

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

д.т.н. Трофимова Александра Николаевича

на диссертацию Курносова Артема Олеговича на тему «Стеклопластик на основе расплавленного полиимидного связующего полимеризационного типа для деталей авиационной техники с повышенной надежностью эксплуатации при температурах до 320 °С», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – «Материаловедение»

Актуальность темы.

Одним из критериев развития экономики страны, определяющим уровень ее инноватики и конкурентоспособности, является производство полимерных композиционных материалов (ПКМ), которые находят широкое применение в изделиях аэрокосмической техники. В частности, это достигается увеличением рабочей температуры ПКМ, что позволяет внедрять данные материалы в теплонагруженные элементы конструкций.

Учитывая высокие требования, предъявляемые к изготовлению панелей газогенератора перспективного двухконтурного двигателя ПД-35, необходимы полимерные композиционные материалы, устойчивые к температурам до 320 °С, при этом изделия должны обеспечивать упруго-прочностные характеристики и иметь минимальную пористость. Тем самым ПКМ представляют собой достаточно сложный объект как для проектирования составов, так и для производства изделий на их основе.

Автор рассматриваемой диссертации, Курносов Артем Олегович, на хорошем квалификационном уровне справился с этой задачей, применив при постановке и выполнении работы методологию направленного структурообразования, в основе которой: научно-обоснованный выбор исходного компонента в виде расплавленного полиимидного связующего, имеющий наибольшее распространение для получения стеклопластиков с повышенной температуростойкостью; разработка технологии формования стеклопластика работоспособного при температурах до 320 °С; исследование микроструктуры и физико-механических характеристик, а так же влияния

внешних воздействующих факторов на структуру и сохранность свойств стеклопластиков.

Поэтому, диссертационная работа Курносова Артема Олеговича, направленная на разработку стеклопластика, обладающего пониженной пористостью, улучшенными упруго-прочностными характеристиками и работоспособностью при температурах до 320°C являются **актуальной** научно-технической задачей.

Суть вышесказанного отражена в формулировке **цель работы** - разработка и исследование свойств стеклопластика на основе расплавного полиимидного связующего полимеризационного типа для деталей авиационной техники с повышенной надежностью эксплуатации при температурах до 320 °С.

Все поставленные задачи решены автором на высоком уровне с использованием современных стандартизованных методики при проведении экспериментов, и отражены в пунктах **научной новизны**:

- Экспериментально установлены и научно обоснованы оптимальные технологические параметры формования стеклопластика на основе полиимидного связующего полимеризационного типа. Показано, что при подаче избыточного давления при температуре свыше 240 °С обеспечивается равномерная микроструктура полимерной матрицы, с высоким уровнем физико-механических свойств стеклопластика в широком диапазоне температур (от 20 до 320 °С), а дополнительная термообработка стеклопластика в течение 4 часов при температуре 320 °С способствует повышению температуры стеклования с 316 до 356 °С.

- Впервые показано, что стеклопластик на основе полиимидного связующего полимеризационного типа, вследствие высокотемпературной полимеризации линейных олигоимидов по ненасыщенным концевым группам с образованием сетчатого полиимида без выделения летучих продуктов, обладает в 2 раза меньшей пористостью, в 1,5 раза меньшим водопоглощением, а также более высоким (до 30 %) уровнем механических

характеристик по сравнению с серийно применяемым стеклопластиком на основе полиимидного связующего поликонденсационного типа.

- Впервые исследовано влияние внешних воздействующих факторов на микроструктуру и физико-механические характеристики стеклопластика на основе полиимидного связующего полимеризационного типа. По результатам анализа проведенных исследований, подтверждена возможность применения стеклопластика ВПС-72 в условиях повышенных температур (до 320 °С) и относительной влажности.

Практическая значимость работы не вызывает сомнений и заключается в том, что определены оптимальные температурно-временные и реологические параметры переработки полиимидного связующего полимеризационного типа обеспечивающие прецизионный характер нанесения связующего на армирующий наполнитель, в разработке и внедрении состава, технологии изготовления стеклопластиков марки ВПС-72, оформлена нормативная документация, а также проведена апробация стеклопластика ВПС-72 в условиях промышленного производства предприятий авиационно-космической отрасли.

Достоверность работы подтверждена 8-ми публикациями результатов в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка используемой литературы из 117 источников и приложения. Диссертация изложена на 144 страницах машинописного текста, содержит 48 рисунков и 26 таблиц. Методология современна, включает использование широкого спектра высококласных приборов, отличается хорошей логикой изложения.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Все главы диссертации по содержанию соответствуют своим названиям, материал хорошо структурирован и логично изложен. Экспериментальные данные наглядно представлены в виде рисунков и информативных таблиц. Все разделы диссертации содержат постановку проблемы, ее

экспериментальное решение и теоретическое обоснование, а также краткие выводы.

