



(51) МПК
C08L 63/00 (2006.01)
C08L 63/02 (2006.01)
C08K 5/3445 (2006.01)
B82B 1/00 (2006.01)
B82Y 30/00 (2011.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012115497/04, 18.04.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 18.04.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.04.2012

(45) Опубликовано: 27.07.2013 Бюл. № 21

(56) Список документов, цитированных в отчете о
 поиске: US 5942182 A, 24.08.1999. US 2008/0051524
 A1, 28.02.2008. ТУ 2494-672-11131395-2010
 Отвердитель ХТ-450/1,2,3**. US 7829188 B2,
 09.11.2010. US 2003/0124378 A1, 03.07.2003. RU
 2223988 C2, 20.02.2001.

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. Радио, 17, ФГУП
 "ВИАМ"

(72) Автор(ы):

Каблов Евгений Николаевич (RU),
 Чурсова Лариса Владимировна (RU),
 Гращенков Денис Вячеславович (RU),
 Бабин Анатолий Николаевич (RU),
 Соколов Игорь Иллиодорович (RU),
 Панина Наталия Николаевна (RU),
 Гуревич Яков Михайлович (RU),
 Ким Михаил Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное унитарное
 предприятие "Всероссийский научно-
 исследовательский институт авиационных
 материалов" (ФГУП "ВИАМ") (RU)

(54) ЭПОКСИДНАЯ КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ
 КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ВАКУУМНОЙ ИНФУЗИИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к эпоксидным композициям холодного отверждения и может быть использовано для изготовления конструкций, в том числе крупногабаритных, из полимерных композиционных материалов (ПКМ) методом вакуумной инфузии в областях техники. Эпоксидная композиция включает эпоксидную основу, содержащую эпоксидную диановую смолу, активный разбавитель и отверждающую систему, на основе аминного отвердителя и поверхностно-активного вещества, отличается тем, что в качестве эпоксидной диановой смолы используют смолу или смесь смол с молекулярной массой 340-430, активный разбавитель используют с вязкостью до 0,1 Па·с, в качестве аминного отвердителя - смесь отвердителя на основе ароматического

амин и катализатора холодного отверждения, и дополнительно отверждающая система включает гетероциклическое соединение имидазольного типа и наномодификатор. Технический результат - создание высокотехнологичной эпоксидной композиции, способной к отверждению без подвода дополнительного тепла и без большого экзотермического эффекта, характеризующейся высокими физико-механическими характеристиками. Композиция характеризуется высокими значениями модуля упругости 3,8-4,2 ГПа, что обеспечивает создание на ее основе деформационно-устойчивых изделий из ПКМ с более высоким уровнем конструкционной прочности. 6 з.п. ф-лы, 3 табл., 12 пр.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C08L 63/00 (2006.01)
C08L 63/02 (2006.01)
C08K 5/3445 (2006.01)
B82B 1/00 (2006.01)
B82Y 30/00 (2011.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2012115497/04, 18.04.2012**

(24) Effective date for property rights:
18.04.2012

Priority:

(22) Date of filing: **18.04.2012**

(45) Date of publication: **27.07.2013 Bull. 21**

Mail address:

105005, Moskva, ul. Radio, 17, FGUP "VIAM"

(72) Inventor(s):

**Kablov Evgenij Nikolaevich (RU),
Chursova Larisa Vladimirovna (RU),
Grashchenkov Denis Vjacheslavovich (RU),
Babin Anatolij Nikolaevich (RU),
Sokolov Igor' Illiodorovich (RU),
Panina Natalija Nikolaevna (RU),
Gurevich Jakov Mikhajlovich (RU),
Kim Mikhail Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe
predpriatie "Vserossijskij nauchno-
issledovatel'skij institut aviatsionnykh
materialov" (FGUP "VIAM") (RU)**

(54) **EPOXIDE COMPOSITION FOR MAKING ARTICLES FROM POLYMER COMPOSITE MATERIALS BY VACUUM INFUSION**

(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: invention relates to cold curing epoxide compositions and can be used in making structures, including large-sized structures, from polymer composite materials by vacuum infusion in engineering fields. The epoxide composition includes an epoxide base containing epoxy-diane resin, an active diluent and a curing system based on an amine curing agent and a surfactant, characterised by that the epoxy-diane resin used is a resin or a mixture of resins with molecular weight 340-430, the active diluent used has viscosity of up to 0.1 Pa·s, the amine curing agent is a mixture of a curing agent

basedd on an aromatic amine and a cold curing catalyst, and the curing system further includes a heterocyclic imidazole-type compound and a nanomodifier. The technical result is preparation of a high-technology epoxy composition, curable without the need for additional heat and without a large exothermic effect, and characterised by improved physical and mechanical properties.

