



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C08J 5/08 (2018.08); C03C 25/10 (2018.08); C03C 25/62 (2018.08); B29B 15/12 (2018.08); D06M 13/325 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2016134942, 04.02.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
04.02.2015

Дата регистрации:
11.03.2019

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
06.02.2014 US 61/936,388

(43) Дата публикации заявки: 07.03.2018 Бюл. № 7

(45) Опубликовано: 11.03.2019 Бюл. № 8

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 06.09.2016

(86) Заявка РСТ:
US 2015/014350 (04.02.2015)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2015/119984 (13.08.2015)

Адрес для переписки:
119019, Москва, Гоголевский б-р, 11, этаж 3,
"Гоулинг ВЛГ (Интернэшнл) Инк.", Карпенко
Оксана Юрьевна

(72) Автор(ы):

МУАРО Патрик (FR),
РЕДЕРЕР Франсуа (FR),
ВЬЯНА Жан-Луи (FR)

(73) Патентообладатель(и):

ОСВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛ КАПИТАЛ,
ЭлЭлСи (US)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 2008299852 A1, 04.12.2008. US
5804313, 08.09.1998. US 6294253 B1, 25.09.2001.
US 4179331 A, 18.12.1979.

(54) ОТЛОЖЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

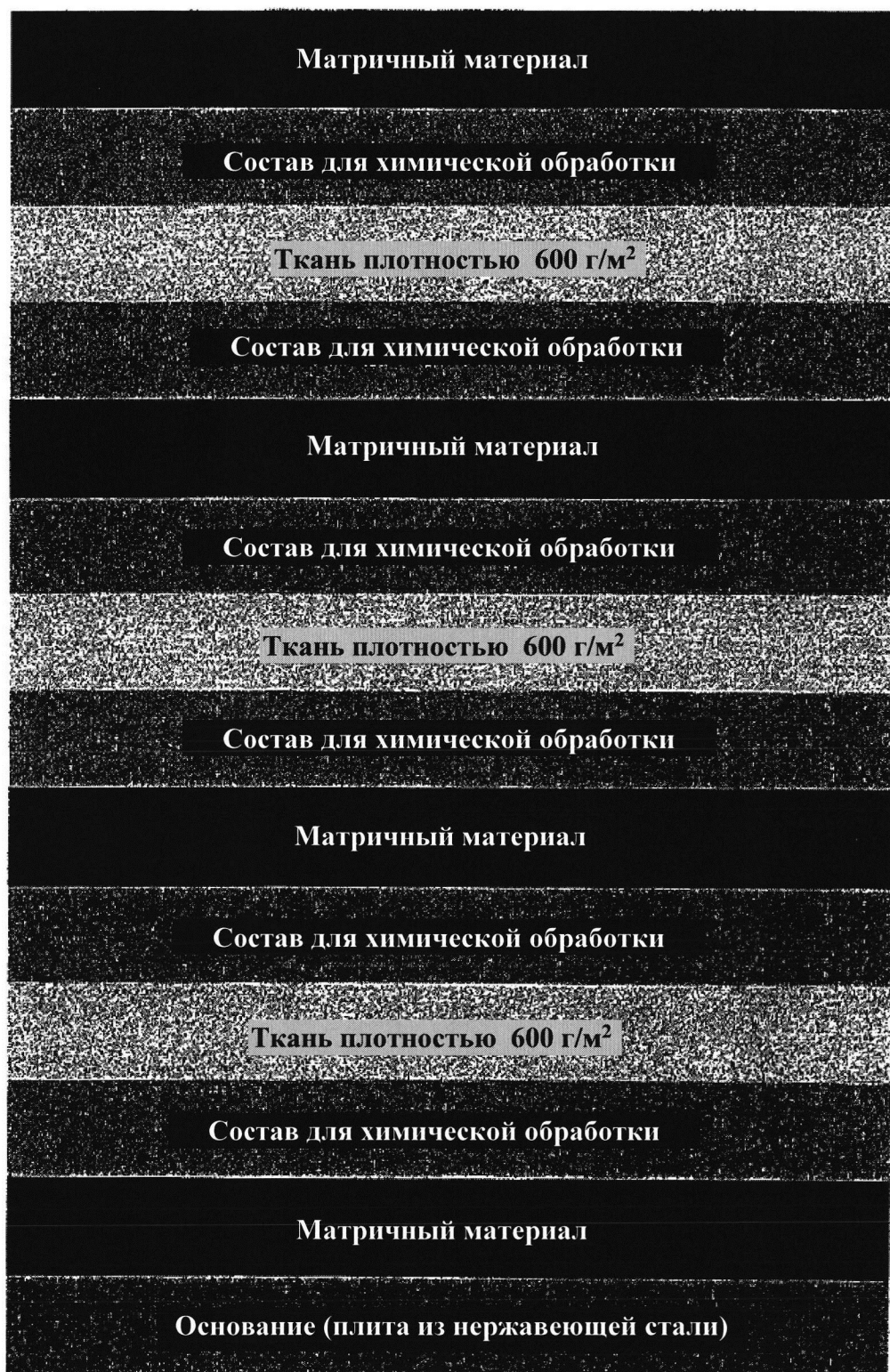
(57) Реферат:

