РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 871 604**(13) **C1**

(51) МПК
B32B 27/34 (2006.01)
B32B 27/28 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
***B32B 27/34** (2026.08); **B32B 27/28** (2026.08)*

(21)(22) Заявка: **2025131638, 13.11.2025**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.11.2025

Дата регистрации:
09.10.2026

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **13.11.2025**

(45) Опубликовано: **09.10.2026** Бюл. № **28**

Адрес для переписки:
105005, Москва, вн. тер. г. Муниципальный округ Басманный, 2-я Бауманская ул., 5, стр. 1, ФГАОУ ВО "Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана", Амелина Ксения Евгеньевна

(72) Автор(ы):
Сторожук Иван Павлович (RU),
Булкатов Денис Павлович (RU),
Хина Александр Григорьевич (RU),
Буряков Владислав Сергеевич (RU),
Кулезнёв Алексей Сергеевич (RU),
Прокопова Екатерина Васильевна (RU),
Третьяков Илья Васильевич (RU),
Кирейнов Алексей Валерьевич (RU),
Меликянц Давид Георгиевич (RU),
Гришин Сергей Владимирович (RU)

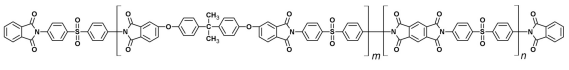
(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2032007 C1, 27.03.1995. Dencheva N.V., Sampaio A.S., Oliveira F.M. Pouzada A.S., Brito A.M., Denchev Z. Preparation and Properties of Polyamide-6 Based Thermoplastic Laminate Composites by a Novel In-Mold Polymerization Technique // Journal of Applied Polymer Science. 2014. V. 131. No 8. P. 1-11. Duhovic M., Maitrot P., Fakirov S. Polyamide 66**
(см. прод.)

(54) Тканевый термопластичный композит

(57) Реферат:

Изобретение относится к материаловедению, а именно, к термопластичным полимерным композитам на тканевой основе. Предложен тканевый термопластичный композит для производства изделий для беспилотных, авиационных и космических систем, а также в качестве электроизоляционных материалов, из однослойной армирующей ткани и полимерного связующего. Композит состоит из ситовой ткани на основе полиамида-66 (ПА-66) с пропиткой раствором термопластичного полиэфиримида (ПЭИ) сополимерного строения с температурой стеклования 262 °С (ПЭИ-262) и общей химической формулой:



,

в котором соотношение повторяющихся

RU 2871604 C1

RU 2871604 C1

звеньев «m» и «n» составляет 90:10% моль, при содержании связующего из указанного полиэфиримида 35…40 мас.%; при этом раствор 15…17,5 мас.% полиэфиримида получен в растворителе метиленхлориде. Изобретение обеспечивает получение композиционного материала с высокими модулем упругости и прочностью при разрыве, теплостойкостью не ниже 260 °С, радиационной стойкостью, химической устойчивостью в различных агрессивных средах и морозостойкостью не ниже минус 100 °С. 6 ил., 1 табл., 4 пр.

(56) (продолжение):
Polymorphic Single Polymer Composites // The Open Macromolecules Journal. 2009. V. 3. P. 37-40.

RU 2871604 C1

RU 2871604 C1

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 871 604**(13) **C1**

(51) Int. Cl.
B32B 27/34 (2006.01)
B32B 27/28 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC
B32B 27/34 *(2026.08);* ***B32B 27/28*** *(2026.08)*

(21)(22) Application: **2025131638, 13.11.2025**

(24) Effective date for property rights:
13.11.2025

Registration date:
09.10.2026

Priority:
(22) Date of filing: **13.11.2025**

(45) Date of publication: **09.10.2026** Bull. № **28**

Mail address:
105005, Moskva, vn. ter. g. Munitsipalnyj okrug Basmannyj, 2-ya Baumanskaya ul., 5, str. 1, FGAOU VO "Moskovskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet imeni N.E. Baumana", Amelina Kseniya Evgenevna

(72) Inventor(s):
Storozhuk Ivan Pavlovich (RU),
Bulkatov Denis Pavlovich. . (RU),
Khina Aleksandr Grigorevich (RU),
Buriakov Vladislav Sergeevich (RU),
Kuleznev Aleksei Sergeevich (RU),
Prokopova Ekaterina Vasilevna (RU),
Tretiakov Ilia Vasilevich (RU),
Kireinov Aleksei Valerevich (RU),
Melikiants David Georgievich (RU),
Grishin Sergei Vladimirovich (RU)

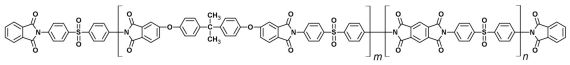
(73) Proprietor(s):
Federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniia «Moskovskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet imeni N.E. Baumana (natsionalnyi issledovatelskii universitet)» (RU)

(54) FABRIC THERMOPLASTIC COMPOSITE

(57) Abstract:

FIELD: materials science.

SUBSTANCE: thermoplastic polymer composites on a fabric base. A fabric thermoplastic composite is proposed for the production of products for unmanned, aviation and space systems, as well as electrical insulating materials, made from a single-layer reinforcing fabric and a polymer binder. The composite consists of a screen fabric based on polyamide-66 (PA-66) impregnated with a solution of thermoplastic polyetherimide (PEI) of a copolymer structure with a glass transition temperature of 262 °C (PEI-262) and the general chemical formula:



,

in which the ratio of repeating units "m" and "n" is 90:10% mol, with a binder content of said polyetherimide of 35...40 wt.%; wherein a solution of 15...17.5 wt.% polyetherimide is obtained in methylene chloride solvent.