EFFECT: composition is characterised by high modulus of elasticity of 3,8-4,2 GPa, which allows its use in making deformation-resistant articles from polymer composite materials with higher structural strength.

7 cl, 3 tbl, 12 ex

Изобретение относится к области создания эпоксидных композиций холодного отверждения и может быть использовано для изготовления конструкций, в том числе крупногабаритных, из полимерных композиционных материалов (ПКМ) методом вакуумной инфузии в энергетической, строительной, авиационной,
5 машиностроительной, судостроительной индустриях и других областях техники.

В настоящее время известно большое количество композиций на основе эпоксидных смол, содержащих в своем составе разнообразные наполнители, в том числе характеризующиеся микро- и наноразмерами и сложной внутренней
10 организацией, подбором которых легко можно регулировать разнообразные свойства и получать материалы с повышенными технологическими и эксплуатационными характеристиками.

Так, например, известна одноупаковочная эпоксидная композиция для изготовления стеклопластиков, состоящая из эпоксидной диановой смолы,
15 отвердителя - изометилтетрагидрофталевого ангидрида, ускорителя отверждения - 2,4,6-трис-(диметиламинометил) фенола, пластификатора ЭДОС (смесь производных 1,3-диоксановых спиртов и их высококипящих эфиров), а также нанонаполнителя - оксида алюминия с размером удельной поверхности 50-70 м²/г и диаметром частиц 20-30 нм (Патент РФ №2160291).

Описанная композиция характеризуется низкой вязкостью, что делает ее технологически пригодной для переработки по безавтоклавной методике в качестве инфузионного связующего. Введение нанопорошка оксида алюминия способствует
25 увеличению прочности отвержденной эпоксидной композиции при разрыве и формирует более термоустойчивую эпоксидную матрицу. Однако, для отверждения этой эпоксиангидридной композиции и получения высоких прочностных характеристик необходимо длительное высокотемпературное отверждение (не менее 7 часов в интервале температур 100-160°С), что осложняет и удорожает технологию
30 изготовления крупногабаритных изделий из ПКМ, так как требуется дополнительная термоустойчивая оснастка и специальное термооборудование, а процесс требует значительных энергозатрат.

Известна также двухкомпонентная композиция (состоящая из компонентов А и В) для получения ПКМ по вакуумной инфузионной технологии, содержащая в своем
35 составе наночастицы меди размерностью 5-500 нм. Компонент А представляет собой смесь ненасыщенной полиэфирной смолы, растворенной в стироле, катализатора отверждения нафтената кобальта и суспензии на основе эпоксидной диановой смолы, отвердителя изофарондиамина и наночастиц меди. Компонент В-смесь
40 полиуретановой смолы и катализатора отверждения бутилперокси- -3,5,5- + триметилгексаноата (Патент РФ №2405806).

Рассмотренная композиция, способная к отверждению при комнатной температуре, характеризуется низкой вязкостью, что делает ее пригодной для вакуумного метода переработки. Наличие в композиции оптимально подобранного количества
45 наночастиц меди определенной размерности не приводит к фильтрации нанопорошка металла в поверхностном слое волокнистого наполнителя в пакете-заготовке, что способствует равномерной пропитке и созданию ПКМ со стабильными прочностными характеристиками. Введение в композицию наночастиц меди
50 обеспечивает устойчивость к горению образцов отвержденной полимерной композиции.

Однако наличие токсичного растворителя - стирола, обладающего резким неприятным запахом и высокой степенью коммулятивности, предъявляет требования

к усилению мероприятий по защите персонала от его токсикологического воздействия при изготовлении и переработке связующего. Присутствие полиэфирной смолы в композиции снижает уровень механических свойств отвержденного связующего и ПКМ на его основе. Кроме того, ввиду особенности отверждения полиэфирные смолы подвержены усадке при вулканизации, что затрудняет создание конечных изделий со стабильными геометрическими параметрами.