Изобретение относится к способу обработки армирующих материалов с целью обеспечения их совместимости с матрицами, изначально не рассчитанными на использование с указанными армирующими материалами, и касается отложенной дифференциации армированных композиционных материалов. Армированный композиционный материал содержит: по меньшей мере одну волокнистую арматуру, выполненную

из множества волокон, покрытых проклеивающим составом; при этом указанная волокнистая арматура характеризуется наличием первой стороны и второй стороны; состав для химической обработки, нанесенный по меньшей мере на одну из указанной первой стороны или указанной второй стороны указанной волокнистой арматуры; при этом указанный состав для химической обработки содержит один

или несколько из полиамида с точкой плавления менее чем 250°C и химически активного соединения, выбранного из группы, состоящей из первичного амина, первичного амида и стирол-малеинового ангидрида; и термопластичный

матричный материал. Изобретение обеспечивает большую стандартизацию процесса формования, что способствует снижению затрат и улучшению механических характеристик. 2 н. и 13 з.п. ф-лы, 5 ил., 2 табл.



ФИГ. 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

C08J 5/08 (2006.01)*C03C 25/10* (2006.01)*C03C 25/62* (2006.01)*B29B 15/12* (2006.01)*D06M 13/325* (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

C08J 5/08 (2018.08); *C03C 25/10* (2018.08); *C03C 25/62* (2018.08); *B29B 15/12* (2018.08); *D06M 13/325* (2018.08)

(21)(22) Application: **2016134942, 04.02.2015**

(24) Effective date for property rights:
04.02.2015

Registration date:
11.03.2019

Priority:

(30) Convention priority:
06.02.2014 US 61/936,388

(43) Application published: **07.03.2018** Bull. № 7(45) Date of publication: **11.03.2019** Bull. № 8(85) Commencement of national phase: **06.09.2016**

(86) PCT application:
US 2015/014350 (04.02.2015)

(87) PCT publication:
WO 2015/119984 (13.08.2015)

Mail address:

**119019, Moskva, Gogolevskij b-r, 11, etazh 3,
"Gouling VLG (Interneshnl) Ink.", Karpenko
Oksana Yurevna**

(72) Inventor(s):

**MOIREAU Patrick (FR),
ROEDERER Francois (FR),
VIANA Jean-Louis (FR)**

(73) Proprietor(s):

OCV INTELLECTUAL CAPITAL, LLC (US)

(54) **POSTPONED DIFFERENTIATION OF REINFORCED COMPOSITE MATERIALS**

(57) Abstract:

