

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Вевериса Алниса Александровича
«Структура и свойства термопластичного углепластика
с дисперсно-упрочнённой полиэфирсульфон-полиэфиримидной матрицей»,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 2.6.17 – Материаловедение

Диссертационная работа Вевериса Алниса Александровича нацелена на создание нового конструкционного композиционного материала на основе углеродных волокон и термопластичной матрицы из смеси полиэфирсульфона (ПЭСФ) и полиэфиримида (ПЭИ). Актуальность выбранного направления обоснована автором как решение проблемы дороговизны и малых объёмов локализованного производства полиэфирэфиркетона (ПЭЭК), широко внедрённого за рубежом в составе термопластичных композитов в элементы авиационной и аэрокосмической техники. Предложенное автором решение состоит в замене ПЭЭК на менее химически стойкие полимеры с меньшей стоимостью, такие, как полиэфирсульфон (ПЭСФ) и полиэфиримид (ПЭИ), в частности, за счёт подхода образования бинарных смесей указанных термопластов с получением дисперсной микроструктуры. Выбранный подход широко применяется для создания литевых смесей, но для формирования матрицы в термопластичных композитах известен мало.

Автором проведен комплекс исследований смесей ПЭСФ-ПЭИ, полученных смешением растворов полимеров в общем растворителе (N-метилпирролидоне), в результате которого экспериментально охарактеризована их микроструктура и свойства, и определены оптимальные с точки зрения характеристик компонентные составы смесей. Так, для смесей с массовой долей ПЭИ в интервалах 0-10 % и 90-100 % автором отмечено достижение мелкодисперсной и устойчивой во времени микроструктуры смесей с размером фаз менее 10 мкм. Эффективность применения таких смесей как матриц для получения термопластичных углепластиков подтверждена на микроуровне испытаниями образцов на определение межфазной сдвиговой прочности, которые показали, что смеси ПЭСФ-ПЭИ позволяют достичь значений адгезионной прочности на границе с углеродным волокном, не уступающих другим высокотемпературным термопластам и эпоксидным связующим «препрегового» класса.

В работе автором предложено два метода получения полуфабрикатов термопластичных углепластиков, в форме предварительно пропитанных плоских лент (препрегов) и округлых стержней (филаментов).

Первый метод основан на пропитке волокон раствором полимера в органическом растворителе и является развитием стандартизированной методики получения образцов пропитанных углеродных нитей для испытаний. С его использованием автором показана возможность получения образцов препрегов и филаментов на основе смесей ПЭСФ-ПЭИ, но также установлены и технологические ограничения, состоящие в трудности удаления растворителя до степени, при которой массивные образцы углепластика не вскипают в ходе консолидации.

Второй метод основан на пропитке волокон водной суспензией полимера, ограниченно известным из научно-технической литературы. Отличие от известных из литературных источников экспериментов состоит в том, что автором впервые использованы смеси полимеров, к тому же, в форме крупнодисперсных порошков. К предложенному методу применена теоретическая модель пропитки Водермайера и показано, что модель ограниченно применима к крупнодисперсным суспензиям, для решения чего автором определены параметры, позволяющие учесть полный гранулометрический состав используемого порошка. Ограничения, обнаруженные для

суспензионного метода, состоят в низкой сплошности получаемых образцов как следствие использования крупнодисперсных порошков.

По результатам приведенных в работе результатов испытаний массивных образцов термопластичных углепластиков, полученных консолидацией препрегов, автором установлено, что материалы на основе смесей ПЭСФ-ПЭИ показывают сопоставимые характеристики с образцами сравнения на основе ПЭЭК и чистых ПЭСФ и ПЭИ. При этом, адгезионная прочность углепластиков с матрицей из смесей ПЭСФ-ПЭИ, определенная как прочность при межслойном сдвиге, сопоставима со значениями, полученными для ПЭЭК, что более чем на 20 % превышает характеристики аналогов с однофазной матрицей из ПЭСФ и ПЭИ.

Таким образом, результаты показывают, что разработанный материал демонстрирует более высокий уровень характеристик относительно материалов с однокомпонентной матрицей, что определяет перспективность дальнейшей разработки материала с его возможным масштабированием до состояния производства.

Автореферат полностью отражает суть и объем диссертационной работы. Положения, выносимые на защиту, и выводы соответствуют поставленным целям и задачам, обоснованы и аргументированы полученными в ходе исследования результатами.

При общей положительной оценке автореферата, к нему можно выделить несколько замечаний:

1. На рисунке 18 (стр. 16) автореферата приведена схема использованного суспензионного метода, в которой по расположению нагревателей видно, что использовался инфракрасный нагрев. Чем определено использование именно инфракрасного нагрева для сушки и спекания полимера? Возможно ли применение других методов бесконтактного нагрева?

2. В личном вкладе на стр. 5 автореферата при упоминании совместных результатов некорректно указана форма организации – ФГБНУ «НИИ ПМТ» указан как ФГУП «НИИ ПМТ».

Эти замечания не влияют на общую положительную оценку представленной диссертационной работы.

Диссертационная работа «Структура и свойства термопластичного углепластика с дисперсно-упрочнённой полиэфирсульфон-полиэфиримидной матрицей», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС», а ее автору Веверису Алнису Александровичу может быть присвоена ученая степень кандидата технических наук по научной специальности 2.6.17 – Материаловедение.

Директор ФГБНУ «НИИ ПМТ»,
кандидат технических наук

Мамонтов Александр Владимирович

«29» *март* 2026 г.
Телефон: 8 (499) 283-90-63
e-mail: a.v.mamontov@gmail.com

Согласен на предоставление и обработку персональных данных

Эл. почта: niipmt@mail.ru

Тел.: 8 (499) 283-90-63

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Научно-исследовательский институт перспективных материалов и технологий»
(ФГБНУ «НИИ ПМТ»)

Адрес организации: 115054 г. Москва, ул. Малая Пионерская, д.12