Полиуретановая смола, входящая в состав композиции, характеризуется высокой чувствительностью к присутствию влаги, при взаимодействии с которой выделяются пузырьки двуокиси углерода, которые остаются внутри полимеризующегося материала, что может ухудшать механические характеристики отвержденного связующего или ПКМ на его основе. Поэтому при переработке связующего необходимо исключить поступление влаги в смеситель и дозатор, что может быть достигнуто путем установки ловушек-десикаторов, либо непрерывной продувкой сухого азота. Все эти мероприятия усложняют и удорожают процесс переработки связующего.

Известна двухкомпонентная эпоксидная композиция, для приготовления которой используется модифицированная наноглина марки Caranite в виде пластин толщиной до 2,5 нм, эпоксидная смола на основе бисфенола типа А (эпоксидная диановая смола) и отвердитель - триэтиленпентамин (ТЭПА). Достоинством данной эпоксидной композиции является простота ее приготовления, возможность получения ПКМ с хорошими прочностными характеристиками без дополнительного нагревания. Наличие наноглины в составе композиции повышает модуль упругости отвержденного связующего, что делает его более деформативноустойчивым, а также обеспечивает повышение его стойкости к горению (Патент США №8026307).

Однако данная эпоксидная композиция на основе отвердителя класса алифатических аминов не может быть использована в качестве инфузионного связующего для изготовления толстостенных крупногабаритных изделий, так как реакция отверждения рассмотренной композиции происходит энергично, сопровождается большим экзотермическим эффектом, в результате чего значительно снижается технологическая жизнеспособность композиции (до 30 минут).

Известна наномодифицированная эпоксидная композиция состоящая из смеси эпоксидных диановых смол (на основе бисфенола типа А и типа F), отвердителя - ароматического диамина и функционализированных фтор- и COOH-группами одностенных углеродных нанотрубок диаметром 1 нм. Рассмотренная композиция по своим технологическим характеристикам отвечает всем требованиям к связующему, пригодному для производства ПКМ по вакуумной инфузионной технологии, характеризующейся сниженной трудоемкостью процесса. Использование модификатора -функционализированных одностенных углеродных нанотрубок, и отвердителя класса ароматических аминов способствует увеличению механической прочности и модуля упругости отвержденной эпоксидной нанокомпозиции (Патент США 7601421).

Однако для изготовления крупногабаритных изделий из ПКМ и отверждения этой эпоксиаминной композиции требуется высокотемпературное отверждение (не менее 4 ч в интервале температур 100-160°C), что является весьма энергозатратным процессом и требует оснащения специальным термооборудованием.

Наиболее близким техническим решением по совокупности существенных признаков и достигаемому техническому результату, принятым за прототип, является эпоксидная композиция, включающая эпоксидную диановую смолу бисфенола типа F

- 90,5%, активный разбавитель- диглицидиловый эфир бутандиола - 4,75%, латентный отвердитель - комплекс треххлористого бора с амином 4,70% и поверхностно-активное вещество - пеногасящий агент - 0,05% (Патент США №5942182).

5 Данная однокомпонентная эпоксидная композиция характеризуется стабильными химическими свойствами в процессе длительного хранения (гарантийный срок хранения 12 месяцев при температуре 25°C), обусловленными использованием латентного отвердителя, который способен создавать эпоксидные композиции с длительной жизнеспособностью при комнатной температурой.

10 Эпоксидная композиция обладает необходимыми технологическими характеристиками для изготовления полимерных композиционных материалов на основе волокнистых наполнителей методом вакуумной инфузии. Созданные на его основе ПКМ характеризуются устойчивостью к механическим воздействиям и небольшим весом. Однако для отверждения данной композиции авторы изобретения 15 рекомендуют длительный высокотемпературный режим отверждения: 93°C - 10 ч, 148°C - 4 ч, что легко реализуется при формовании небольших деталей, но значительно усложняет процесс изготовления крупногабаритных изделий из ПКМ, поскольку:

20 - возникает необходимость использования дополнительного специализированного термооборудования;

- высокотемпературный процесс отверждения требует использования дорогостоящей теплостойкой оснастки и вспомогательных материалов;

25 - повышенная энергозатратность процесса увеличивает стоимость изготавливаемых материалов и изделий из них;

30 - возникают технологические трудности при создании и поддержании равномерного температурного профиля большой площади, что может привести к неравномерному отверждению и получению ПКМ с нестабильными эксплуатационными характеристиками.