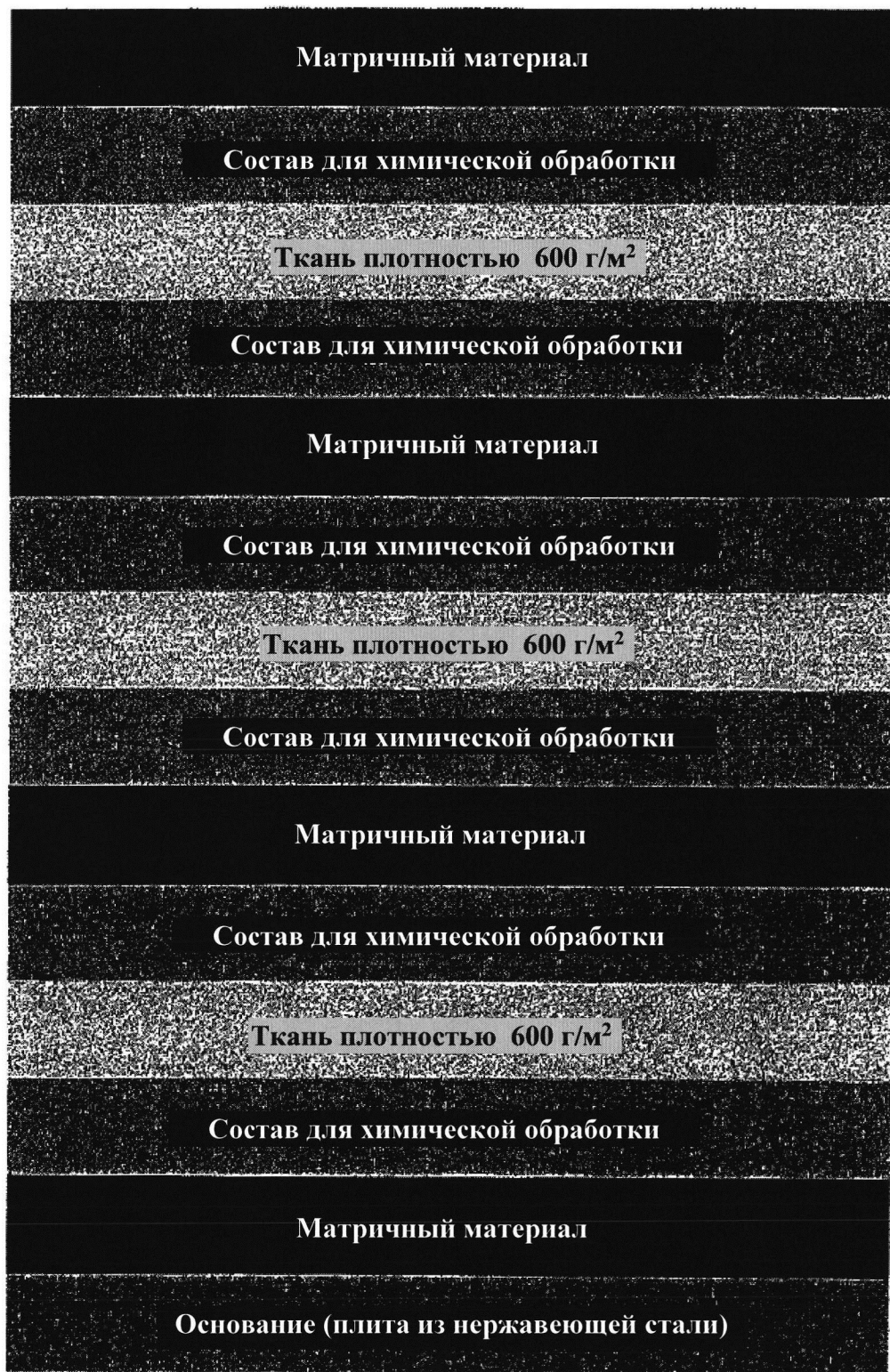
FIELD: technological processes.