EFFECT: invention provides for the production of a composite material with a high modulus of elasticity and tensile strength, heat resistance of at least 260 °C, radiation resistance, chemical resistance in various aggressive environments and frost resistance of at least minus 100 °C.

1 cl, 6 dwg, 1 tbl, 4 ex

RU 2871604 C1

RU 2871604 C1

Область техники

Изобретение относится к материаловедению, конкретно к термопластичным полимерным композитам на тканевой основе, которые перспективны для производства изделий для беспилотных, авиационных и космических систем, а также в качестве электроизоляционных материалов.

Уровень техники

Известно, что среди полимерных композитов, наполненных непрерывными волокнами, наибольшую практическую значимость имеют тканенаполненные материалы [Кербер М.Л., Виноградов В.М., Головкин Г.С. и др. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология. СПб.: ЦОП «Профессия», 2019. - 624 с.].

В качестве заготовок для изготовления будущих изделий используют так называемые «препреги» - композитные материалы-полуфабрикаты, которые состоят из армирующей волокнистой основы (стеклоткани, углеткани или арамидные ткани), пропитанной полимерным связующим [Перепелкин К.Е. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты - СПб.: ЦОП «Профессия», 2015. - 380 с.].

В последние время значительное внимание уделяется разработке, производству и применению более совершенных термопластичных препрегов и консолидированных композитов на их основе, которые более экологичны, могут долго храниться в обычных складских условиях, позволяют автоматизировать изготовление изделий, обладают повышенной ударной стойкостью и трещиностойкостью [Гуренко А.В. Препреги в композитном производстве // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2024. 6(123). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/17831]*.

Для производства термопластичных препрегов на тканевой основе применяют в основном стеклоткани, углеткани и арамидные ткани. Однако, композиты на основе стеклотканей имеют высокую плотность, что ограничивает области их применения, а углеткани и арамидные ткани слишком дорогие, поэтому применение лёгких полимерных армирующих тканей с меньшей стоимостью, но с хорошими эксплуатационными свойствами, представляет большой практический интерес. Особенно перспективно применение доступных термопластичных препрегов в приборостроении, авиационной и аэрокосмической технике.

В качестве такой ткани можно использовать материал из волокон на основе кристаллизующегося полиамида-66 (марки ПА-66 или ПА-6,6). Ткань из ПА-66 имеет высокую прочность и устойчивость к истиранию, сохраняет свои свойства от минус 100 до плюс 260°С, устойчива к многим химическим веществам, включая масла и жидкое топливо, долговечна, способна к вторичной переработке через расплав, доступна. По сравнению со стеклотканью, ткань из ПА-66 имеет меньшую поверхностную плотность при равной толщине, что важно для авиации и транспорта, лучше поглощает динамические нагрузки, не подвержена разрушению в щелочных средах, имеет хорошие диэлектрические свойства. В отличие от углеткани, полиамидная ткань значительно дешевле, более стойка к поперечным и ударным нагрузкам, не экранирует радиоволны, что важно, например, для радиопрозрачных конструкций. По сравнению с арамидными тканями (Кевлар, Тварон, Русар), ткани из ПА-66 в несколько раз дешевле, имеют лучшую адгезию к полимерным связующим, меньшее влагопоглощение, могут повторно перерабатываться через расплав (волокна из ароматических полиамидов получают только из растворов в серной кислоте и они не плавятся) или формоваться (принимать в горячем состоянии под давлением заданную форму и сохранять её при охлаждении) при нагреве до температур близких к температуре плавления (260°С).

Волокна из полиамида-66, получаемого из адипиновой кислоты и

гексаметилендиамина, являются одними из самых востребованных синтетических текстильных волокон, используемых для изготовления одежды, в первую очередь спортивной, и технических тканей. В частности, известны ситовые ткани, предназначенные для фильтрации различных суспензий, которые отличаются размером ячеек и типом плетения, например, производства ЗАО «Рахмановский шёлковый комбинат» (пос. Рахманово, Московская область, Россия).

Известно исследование [Dencheva N.V., Sampaio A.S., Oliveira F.M. Pouzada A.S., Brito A.M., Denchev Z. Preparation and Properties of Polyamide-6 Based Thermoplastic Laminate Composites by a Novel In-Mold Polymerization Technique. Journal of Applied Polymer Science, 2014, v. 131 (8), pp. 1-11. DOI: 10.1002/app.40083], в котором ткани из ПА-66 использовали для получения термопластичных препрегов путем пропитки тканевой полиамидной основы мономером (ε-капролактам) с последующей полимеризацией этого продукта в течении 20 минут и получением термопластичной матрицы композита в виде полиамида-6. В результате получали композитный материал с увеличенной на 300% ударной вязкостью, по сравнению с ненаполненным полиамидом-6.

Известна работа [Duhovic M., Maitrot P., Fakirov S. Polyamide 66 Polymorphic Single Polymer Composites. The Open Macromolecules Journal, 2009, 3, 37-40], в которой описаны композиты из ориентированных волокон ПА-66 и аморфизованной пленки (путём закалки расплава) из ПА-66. Термопластичный однокомпонентный композит, по сравнению с исходной изотропной пленкой (матрицей), показал увеличение модуля упругости на 28% и значительно большую (на 163%) прочность при разрыве.