Особенность отверждения эпоксидной композиции комплексом треххлористого бора с амином заключается в том, что в момент разложения используемого комплексного соединения (при 93°C) начинается быстрое отверждение эпоксидного полимера по механизму ионной полимеризации, характеризующейся сильным 35 экзотермическим эффектом, что может послужить причиной самовозгорания отверждаемой системы при изготовлении толстостенных конструкций.

40 Механические свойства отвержденной эпоксидной композиции прототипа характеризуются невысокими значениями: прочность при разрыве составляет - 3716 psi (25,6 МПа), удлинение при разрыве 1%, а модуль упругости - 432000 psi (3,0 ГПа). Такие низкие физико-механические свойства характеризуют данную эпоксидную композицию как материал не высокого уровня конструкционной прочности со слабой деформативной устойчивостью.

45 Технической задачей изобретения является создание высокотехнологичной эпоксидной композиции, способной к отверждению без подвода дополнительного тепла и без большого экзотермического эффекта, характеризующейся высокими физико-механическими характеристиками.

50 Поставленная задача достигается тем, что предлагается эпоксидная композиция для изготовления изделий из полимерных композиционных материалов методом вакуумной инфузии, включающая эпоксидную основу, содержащую эпоксидную диановую смолу и активный разбавитель и отверждающую систему, на основе аминного отвердителя и поверхностно-активного вещества, отличающаяся тем, что в

качестве эпоксидной диановой смолы используют смолу или смесь смол с молекулярной массой 340-430, активный разбавитель используют с вязкостью до 0,1 Па·с, в качестве аминного отвердителя - смесь отвердителя на основе ароматического амина и катализатора холодного отверждения, и дополнительно отверждающая система включает гетероциклическое соединение имидазольного типа и наномодификатор.

Эпоксидная основа содержит активный разбавитель, мас. %: 3-15.

Эпоксидная композиция содержит поверхностно-активное вещество неионогенного типа, мас. %: 0,2-5,0.

Отверждающая система включает гетероциклическое соединение имидазольного типа, мас. %: 0,5-7,0.

Отверждающая система включает наномодификатор, мас. %: 0,2-0,8.

Соотношение эпоксидной основы и отверждающей системы в эпоксидной композиции, мас.ч - 100:(40-55).

Эпоксидная композиция отверждается при комнатной температуре.

Для получения эпоксидной основы в качестве эпоксидной диановой смолы используют смолу или смесь смол с молекулярной массой от 340 до 430, например, эпоксидные диановые смолы марок ЭД-22, ЭД-20 (ГОСТ 10587-93) или DER 330 (импорт).

Активный разбавитель, входящий в состав эпоксидной системы, выбран из наиболее жидких глицидиловых эфиров (вязкость до 0,1 Па·с), например диглицидиловый эфир 1,4-бутандиола (ДГЭБД) (ТУ 2225-595-11131395-01), ДЭГ-1 (ТУ 2225-527-00203521-98) или Э-181 (ТУ 2225-606-11131395-2003).

Для получения отверждающей системы в качестве отвердителя на основе ароматического амина могут быть использованы промышленно выпускаемые составы отвердителей холодного отверждения, например отвердители марок СПЕЦПЛАСТ7А (ТУ 2494-495-04872688-2008).ХТ-450/1, ХТ-450/2(ТУ 2494-672-11131395-2010) или отвердитель марки МФБА (ТУ 2494-632-11131395-2007), содержащие ароматические амины (диаминодефинилметан, метафенилендиамин, изофорондиамин и др.) и катализаторы (салициловая, бензойная или п-толуиловая и др. кислоты).