SUBSTANCE: invention relates to a method for treating reinforcing materials in order to ensure their compatibility with dies that are not originally intended for use with the said reinforcing materials, and concerns postponed differentiation of reinforced composite materials. Reinforced composite material contains: at least one fiber reinforcement made from a variety of fibers, covered with a sizing compound; however, the specified fiber reinforcement is characterized by the presence of the first side and the second side; composition for chemical processing, applied to at least

one of said first side or said second side of said fiber reinforcement; the specified composition for chemical processing contains one or more of the polyamide with a melting point of less than 250 °C and a chemically active compound selected from the group consisting of a primary amine, primary amide and styrene-maleic anhydride; and thermoplastic matrix material.

EFFECT: invention provides greater standardization of the molding process, which contributes to cost reduction and improved mechanical performance.

15 cl, 5 dwg, 2 tbl



ФИГ. 2

Ссылка на родственные заявки

Настоящая заявка испрашивает приоритет в соответствии с предварительной заявкой на выдачу патента США №61/936,388, поданной 06 февраля 2014 года, содержание которой полностью включено в настоящий документ посредством ссылки.

5 Настоящее изобретение относится к способу обработки армирующих материалов с целью обеспечения их совместимости с матрицами, изначально не рассчитанными на использование с указанными армирующими материалами.

Уровень техники

В данной области техники широко известны упрочняющие ткани, выполненные из армирующих материалов, таких как стекловолокно или углеродное волокно. Такие упрочняющие ткани традиционно используются в композиционных изделиях, таких как печатные платы, лыжи, железнодорожные цистерны, лодочные корпуса и пр. Обычно ткань формируется из стеклянных, углеродных и/или графитовых нитей. Затем множество слоев ткани укладывается друг на друга и обрезается с получением сухих 10 предварительно сформованных тканевых заготовок. После этого предварительно сформованная заготовка помещается в пресс-форму, в которую вводится соответствующий матричный материал для получения армированного полимерного композиционного материала.

Упрочняющие ткани подвергаются различным видам обработки с целью обеспечения их совместимости с конкретным матричным материалом, используемым в полимерном композиционном материале. При отсутствии должной совместимости между упрочняющей тканью и полимером композиционный материал приобретает относительно неоднородную структуру, что неизбежно приводит к ухудшению механических свойств конечного изделия. Поэтому в ходе формования на волокна 15 может быть нанесен проклеивающий состав; при этом указанный проклеивающий состав содержит один или несколько компонентов (смазочные, вяжущие или связующие вещества), предназначенных для защиты волокон и/или обеспечения их совместимости с конкретным матричным материалом.

Соответственно, проклеивающие составы часто составляются под конкретный матричный материал или семейство материалов (например, полиамид, полипропилен, эпоксидную смолу или полиэфирные смолы). Подгонка проклеивающих составов под конкретные требования дает широкий ассортимент таких проклеивающих составов, что усложняет организацию процесса производства и логистической цепочки.

Было бы полезно упростить цепочку армированных композиционных материалов за счет уменьшения количества проклеивающих составов, что позволит использовать широкий спектр компонентов без внесения изменений в технологический процесс или добавления новых проклеивающих составов.

Краткое раскрытие настоящего изобретения

Различные примеры реализации заявленного изобретения относятся к армированному композиционному материалу. Этот армированный композиционный материал содержит следующие элементы: по меньшей мере, одну волокнистую арматуру или упрочняющую ткань, которая характеризуется наличием первой стороны и второй стороны; состав для химической обработки, нанесенный, по меньшей мере, на одну из сторон - первую или вторую - волокнистой арматуры или упрочняющей ткани; и матричный материал.

45 В некоторых примерах осуществления настоящего изобретения волокна покрыты проклеивающим составом, который может быть несовместим с матричным материалом.

В некоторых примерах осуществления настоящего изобретения матричный материал представляет собой, по меньшей мере, или термоотверждающийся материал, или

термопластичный материал, или сочетание обоих указанных материалов.

В некоторых примерах осуществления настоящего изобретения состав для химической обработки содержит один или несколько из следующих элементов: поверхностно-активное вещество, полиамид с низкой температурой плавления, химически активное соединение и плазма. Состав для химической обработки может улучшить совместимость между проклеивающим составом и матричным материалом.