Патентным аналогом к предлагаемому решению можно условно считать текстильный композитный материал на базе полиэфирных тканей, пропитанных раствором полиуретана [патент RU2032007C1, опубликован 27.03.1995. МПК D06N3/14]. Для изготовления этого материала ткань пропитывают раствором полимерной композиции, содержащей линейный полиэфируретан на основе полиэфирдиола, гликоля и диизоцината, уротропин или триэтаноламин и сшивающий агент - изоцианат с функциональностью большей или равной 2 при следующем соотношении компонентов пропиточного раствора, мас.%: линейный полиэфируретан 15-25, изоцианат 2-15, уротропин или три- этаноламин 0,5-3,0, остальное - растворитель до 100% масс. Количество полимера, оставшегося на ткани после пропитки и сушки, в зависимости от концентрации раствора составляет 5-20 мас.% В качестве растворителя используют широкий ассортимент органических соединений таких, как сложные эфиры (этилацетат, бутилацетат), N,N-диметилформамид, циклогексанон, формальгликоль или их смеси. Ограничения на выбор растворителя накладывают лишь предельная растворимость в нём полиэфируретана, токсичность и температура кипения (чем выше температура кипения, тем труднее из полимера удаляется остаточный растворитель, поэтому рекомендуется использовать растворители с температурой кипения не превышающей 150°С). Полиэфирные ткани можно пропитывать полимерной композицией на любом подходящем для этой цели оборудовании.

Недостатком указанного композитного текстильного материала является низкая тепловая, криогенная, химическая и радиационная стойкость полиуретанового связующего, что связано с низкой термической, химической и радиационной стойкостью уретановых связей в указанном виде полимеров. Криогенная стойкость полиуретанов обычно не превышает минус 60°С, ниже которой эти материалы становятся хрупкими [Зонненшайн М.Ф. Полиуретаны. Состав, свойства, применение. Пер. с англ. яз. - СПб.: ЦОП «Профессия», 2018. - 576 с.].

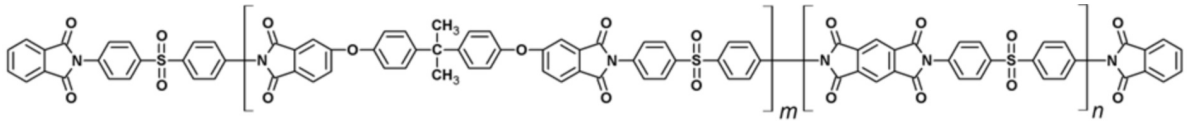
Раскрытие изобретениях

Несмотря на ограниченное количество публикаций по созданию композитов с применением армирующих тканей на основе ПА-66, авторами предполагалось, что их применение позволит получить новые доступные композитные материалы с хорошим комплексом эксплуатационных свойств: высокими модулем упругости и прочностью при разрыве, теплостойкостью не ниже 260°С, радиационной стойкостью, химической устойчивостью в различных агрессивных средах и морозостойкостью не ниже минус 100°С.

По сравнению с тканью текстильного назначения по патенту RU 2032007, изобретенный тканевый композит относится к конструкционным материалам, благодаря высокой прочности, теплостойкости, радиационной и криогенной стойкости, а также способности к термопластичному формованию и склеиванию под давлением при температуре 250-255°С.

Предлагаемое изобретение решает задачу по созданию доступных термопластичных тканевых композитов с теплостойкостью до 260°С на основе армирующих тканей из ПА-66 и термопластичного связующего из растворимого и термоплавкого полиэфиримида, применение которых позволит создавать, например, надувные конструкции в космосе, теплоизоляцию космических аппаратов, радиопрозрачные конструкции, электроизоляционные намоточные оболочки, пазовую и межвитковую изоляцию в электроприборах, гибкие теплостойкие изоляционные прокладки, гибридные композиты и т.д.

Тканевый термопластичный композит состоит из однослойной армирующей ткани и полимерного связующего. А именно, из ситовой ткани на основе полиамида-66 (ПА-66), пропитанной раствором термопластичного полиэфиримида сополимерного строения с температурой стеклования 262°С и с общей химической формулой



в котором соотношение повторяющихся звеньев «m» и «n» составляет 90:10% моль. Такое соотношение звеньев «m» и «n» обеспечивает сополимеру повышенную на 12°С температуру стеклования, по сравнению с полимером, в котором нет звеньев «n» (его теплостойкость составляет 250°С) и хорошую растворимость в ряде доступных растворителей (метиленхлорид, хлороформ, 1,2-дихлорэтан, N,N-диметилформамид). При содержании жёстких звеньев «n» более 10% моль сополимер теряет растворимость в этих растворителях, что значительно усложняет его применение. Соотношение звеньев «m» и «n» задаётся при синтезе сополимера путём применение исходных диангидридов в отношении 90:10% моль. Содержание термопластичного связующего из указанного термопластичного полиэфиримида в тканевом композите составляет 35…40 мас.%.

Однослойный композит (препрег) изготавливают путём пропитки полиамидной ткани 15…17,5мас.% раствором полиэфиримида марки ПЭИ-262, полученным в растворителе метиленхлориде (также возможен хлороформ, 1,2-дихлорэтан, N,N-диметилформамид).

Перечень фигур

Рис. 1 - Фотография ситовой полиамидной ткани из ПА-66 производства ЗАО «Рахмановский шёлковый комбинат».

