим со смещением наиболее эффективно влияют на повышение физико-механических свойств напечатанных изделий. Так как в FDM-методе отсутствует давление на расплав физико-механические свойства изделий определяются в основном качеством сцепления слоев полимера в образце. Здесь, автором для повышения сцепления полимерных слоев применен оригинальный подход – печать со смещением, которая позволила повысить плотность образцов и, соответственно, их механические свойства.

Полученные результаты в данном разделе работы результаты позволили установить особенности изменения поведения материала при печати в зависимости от присутствия дискретных углеродных волокон, что, по мнению автора, нашло отражение в свойствах напечатанных образцов. С использованием сочетания методов газовой хроматографии электронной микроскопии, измерения плотности образцов автор выявил причины слияния растров при печати композита и недостижимость свойств литевых образцов для угленаполненного полимера. При этом для ненаполненного полифениленсульфона соискателю путем вариации режимов печати удалось получить образцы не уступающие и даже превышающие по свойствам литевые. Считаю это важным и практически ценным достижением.

Уже во втором разделе главы 3 автор, изучив влияние на свойства напечатанных образцов межрастровых зазоров и учитывая оптимальные режимы, выявленные в первой части работы, уже получил образцы значительно превосходящие по свойствам литевые для ненаполненного полифениленсульфона. При этом интересен обнаруженный факт, что при максимальном сплавлении жесткость ненаполненного полифениленсульфона не зависит от ориентации растров, однако для композита наблюдается существенная разница – модуль изгиба при ориентации 0° выше на 34 % модуля при ориентации $+45/-45^\circ$. Сравнивая особенности печати наполненного и ненаполненного полифениленсульфона автор находит

объяснение обнаруженным явлениям. Хочется отметить, что несмотря на обширный объем экспериментальных данных, автор старался систематизировать полученные результаты на каждом этапе работы.

В последующих двух разделах 3.3. и 3.4., представлены результаты исследования высоты слоя, ширины растра и степени внутреннего заполнения на свойства напечатанных изделий. Установлены оптимальная высота слоя и ширина растра для достижения максимальных физико-механических характеристик напечатанных образцов.

Автор не ограничился полученными положительными результатами по выявлению оптимальных режимов печати, а исследовал также возможность снижения стоимости 3D-изделий. Результаты детального исследования влияния внутреннего заполнения образцов при печати с варьированием различных параметров сетки показали их перспективность для экономии материала при печати, облегчения изделия, сокращения времени печати.

Выявленные в работе закономерности могут послужить основой управления FDM-технологией для получения 3D-изделий с направленно регулируемыми свойствами.

К несомненным достоинствам работы следует отнести то, что по каждому разделу третьей главы автором представлены четкие выводы, кратко обобщающие материалы раздела и подводящие итог проделанной работы.

Результаты исследований, представленные в рассматриваемой диссертационной работе, являются базой для дальнейшего развития материаловедения и практики применения полимерных материалов в аддитивных технологиях. Практическая значимость работы заключается в определении оптимальных режимов 3D-печати полифениленсульфона и его угленасыщенного композита для получения 3D-изделий с улучшенным комплексом свойств, а в случае ненаполненного полифениленсульфона не уступающего и превышающего литьевые образцы. Полученные результаты могут внести значимый вклад в формирование новых ГОСТов на изделия, изготовленные на 3D-принтерах и стать руководством для инженеров при проектировании и оптимизировании конструкции из полимерных материалов, для изготовления их методом 3D печати.

В заключении сформулированы основные итоги исследования. Достоверность полученных в работе результатов и сделанных выводов обеспечена использованием комплекса современных взаимодополняющих методов исследования с соответствующей обработкой экспериментальных данных. Материалы работы докладывались и обсуждались на российских и международных конференциях.

Автореферат диссертационной работы и опубликованные автором статьи полностью отражают содержание диссертационной работы.

Диссертационная работа имеет логическое изложение материала, написана доступным языком.

Анализ объема и содержания рецензируемой работы позволяет сделать вывод, что весь комплекс полученных результатов является важным, имеет фундаментальный характер и обеспечивает научную новизну работы.

Вышесказанное, несомненно, можно отнести к достоинствам работы.

В качестве замечания к работе следует отметить:

1. Неясно, в связи с чем при увеличении ширины контура до 0,8 мм фактический межрастровый зазор становится больше, образуя слабое боковое сцепление между растрами, если при меньших значениях ширины растра зазор -0,0508 мм обеспечивает качественное боковое сцепление.

2. Хотелось бы видеть описание механизмов, объясняющих почему при сетчатом заполнении сохраняются упруго-прочностные свойства образцов по сравнению с режимом 45/45 вне зависимости от размера сетки.

3. Интересно было бы изучить влияние концентрации углеродного волокна на свойства напечатанных образцов.

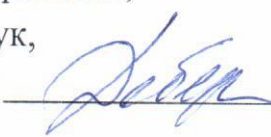
4. В работе утверждается, что некоторые напечатанные образцы превосходят свойства литевых, однако в приведенных таблицах видно, что все напечатанные образцы имеют более низкий модуль упругости при растяжении.

Сделанные замечания не снижают высокий уровень диссертационной работы и носят, отчасти, характер пожелания, которые автор может учесть в последующей работе.

Диссертация соответствует паспорту специальности 02.00.06 в пунктах 8. Усовершенствование существующих и разработка новых методов изучения строения, физико-химических свойств полимеров в конденсированном состоянии и других свойств, связанных с условиями их эксплуатации и 10. Решение технологических и экологических задач, связанных с первичной и вторичной переработкой полимерных материалов в отрасли химических наук.

Считаю, что диссертационная работа «Влияние технологических режимов FDM-печати на свойства изделий из полифениленсульфона и его композита с дискретным углеродным волокном» представляет собой научно-квалификационную работу, по своему объему, научному уровню и конкретным практическим результатам отвечает требованиям п. 9 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24

сентября 2013 года, № 842, а ее автор Хаширов Азамат Аскерович, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 02.00.06 – высокомолекулярные соединения.

Официальный оппонент,
заведующий кафедрой технологии переработки
полимеров и композиционных материалов ФГБОУ ВО
«Казанский национальный исследовательский
технологический университет»,
доктор технических наук,
профессор  Дебердеев Тимур Рустамович

Контактная информация:
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский национальный исследовательский
технологический университет»
420015, Российская Федерация, Республика Татарстан, Казань, ул.К.Маркса,
68

E-mail: deberdeev@mail.ru
Тел.: +7 (843) 231-41-56;
+7-987-2314249

Подпись 

удостоверяется.

Начальник ФГБОУ ВО «


«04» 12 О.А.

