

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(Минобрнауки России)
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кабардино-Балкарский государственный университет
им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)**

ул. Чернышевского, 173, Нальчик, КБР, 360004. Тел./факс (8-8662) 42-52-54
E-mail: yka@kbsu.ru ОКПО 02069510, ОГРН 1020700739234, ИНН 0711037537, КПП 072501001

УТВЕРЖДАЮ

Проректор ФГБОУ ВО

**«Кабардино-Балкарский государственный
университет им. Х.М. Бербекова»**

В.Н. Лесев

« 4 » _____ 2019 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет
им. Х.М. Бербекова»

Диссертационная работа Хаширова А.А. на тему: «Влияние технологических режимов FDM-печати на свойства изделий из полифениленсульфона и его композита с дискретным углеродным волокном» выполнена в Центре прогрессивных материалов и аддитивных технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова».

В период подготовки диссертации соискатель, Хаширов Азамат Аскерович, работал в Кабардино-Балкарском государственном университете им. Х.М. Бербекова в должности младшего научного сотрудника центра про-

грессивных материалов и аддитивных технологий.

В 2015 году Хаширов А.А. окончил бакалавриат Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, химический факультет по направлению «Химическая технология». В 2015 году поступил в магистратуру по направлению «Химическая технология». В 2017 году окончил магистратуру Кабардино-Балкарского государственного университета. В 2017 году поступил в аспирантуру по специальности 02.00.06 - высокомолекулярные соединения.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов по направлению 04.06.01 химические науки по специальности 02.00.06 – высокомолекулярные соединения выдана 30 августа 2019 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова».

Научный руководитель – Хаширова Светлана Юрьевна, доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой органической химии и высокомолекулярных соединений Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертационная работа посвящена установлению общих закономерностей влияния технологических параметров 3D-печати методом FDM на физико-механические свойства напечатанных образцов из полифениленсульфона и угленаполненного композита на его основе для направленного регулирования их свойств и выявление оптимальных режимов, обеспечивающих получение 3D-изделий с повышенным эксплуатационным ресурсом.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- исследование влияния углов укладки (ориентации) нитей при печати на физико-механические свойства напечатанных образцов из полифениленсульфона и угленаполненного композита на его основе;
- изучение комплексного влияния межрастрового зазора и ориентации нитей на физико-механические свойства напечатанных образцов из полифениленсульфона и угленаполненного композита на его основе;

- выявление зависимости физико-механических свойств напечатанных образцов из полифениленсульфона и угленаполненного композита на его основе от высоты слоя и ширины нити при различных углах укладки;
- исследование физико-механических свойств образцов из полифениленсульфона и угленаполненного композита на его основе, напечатанных с сетчатым заполнением;
- выявление закономерностей и особенностей печати полифениленсульфона и угленаполненного композита на его основе.

Личное участие автора в получении научных результатов

Автором лично проведен весь объем исследований, ему принадлежит основная роль в разработке стратегии и тактики выполнения работы, интерпретации полученных результатов и в формулировке выводов данной работы. Соавторы опубликованных по теме диссертации работ принимали участие в обсуждении результатов.

Степень достоверности результатов проведенных исследований обеспечивается надежностью использованных современных методов исследования, тщательностью проведения эксперимента, воспроизводимостью полученных данных, обсуждением основных результатов работы на российских и международных конференциях и их публикацией в рецензируемых научных журналах.

Научная новизна работы

В диссертации **впервые:**

- выявлены общие закономерности изменения физико-механических свойств высокотемпературного термопласта полифениленсульфона и угленаполненного композита на его основе в зависимости от технологических параметров 3D-печати и показана принципиальная возможность достижения свойств литевых изделий для напечатанных образцов;
- определены закономерности изменения физико-механических свойств напечатанных образцов из полифениленсульфона и угленаполненного композита на его основе в зависимости от направления печати, межрастрового зазора и размеров растров образцов;

- выявлено влияние сдвигового режима печати на основные физико-механические свойства образцов из полифениленсульфона и угленаполненного композита на его основе;

- установлено влияние размеров сетки при печати с сетчатым заполнением на основные физико-механические свойства образцов из полифениленсульфона и угленаполненного композита на его основе и показана возможность значительной экономии материала при сохранении требуемых свойств;

- выявлены отличительные особенности печати полифениленсульфона и его угленаполненного композита и дополнительные параметры, определяющие формирование свойств 3D-изделий из композитных материалов с дискретными углеволокнами;

- установлены режимы печати, позволяющие напечатанным образцам не уступать по свойствам литьевым.

Практическая значимость

Выявленные закономерности изменения физико-механических характеристик полифениленсульфона и его угленаполненного композита в зависимости от параметров печати позволяют решить очень важную проблему получения 3D-изделий с заданными свойствами с учетом их назначения и направления испытываемых нагрузок и одновременно содействовать дальнейшему развитию новой прогрессивной отрасли аддитивных технологий. Найденные особенности регулирования свойств изделий с сетчатым заполнением открывают возможности значительной экономии материала и, соответственно, снижения себестоимости 3D-изделий с сохранением требуемых характеристик.