Рис. 2 - Микрофотография исходной ткани из ПА-66 (саржевое 2/2 плетение), полученная с помощью электронного микроскопа при увеличении в 250 раз.

Рис. 3 - Термограмма дифференциальной сканирующей калориметрии для

полиэфиримида ПЭИ-262 (температура стеклования 262°С).

Рис. 4 - Внешний вид приготовленных образцов тканевого термопластичного композита.

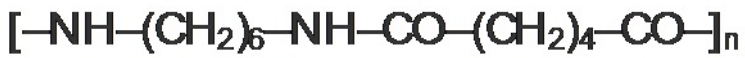
Рис. 5 - Микрофотография тканевого термопластичного композита, полученная на электронном микроскопе при увеличении 250 раз.

Рис. 6 - Термограммы дифференциальной сканирующей калориметрии для образцов композита (образцы № 2 и 4).

Осуществление изобретения

Указанная задача решается путём использования ситовой (фильтровальной) ткани из ПА-66 производства ЗАО «Рахмановский шёлковый комбинат» и российского полиэфиримида ПЭИ-262 сополимерного строения с улучшенной перерабатываемостью через расплав и растворимостью в доступных легколетучих органических растворителях.

Полиамидная ткань из ПА-66 имеет поверхностную плотность 40г/м^2 и толщину 50 мкм. Материал полиамид-66, из которого изготовлена эта ткань, представляет собой кристаллизующийся термопласт со степенью кристалличности до 80%, температурами стеклования аморфной части 50-60°С и плавления кристаллитов 260°С, морозостойкостью до минус 100°С. Общая структурная формула этого полимера



Фотография исходной ткани из ПА-66 приведена на рис. 1. Микрофотография исходной ткани, полученная с помощью электронного микроскопа, приведена на рис. 2, из которого видно, что ткань имеет саржевое 2/2 плетение, которое в тканевых композитах обеспечивает несколько ключевых преимуществ:

1) Повышенная гибкость и драпируемость. Саржа имеет асимметричную структуру с диагональным рисунком, что делает ткань более податливой по сравнению с полотняным плетением. Это облегчает укладку ткани и препрегов на её основе в сложные формы.

Лучшее сопротивление сдвигу и смятию. За счет смещения нитей в саржевом переплетении уменьшается концентрация напряжений, что снижает риск расслоения композита при механических нагрузках.

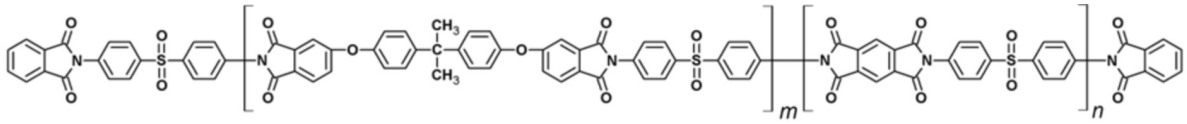
Улучшенная пропитка полимерным связующим. Более рыхлая структура, по сравнению с полотняным плетением, способствует лучшему проникновению полимерной смолы или концентрированного раствора полимера между волокнами, уменьшая вероятность образования пустот.

Анизотропия свойств. Саржевое плетение позволяет управлять механическими характеристиками композита, включая высокую прочность в направлении диагонали плетения и сбалансированное распределение нагрузок при многоосном нагружении.

Снижение веса при сохранении прочности. Оптимальное соотношение количества нитей основы и утка уменьшает плотность ткани без значительной потери прочности. Саржевые ткани (например, 2×2 twill), к которым относится выбранная полиамидная ткань, часто используют в авиакосмической промышленности, автомобилестроении и производстве спортивного инвентаря (велосипеды, лыжи и т.п.), где важны сочетание прочности, гибкости и ударной стойкости.

В качестве связующего для изготовления однослойного тканевого композитного препрега был выбран теплостойкий термопластичный и растворимый суперконструкционный полиэфиримид марки ПЭИ-262, опытная технология получения которого разработана в центре компетенций Национальной технологической инициативы (НТИ) «Цифровое материаловедение» МГТУ им. Н.Э.Баумана. Общая

структурная формула ПЭИ-262 сополимерного строения приведена ниже:



Соотношение повторяющихся звеньев «m» и «n» в сополимере составляет 90:10% моль. Температура стеклования этого сополимера 262°С (рис. 3), он имеет высокие механическую прочность, адгезию к различным подложкам, в том числе к полиамидному волокну, отличные электроизоляционные свойства. Полимер растворим в метиленхлориде, хлороформе, 1,2-дихлорэтане, N,N-диметилформамиде, N,N-диметилацетамиде и N-метилпирролидоне. По литературным данным [Urakawa O. Polyetherimide. In: Encyclopedia of Polymeric Nanomaterials. Eds Kobayashi Sh., Mullen K. 2015. P. 1859-1867. DOI 10.1007/978-3-642-29648-2] близкие аналоги этого полимера, например, полиэфиримид компании GE Plastics (США) марки «Extem» (промышленно выпускается с 2007г.), как и большинство полиимидов, обладают ограниченной растворимостью, высокой вязкостью расплава, но имеют высокую радиационную и свето- стойкость, морозостойкость до минус 269°С.