В качестве гетероциклического соединения имидазольного типа в составе отверждающей системы используется, например, имидазол (ТУ 6-09-08-1181-78), 2-метилимидазол (ТУ 6-09-10-1836-90) или бензимидазол (ТУ 6-09-08-1974-88), а в качестве поверхностно-активного вещества неионогенного типа, например, Неонол АФ 9-4, Неонол АФ 9-6 (ТУ 2483-077-5766801-98) или ПЭГ-200 (ТУ 2483-007-71150986-2006).

В качестве наномодификатора могут быть использованы любые наноразмерные частицы, например многослойные углеродные нанотрубки «ТАУНИТ-М» (ТУ 2166-002-02069289-2009), порошок наномеди (ТУ 1791-003-36280340-2008), наноглина марки Cloisite 30В или ультрадисперсный порошок оксида алюминия (ТУ 1791-005-40289795-2009).

Использование для эпоксидной основы эпоксидных диановых смол с молекулярной массой 340-430 и активного разбавителя с вязкостью до 0,1 Па·с позволяет получить низковязкое высокотехнологичное связующее, пригодное для получения ПКМ инфузионным способом.

Авторами установлено, что использование в композиции отвердителя на основе ароматического амина, содержащего катализатор холодного отверждения, в отличие

от используемого в прототипе латентного отвердителя - комплекса треххлористого бора с амином, способствует получению высокопрочной, технологичной композиции с высокой жизнеспособностью, отверждение которой начинается сразу при совмещении со смоляной составляющей при температуре окружающей среды и не сопровождается значительным экзотермическим эффектом.

Ароматические амины, используемые в составе отверждающей системы изобретения, по своей природе являются отвердителями «горячего» отверждения и вызывают гелеобразование эпоксидных систем только при повышенных температурах от 80-100°C и выше. Однако присутствующий в отвердителе катализатор холодного отверждения медленно активизирует систему и способствует началу реакции отверждения при комнатной температуре. Реакция отверждения связующего происходит медленно без подвода дополнительного тепла, не сопровождается большим экзотермическим эффектом, что обеспечивает необходимую жизнеспособность композиции для осуществления вакуумной инфузионной пропитки и получения крупногабаритных изделий из ПКМ.

Наличие таких свойств у разработанной композиции холодного отверждения обеспечивает ее высокотехнологические характеристики. Используемый же в прототипе латентный отвердитель комплекса треххлористого бора с амином не способен осуществлять отверждение эпоксидной матрицы без нагревания до температуры 93°C, после достижения которой начинается быстрое отверждение эпоксидного полимера по механизму ионной полимеризации, сопровождающееся сильным экзотермическим эффектом.

Использование в качестве отвердителя ароматического амина в отличие от отвердителя латентного типа, используемого в прототипе, способствует созданию более прочных полимерных материалов ввиду того, что при формировании отвержденной полимерной матрицы отверждающий агент вносит дополнительные упрочняющие химические звенья. Подобная химическая сшивка приводит к увеличению модуля упругости отвержденной системы.

Включение в отверждающую систему гетероциклического соединения имидазольного типа приводит к повышению жесткости молекулярной цепи и возрастанию величины статического сегмента за счет встраивания имидазольного цикла в полимерную сетку, что также способствует увеличению прочностных характеристик отвержденной системы

Введение в составы разработанной композиции наночастиц с активной поверхностью, которая при определенных условиях способна вступать в химическое взаимодействие с молекулами отвердителя, приводит к образованию ковалентных связей поверхности наночастиц с эпоксидным олигомером. Такое взаимодействие способствует росту модуля упругости отвержденной системы. Кроме того, при возникновении трещин более крупные частицы наномодификатора задерживают фронт роста трещины прилегающими к агрегатам структурированными областями полимера, для более мелких частиц преобладает механизм сопротивления образованию трещин за счет снижения дефектности и неоднородности эпоксидной матрицы. Все это приводит к увеличению прочностных характеристик (прочности при разрыве и изгибе) и увеличению модуля упругости и ударной вязкости.

Соотношение компонентов в эпоксидной основе и отверждающей системе подобраны экспериментальным путем и позволяет добиться получения эпоксидных композиций холодного отверждения с наиболее предпочтительным сочетанием технологических и физико-механических характеристик.

Пример 1. Получение эпоксидной основы.