Автореферат диссертации и печатные труды полностью отражают положения и результаты диссертационной работы Курносова Артема Олеговича.

Вместе с тем по работе есть несколько вопросов и замечаний:

1. Выбранный автором параметр управления технологическим процессом – момент подачи давления формования как функции от температуры, опирается на механизм полимеризации полиимидного связующего.

Логичность такого подхода очень убедительно подтверждена исследованиями структуры полученных образцов армированного полимерного композиционного материала. Результаты всех примененных автором методов исследования демонстрируют высокое качество полученного композиционного материала, и очень хорошее совмещение армирующего материала и полимерной матрицы. Безусловно, такие высокие характеристики достигнуты благодаря правильному выбору состояния связующего в момент приложения давления формования, т.е. его вязкости и степени превращения.

Процесс изготовления образцов, наверняка, характеризовался малыми градиентами температур по объему образца, или что, то же самое, высокой однородностью температурных полей. Тем самым, такие параметры как момент приложения давления и температура образца четко определены для всего изделия и могут быть связаны между собой довольно однозначно.

Но в случае изготовления реальных изделий, более сложной геометрии или имеющих неравномерную толщину, такая однозначность указанной связи исчезает, так как в любой момент времени, в том числе и в момент приложения давления, разные части изделия могут иметь разные значения температуры, разные вязкости и степени превращения связующего, не позволяя достигать поставленной цели в некоторых местах изделия.

Поставленная автором в работе задача, в ее материаловедческом аспекте, безусловно выполнена, но для использования материала в промышленном

производстве может потребоваться проведение реокинетических исследований связующего при температуре приложения давления формования, аналогичные тем, которые автор провел в температурном диапазоне изготовления препрега. Это позволит оценить допуски на точность исполнения технологических параметров процесса формования изделий из данного материала.

2. В работе делается акцент на уникальных высоких термических характеристиках полиимидного полимера, в то же время, такой вспомогательный материал как вакуумная пленка для автоклавного формования, как само собой разумеющееся, выдерживает и давление более 10 атмосфер и температуру свыше 300 °С, интересно, что это за материал.

3. Было бы интересно изготовить препрег на основе расплавленного полиимидного связующего полимеризационного типа на других видах стекла.

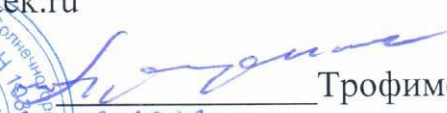
В целом, указанные замечания и поставленные вопросы не снижают положительного впечатления о работе Курносова А.О., которая по своему объему, научной новизне, практической значимости соответствует уровню и требованиям к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – «Материаловедение».

Заключение

Диссертационная работа Курносова Артема Олеговича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой с применением научно-обоснованного подхода, разработан стеклопластик ВПС-72 и получены результаты опробования в ПАО НПО «Наука» и ОКБ Сухого ПАО «ОАК» свидетельствуют о перспективности применения разработанного в составе теплонагруженных элементов конструкций изделий авиационной и специальной техники, что имеет важные конструкционные значения и преимущества перед ранее разработанными материалами с указанием области применения.

По актуальности, научной новизне, практической значимости, полученным результатам и выводам диссертационная работа Курносова Артема Олеговича на тему «Стеклопластик на основе расплавленного полиимидного связующего полимеризационного типа для деталей авиационной техники с повышенной надежностью эксплуатации при температурах до 320 °С» соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 ВАК РФ к кандидатам диссертациям, а ее автор Курносова Артема Олеговича заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности специальности 2.6.17 – «Материаловедение».

Официальный оппонент,
генеральный директор АО НПО «Стеклопластик»,
доктор технических наук (специальность
05.17.06 – Технология и переработка
полимеров и композитов)
e-mail: a.trofimov@npostek.ru
тел. +7(985)760-65-66


Трофимов Александр Николаевич

Подпись А.Н. Трофимова заверяю:


начальник отдела кадров

Петрухненко Татьяна Викторовна

30.08.2023

Контактная информация:

Россия, 141551, Московская обл., г. Солнечногорск, р. п. Андреевка, к. 3А

e-mail: info@npostek.ru

тел. +7(495)536-06-94

сайт: <https://npo-stekloplastic.ru/>