Содержание термопластичного связующего в тканевом композите регулируют путём применения растворов связующего с различной концентрацией (от 15,0 до 17,5мас.%). Однослойный композит (препрег) изготавливают путём пропитки полиамидной ткани от 15 до 17,5мас.% раствором полиэфиримида ПЭИ-262. Для этого вначале готовят раствор полиэфиримида в выбранном растворителе (может быть метиленхлорид, хлороформ, 1,2-дихлорэтан или диметилформамид, лучше из всех них метиленхлорид), а затем пропитывают ткань приготовленным лаком. Полученный тканевый композит сушат на воздухе и под вакуумом. Внешний вид приготовленных образцов приведён на рис. 4. Микрофотография композита, полученная на электронном микроскопе при увеличении 250 раз, приведена на рис. 5, из которого видно, что волокна из ПА-66 в полученном композите хорошо пропитаны полимерным связующим, в препреге нет пор, пузырьков и дефектных мест.

Примеры осуществления изобретения

Пример 1. Приготовление 15%масс раствора полиэфиримида ПЭИ-262 в метиленхлориде (возможен хлороформ, 1,2-дихлорэтан, N,N-диметилформамид)

Навеску (150 грамм) предварительно высушенного порошка ПЭИ-262 помещают в 1-литровую коническую колбу, добавляют 850 грамм метиленхлорида (Ткип. = 39,7°С, плотность 1,3266 г/см^3) и перемешивают суспензию до полного растворения полимера при комнатной температуре с помощью верхнеприводной мешалки. Полученный 15мас.% раствор фильтруют любым известным способом и используют для изготовления однослойных тканевых композитов на основе ситовой полиамидной ткани растворным способом.

Пример 2. Приготовление 17,5%масс раствора полиэфиримида ПЭИ-262 в метиленхлориде (возможен хлороформ, 1,2-дихлорэтан, N,N-диметилформамид)

Навеску (175 грамм) предварительно высушенного порошка ПЭИ-262 помещают в 1-литровую коническую колбу, добавляют 825 грамм метиленхлорида и перемешивают суспензию до полного растворения полимера при комнатной температуре с помощью верхнеприводной мешалки. Полученный 17,5мас.% раствор фильтруют и используют для изготовления однослойных тканевых композитов на основе ситовой полиамидной ПА-66 ткани растворным способом.

Пример 3. Изготовление композита на основе полиамидной ситовой ткани из ПА-

66 и полиэфиримида ПЭИ-262 состава 60:40 мас.%

Полиамидную ситовую ткань саржевого плетения с поверхностной плотностью ткани 40г/м^2 пропитывают на рабочем столе, покрытом антиадгезионной фторопластовой плёнкой, 17,5мас.% раствором полиэфиримида ПЭИ-262, например, с помощью полиуретанового валика. Далее полученный тканевый композит закрепляют в прямоугольной раме и сушат в натянутом состоянии при комнатной температуре в течение 120 минут. Подсушенный материал вместе с крепёжной рамой помещают в вакуумный шкаф и сушат при температуре 150°С и давлении 1 мм.рт.ст. в течение 8 часов для удаления остаточного растворителя. Получают композитный образец 2, содержащий 60мас.% армирующей ткани и 40мас.% полиэфиримидного связующего. Пропитку полиамидной ткани раствором полиэфиримида легко масштабировать в промышленном производстве, используя стандартное пропиточное пултрузионное оборудование и термотоннель для удаления и улавливания растворителя.

Пример 4. Изготовление композита на основе полиамидной ситовой ткани из ПА-66 и полиэфиримида ПЭИ-262 состава 65:35 мас.%

Аналогично примеру 3, полиамидную ситовую ткань пропитывают на рабочем столе 15мас.% раствором полиэфиримида ПЭИ-262 в метиленхлориде, например, с помощью полиуретанового валика. Далее полученный тканевый композит закрепляют в прямоугольной раме и сушат при комнатной температуре в натянутом состоянии в течение 120 минут. Подсушенный материал вместе с крепёжной рамой помещают в вакуумный шкаф и сушат при температуре 150°С и давлении 1 мм.рт.ст. в течение 8 часов для удаления остаточного растворителя. Получают композитный образец 4, содержащий 65мас.% армирующей ткани и 35мас.% полиэфиримидного связующего.

Состав образцов композитов и результаты их механических испытаний на разрывной машине приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты механических испытаний, полученные при разрыве исходной ткани толщиной 50 мкм, плёнки толщиной 100 мкм из ПЭИ-262 и образцов однослойного композита-препрега №2, №4 (ПА-66 ткань + ПЭИ-262)

№ пп	Образец	Состав материала, мас.%		$E_р$, МПа	$\sigma_р$, МПа	$\varepsilon_р$, %
		Ткань	ПЭИ-262			
1	Ткань ПА-66	100	-	900	650	25
2	ПЭИ-262	-	100	2600	700	7
3	№2	60	40	1050	695	15
4	№4	65	35	1100	720	13

Как видно из таблицы 1, композиты на основе полиамидной ткани и полиэфиримида (образцы №2 и №4) имеют высокие прочностные характеристики для рекомендуемых областей их применения (надувные космические конструкции, многослойная намоточная теплоизоляция, пазовая электроизоляция и т.д.). Модуль упругости $E_р$, МПа и прочность при разрыве σ р, МПа у композитов выше, по сравнению с исходной тканью, в то время как относительное удлинение при разрыве εр, % несколько ниже, что связано с адгезионным взаимодействием жёсткой полиэфиримидной матрицы с волокнистым наполнителем. Снижение модуля упругости у композитов, по сравнению с плёнкой из ПЭИ-262, очевидно, связано с податливостью структуры полиамидной ткани саржевого типа плетения.