Для получения эпоксидной основы в чистый и сухой реактор с термостатируемой рубашкой и сливным штуцером, снабженный мешалкой серповидного типа, загрузили 97 мас.% эпоксидной диановой смолы с молекулярной массой не более 340 (смола марки ЭД-22) и 3 мас.% активного разбавителя вязкостью не более 0,1 Пас (смола марки Э-181). Включили мешалку и, перемешивая со скоростью (300±50) об/мин, нагревали до температуры (50±5)°С. Перемешивали при указанной температуре со скоростью (300±50) об/мин в течение не менее 30 мин. Выключили мешалку и слили готовую смоляную составляющую через сливной штуцер в сухой, чистый барабан из белой жести.

Примеры 2-6.

Изготовление эпоксидной основы выполняли аналогично примеру!, но с другими компонентами и при соотношениях, приведенных в таблице 1.

Пример 7. Получение отверждающей системы.

Для получения отверждающей системы в другой чистый и сухой реактор с термостатируемой рубашкой и сливным штуцером, снабженный мешалкой серповидного типа, загрузили 99,1 мас.% аминного отвердителя ароматического типа с катализатором (ХТ-450/1), 0,2 мас.% гетероциклического соединения имидазольного типа (2-метилимидазол), 0,2 мас.% поверхностно-активного вещества (Неонол АФ 9-6) и 0,2 мас.% наномодификатора (многослойные углеродные нанотрубки «ТАУНИТ-М»). Включили мешалку и перемешивали со скоростью (300±50) об/мин в течение не менее 60 мин при температуре (60±5)°С для совмещения компонентов. Выключили мешалку и слили приготовленную систему через сливной штуцер в сухую, чистую стеклянную посуду.

Полученную систему подвергли ультразвуковому диспергированию в УЗВ ванне «Сапфир» в течение не менее 60 минут в соответствии со следующим режимом:

Рабочая частота 35 кГц

Мощность 250 Вт

Температура 60°С.

Готовую отверждающую систему слили в сухой, чистый барабан из белой жести.

Примеры 8-12. Изготовление отверждающей системы выполняли аналогично примеру 7, но с другими компонентами и при соотношениях, приведенных в таблице 2.

Композицию готовили непосредственно перед применением путем смешивания эпоксидной основы и отверждающей системы в заданном соотношении.

В таблице 3 приведены составы композиций холодного отверждения (примеры 14-18) и свойства заявляемой композиции, а также прототипа.

Как видно из указанной таблицы, предлагаемая эпоксидная композиция имеет ряд преимуществ по сравнению с прототипом:

- является более технологичной и экономически выгодной, так как процесс отверждения композиции начинается уже при совмещении компонентов при комнатной температуре в отличие от прототипа, отверждение которого происходит только при повышенной температуре (свыше 93°С);

- обеспечивает возможность получения толстостенных и длинномерных изделий из ПКМ, так как реакция отверждения композиции сопровождается незначительным экзотермическим эффектом, что способствует увеличению времени гелеобразования и жизнеспособности композиции;

- разработанная композиция обеспечивает высокие прочностные свойства отвержденной полимерной композиции: прочность при разрыве 56-60 МПа,

прочность при статическом изгибе 129-135 МПа, ударная вязкость 10-13 кДж/м². Достигнутые показатели более чем в 2 раза превосходят физико-механические характеристики композиции по прототипу.

Предлагаемая композиция характеризуется высокими значениями модуля упругости 3,8-4,2 ГПа, что обеспечивает создание на ее основе деформационно-устойчивых изделий из ПКМ с более высоким уровнем конструкционной прочности.

		Таблица 1					
Наименование показателей	Прототип	Примеры					
		1	2	3	4	5	6
Содержание эпоксидной диановой смолы(смола): активного разбавителя, мас.%	95:5	97:3	95:5	94:6	90:10	87:13	85:15
Марка активного разбавителя	ДГЭБД	Э-181	Э-181	ДЭГ-1	ДЭГ-1	ДГЭБД	ДГЭБД
Молекулярная масса эпоксидной диановой смолы и марка смолы (смола)	320 Eralloy 8320	340 ЭД-22	350 Смесь ЭД-22/ ЭД-20	360 DER330	390 Смесь DER330/ ЭД-20	420 Смесь ЭД-22/ ЭД-20	430 ЭД-20