Полученные результаты могут служить методологической основой для формирования новых ГОСТов на изделия, изготовленные на 3D-принтерах, и руководством для инженеров при проектировании и оптимизировании конструкции из полимерных материалов, для изготовления их методом 3D-печати. Выявленные оптимальные режимы FDM печати успешно использованы при аддитивном изготовлении изделий сложной геометрии в ООО «Инженерный центр «Апрель»», г. Москва.

Диссертационная работа выполнена 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). Идентификатор проекта RFMEFI57717X0278.

Список опубликованных работ, подтверждающих новизну полученных результатов, насчитывает 10 печатных работ, из них 3 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, в наукометрических базах данных Web of Science и Scopus зарегистрировано 3 публикации. Имеется 2 патента РФ.

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Хаширов А.А. Исследование влияния наполнителей различной природы на свойства полисульфонов и определение возможности применения композитов на их основе в 3D-печати / А.Л. Слонов, А.А. Жанситов, И.В. Мусов, Е.В. Ржевская, Д.М. Хакулова, А.А. Хаширов, С.Ю. Хаширова // Пластические массы. – 2018. – № 7-8. – С. 34 -37.
2. Хаширов А.А. Исследование влияния вязкости расплава, концентрации, длины волокнистых наполнителей и кратности экструдирования на пористость нитей для 3D печати / И.В. Мусов, А.А. Хаширов, А.Л. Слонов, Ш.А. Афаунов, А.Ф. Тлупов, Х.В. Мусов, А.А. Жанситов, С.Ю. Хаширова // Известия Кабардино-Балкарского государственного университета. – 2018. – Т. VIII. – № 4. – С. 48-53.
3. Хаширов А.А. Исследование 3D-печати композиционных материалов на основе полифениленсульфона с углеродными и стеклянными волокнами / А.А. Хаширов, И.В. Мусов, А.Л. Слонов, Е.В. Ржевская, А.А. Жанситов, С.Ю. Хаширова // Известия Кабардино-Балкарского государственного университета – 2018. – Т. VIII. – № 4. – С. 57-62.

Публикации в изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus

1. Khashirov A.A. Development of technology of polysulfone production for 3D-printing / A.A.Zhansitov, S.Yu.Khashirova, A.L.Slonov, Zh.I.Kurdanova,

A.S.Shabaev, A.A.Khashirov, A.K.Mikitaev // High Performance Polymers. – 2017. – V. 29 – № 6 – P. 724-729.

2. Khashirov A.A. The Influence of the 3D printing technology on the physical and mechanical properties of polyphenylene sulfone / A.L.Slonov, A.A.Khashirov, A.A.Zhansitov, E.V.Rzhevskaya, S.Yu.Khashirova // Rapid Prototyping Journal. – 2018. – V. 24. – № 7. – P. 1124-1130.

3. Khashirov A.A. Mechanical Properties of Samples of Polyphenylene Sulfone Obtained by the 3D-Printing Method / A.L.Slonov, A.A.Khashirov, A.A.Zhansitov, E.V.Rzhevskaya, I.V.Musov, S.Yu.Khashirova // Materials Science Forum. – 2018. – V. 935. – P. 21-26.

Основные результаты работы доложены и обсуждены на международном симпозиуме “Поликонденсация-2016” (Москва, Санкт-Петербург, 2016 г.); XIV международной научно-практической конференции “Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения” (г. Нальчик, 2018 г.); IV Международной конференции “Современные тенденции развития химии и технологии полимерных материалов” (г. Санкт-Петербург, 2018 г.); III Всероссийской научно-технической конференции “Полимерные композиционные материалы и производственные технологии нового поколения” (г. Москва, 2018 г.); 14-й Международной конференции молодых ученых “Modern Problems of Polymer Science” (г. Санкт-Петербург, 2018 г.); XV международной научно-практической конференции “Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения” (г. Нальчик, 2019 г.); XXI Менделеевском съезде по общей и прикладной химии (г. Санкт-Петербург, 2019 г.).

Диссертационное исследование «Влияние технологических режимов FDM-печати на свойства изделий из полифениленсульфона и его композита с дискретным углеродным волокном» представляет собой научно-квалификационную работу и соответствует требованиям, установленным для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (ч. II «Положения о присуждении ученых степеней» утв. постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842). Тема и содержание диссертации соответствуют пас-

порту специальности 02.00.06 – высокомолекулярные соединения (п. 8. Усовершенствование существующих и разработка новых методов изучения строения, физико-химических свойств полимеров в конденсированном состоянии и других свойств, связанных с условиями их эксплуатации. п. 10. Решение технологических и экологических задач, связанных с первичной и вторичной переработкой полимерных материалов).

Диссертация «Влияние технологических режимов FDM-печати на свойства изделий из полифениленсульфона и его композита с дискретным углеродным волокном» Хаширова Азамата Аскеровича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 02.00.06 – высокомолекулярные соединения.

Заключение обсуждено и принято на открытом научном семинаре Центра прогрессивных материалов и аддитивных технологий КБГУ. Присутствовало на заседании 36 чел. Результаты голосования: «за» - 36 чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет, протокол № 1 от «02» октября 2019 г.

Руководитель семинара,
д.х.н., профессор
старший научный сотрудник
Центра прогрессивных материалов
и аддитивных технологий

А.А. Беев