Необходимо отметить, что при содержании связующего менее 35мас.% препрег имеет микродефекты в виде плохого заполнения полимером ячеек между волокнами. Увеличение содержания связующего более 40мас.% нерационально, так как это не

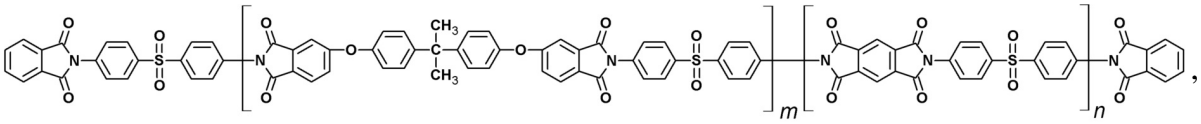
приводит к улучшению механических свойств и сопровождается удорожанием препрега.

На рис. 6 приведены термограммы дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) для композитов (образцы № 2 и 4), из которых следует, что мощный экзотермический эффект от плавления ориентированных кристаллических волокон при 248 и 257°С на основе ПА-66 (плавятся две различные по упорядоченности фазы) перекрывает тепловой эффект от расстекловывания аморфного ПЭИ-262 с температурой стеклования 262°С. Тем не менее, данные ДСК свидетельствуют о том, что теплостойкость разработанных композитов составляет около 257-260°С.

Таким образом, полученные результаты и литературные данные по криогенной и радиационной стойкости полиимидных аналогов свидетельствуют о том, что разработанные композитные материалы на основе доступной армирующей ткани из ПА-66 и растворимого и термопластичного полиэфиримида ПЭИ-262 обладают высокими механическими свойствами (как видно из таблицы 1), могут эксплуатироваться в интервале температур от криогенных до плюс 200-220°С (кратковременно без нагрузки до 257°С, как это видно из графиков рис. 6) и перспективны для производства электроизоляционных материалов, изделий для беспилотных, авиационных и космических систем.

(57) Формула изобретения

Тканевый термопластичный композит для производства изделий для беспилотных, авиационных и космических систем, а также в качестве электроизоляционных материалов, из однослойной армирующей ткани и полимерного связующего, отличающийся тем, что он состоит из ситовой ткани на основе полиамида-66 (ПА-66) с пропиткой раствором термопластичного полиэфиримида (ПЭИ) сополимерного строения с температурой стеклования 262 °С (ПЭИ-262) и общей химической формулой



в котором соотношение повторяющихся звеньев «m» и «n» составляет 90:10% моль, при содержании связующего из указанного полиэфиримида 35…40 мас.%; при этом раствор 15…17,5 мас.% полиэфиримида получен в растворителе метиленхлориде.