		Таблица 2					
Наименование показателей	Прототип	Примеры					
		7	8	9	10	11	12
Содержание, мас.% аминного отвердителя:	1 99:	99,1:	97,6:	95,6:	92,5:	90,2:	87,2:
соединения имидазольного типа	-	0,5:	1,5:	3,0:	4,5:	5,6:	7,0:
ПАВ:	1	0,2:	0,6:	1,0:	2,5:	3,5:	5,0:
наномодификатора:	-	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8
Марка аминного отвердителя	DY9577	ХТ-450/2	МФБА	Спецпласт 7А	Спецпласт 7А	МФБА	ХТ-450/1
Марка соединения имидазольного типа	-	2-метил-имидазол	бензимидазол	имидазол	2-метил-имидазол	имидазол	2-метил-имидазол
Марка ПАВ	Пеногаситель	Неонол АФ9-6	ПЭГ-200	ПЭГ-200	Неонол АФ9-4	Неонол АФ9-4	ПЭГ-200
Марка наномодификатора		углеродные нанотрубки «ТАУНИТ-М»	углеродные нанотрубки «ТАУНИТ-М»	наноглина Cloisite 30В	нанопорошок меди	нанопорошок оксида алюминия	нанопорошок меди

		Таблица 3					
Наименование показателей	Прототип	Предлагаемая композиция					
		13	14	15	16	17	18
Вид композиции	Однокомпонентная	Двухкомпонентная, готовится непосредственно перед применением					
Соотношение компонентов эпоксидной основы и отверждающей системы, мас.%	20:1	100:40	100:42	100:43	100:45	100:50	100: 55
Рецептура эпоксидной основы	-	Пример №1	Пример №2	Пример №3	Пример №4	Пример №5	Пример №6
Рецептура отверждающей системы	-	Пример №7	Пример №9	Пример №8	Пример №11	Пример №10	Пример №12
Время гелеобразования при 25°С, ч	Гелеобразования нет	11	8	10	9	9	8
Экзотермичность реакции отверждения	Высокая	Невысокая	Невысокая	Невысокая	Невысокая	Невысокая	Невысокая
Предел прочности при растяжении, МПа	25,6	56	59	58	57	58	60
Предел прочности статическом изгибе, МПа	63	129	131	135	129	129	132

Модуль упругости, ГПа	3,0	4,2	3,9	3,8	3,9	3,9	4,0
Ударная вязкость, кДж/м ²	6,5	13	10	12	11	12	12,5

5

Формула изобретения

1. Эпоксидная композиция для изготовления изделий из полимерных композиционных материалов методом вакуумной инфузии, включающая эпоксидную основу, содержащую эпоксидную диановую смолу, активный разбавитель и отверждающую систему, на основе аминного отвердителя и поверхностно-активного вещества, отличающаяся тем, что в качестве эпоксидной диановой смолы используют смолу или смесь смол с молекулярной массой 340-430, активный разбавитель используют с вязкостью до 0,1 Па·с, в качестве аминного отвердителя - смесь отвердителя на основе ароматического амина и катализатора холодного отверждения, и дополнительно отверждающая система включает гетероциклическое соединение имидазольного типа и наномодификатор.
2. Эпоксидная композиция по п.1, отличающаяся тем, что эпоксидная основа содержит активный разбавитель, мас.%.: 3-15.
3. Эпоксидная композиция по п.1, отличающаяся тем, что отверждающая система содержит поверхностно-активное вещество неионогенного типа, мас.%.: 0,2-5,0.
4. Эпоксидная композиция по п.1, отличающаяся тем, что отверждающая система включает гетероциклическое соединение имидазольного типа, мас.%.: 0,5-7,0.
5. Эпоксидная композиция по п.1, отличающаяся тем, что отверждающая система включает наномодификатор, мас.%.: 0,2-0,8.
6. Эпоксидная композиция по п.1, отличающаяся тем, что соотношение эпоксидной основы и отверждающей системы в конечной композиции составляет в мас.ч. 100:(40-55).
7. Эпоксидная композиция по любому из пп.1-6, отличающаяся тем, что отверждается при комнатной температуре.

35

40

45

50