1



РИС. 1

2

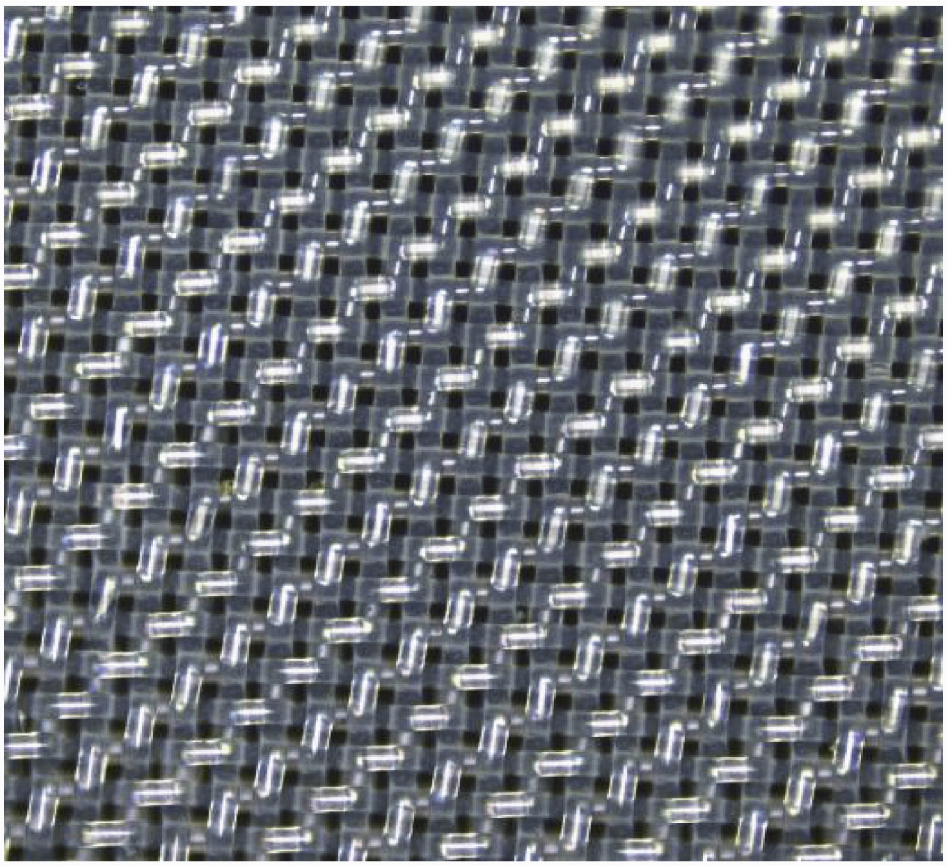


РИС. 2

3

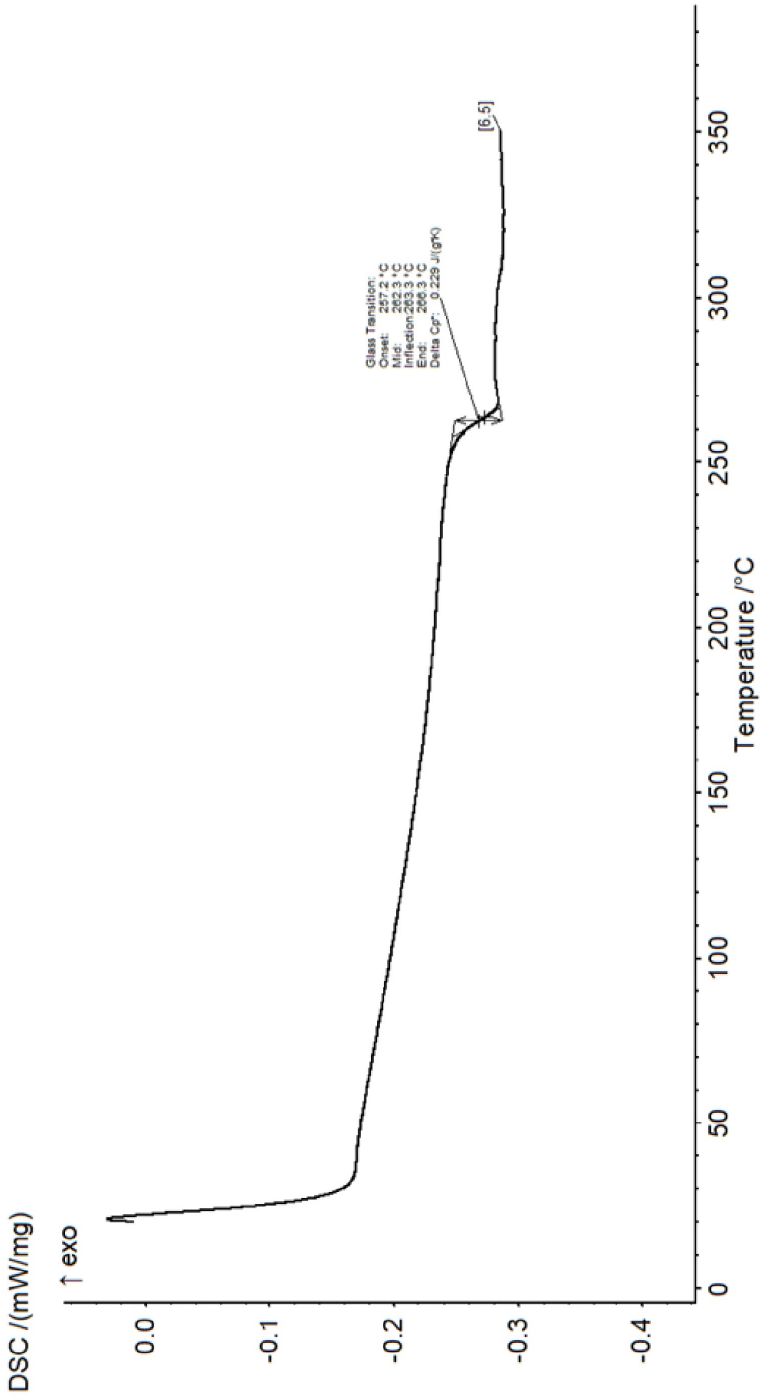

DSC /(mW/mg)
↑ exo
0.0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
0
50
100
150
200
250
300
350
Temperature /°C
[6.5]
Glass Transition:
Onset: 257.2 °C
Mid: 263.3 °C
Inflection: 263.3 °C
End: 269.3 °C
Delta Cp: 0.229 J/(g*K)

РИС. 3

4



РИС. 4

5

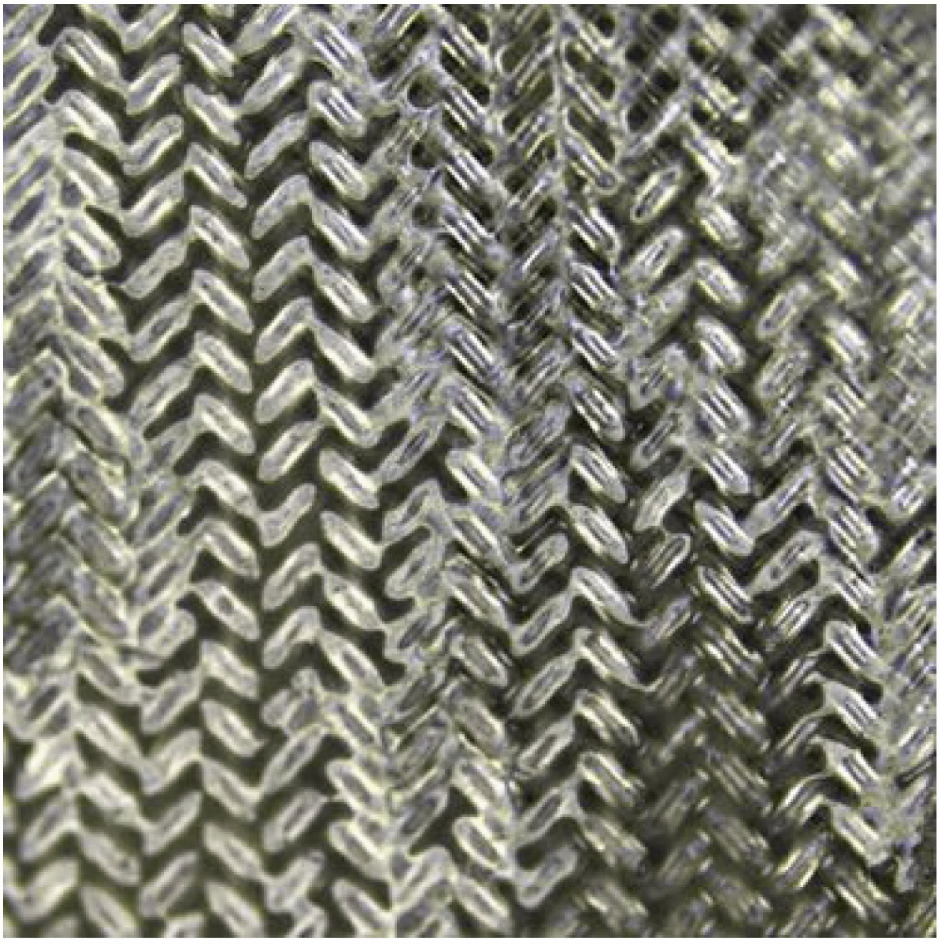


РИС. 5

6

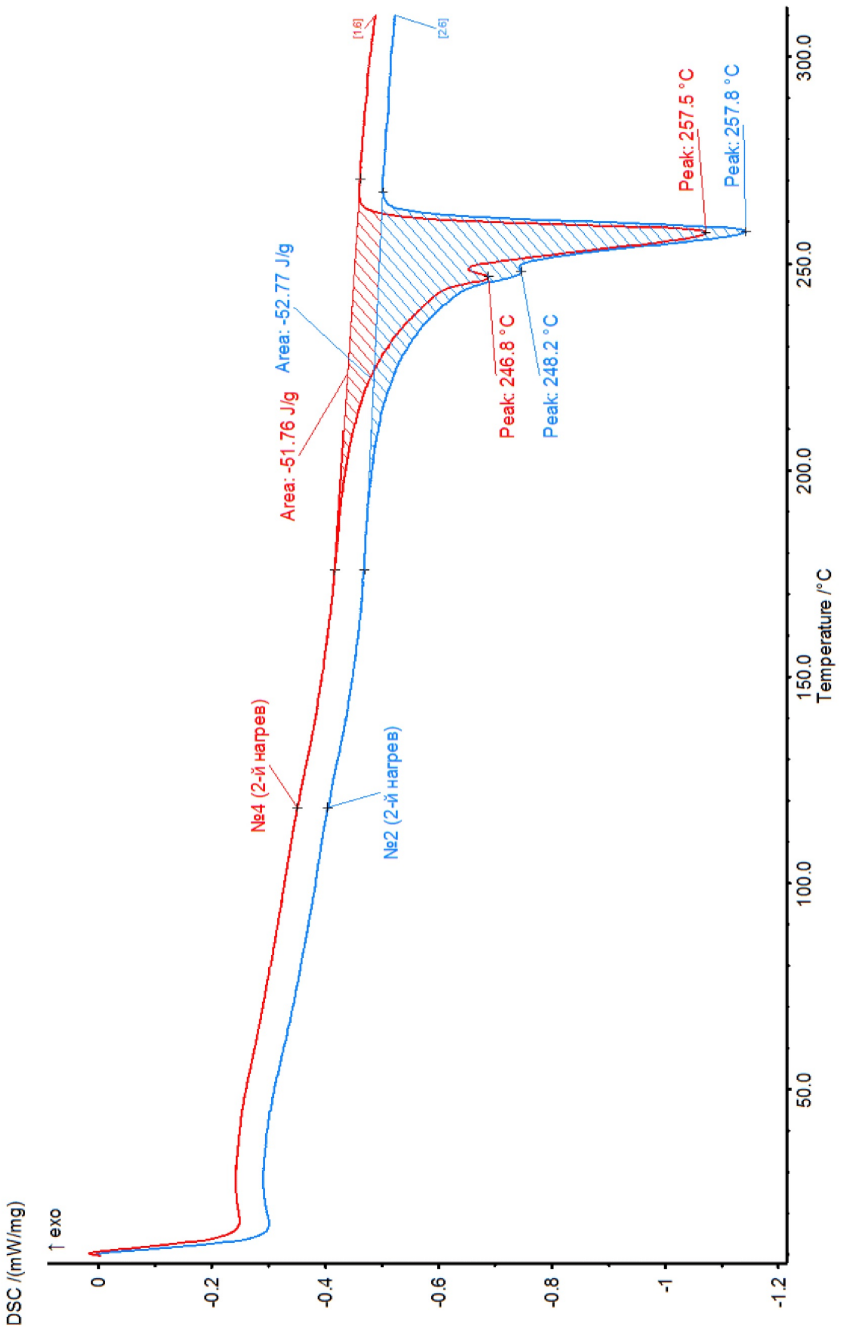

DSC /(mW/mg)
↑ exo
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1
-1.2
50.0
100.0
150.0
200.0
250.0
300.0
Temperature /°C
[1:6]
[2:6]
Area: -51.76 J/g
Area: -52.77 J/g
Peak: 246.8 °C
Peak: 248.2 °C
Peak: 257.5 °C
Peak: 257.8 °C
№4 (2-й нагрев)
№2 (2-й нагрев)

РИС. 6