В некоторых примерах осуществления настоящего изобретения объем наносимого состава для химической обработки составляет около 0,05-20 весовых процентов стекловолокна.

Различные примеры реализации заявленного изобретения относятся также к способу формования армированного композиционного материала. Этот способ предусматривает формование волокнистой арматуры или упрочняющей ткани, которая характеризуется наличием первой стороны и второй стороны; покрытие, по меньшей мере, одной из сторон - первой или второй - волокнистой арматуры или упрочняющей ткани составом для химической обработки; и пропитку покрытой упрочняющей ткани матричным материалом.

В некоторых примерах осуществления настоящего изобретения волокна покрыты проклеивающим составом, который может быть несовместим с матричным материалом.

В некоторых примерах осуществления настоящего изобретения матричный материал представляет собой, по меньшей мере, или термоотверждающийся материал, или термопластичный материал, или сочетание обоих указанных материалов.

В некоторых примерах осуществления настоящего изобретения состав для химической обработки содержит один или несколько из следующих элементов: поверхностно-активное вещество, полиамид с низкой температурой плавления, химически активное соединение и плазма. Состав для химической обработки может улучшить совместимость между проклеивающим составом и матричным материалом.

В некоторых примерах осуществления настоящего изобретения объем наносимого состава для химической обработки составляет около 0,05-20 весовых процентов стекловолокна.

Краткое описание фигур

На фиг. 1 показаны механические свойства, проявленные тремя разными термопластичными композиционными материалами, армированными тканью.

На фиг. 2 приведен пример слоистых материалов, армированных тремя слоями ткани плотностью 600 г/м^2 .

На фиг. 3 приведен пример составов для химической обработки, которые могут быть использованы согласно настоящему изобретению.

На фиг. 4 показано влияние, которое различные составы для химической обработки оказывают на изгибное напряжение в сравнении с двумя контрольными (необработанными) ровингами.

На фиг. 5 приведены примеры сформованных слоистых материалов, демонстрирующих дополнительные преимущества ткани, подвергнутой химической обработке, над необработанной тканью.

Подробное раскрытие настоящего изобретения

Хотя в настоящем документе описаны или рассмотрены различные примеры реализации заявленного изобретения, общая идея настоящего изобретения охватывает и другие примеры его осуществления, в которых используются самые разные способы и материалы, аналогичные или эквивалентные способам и материалам, описанным или рассмотренным в настоящем документе.

Если не указано иное, все технические и научные термины, используемые в настоящем документе, имеют одно и то же общепринятое значение, известное любому специалисту в данной области техники, к которой относится настоящее изобретение. В этой связи, если не указано иное, значения концентрации ингредиентов, приведенные в настоящем документе, относятся к значениям концентрации этих ингредиентов в маточной смеси или концентрате в соответствии с общепринятой практикой.

В контексте настоящего документа термины «проклеивающий состав» и «клейстер» являются взаимозаменяемыми и вместе обозначают составы, которые используются в процессе изготовления волокон в качестве покрытия, сохраняющего целостность волокон, улучшающего граничное взаимодействие волокон и матричного материала в композите и/или изменяющего и/или улучшающего конкретные свойства волокон.

В соответствии с общепринятой практикой термины «волокно» и «волокнистый материал» обозначает любой материал, который имеет волокнистую структуру в качестве основной структурной составляющей. Эти термины охватывают волокна, пучки, жгуты, нити, ленты, тканое и нетканое полотно, слои, маты и т.п.

В контексте настоящего документа фраза «отложенная дифференциация» используется для описания процесса, который начинается с изготовления обычного волокнистого армирующего материала, который затем преобразуется в особый волокнистый армирующий материал, используемый в дальнейшем для армирования конкретной матрицы (или композиционного материала). В этом процессе используется состав для химической обработки, улучшающий совместимость проклеивающего состава с матричным материалом.

Общая идея настоящего изобретения относится к способу отсрочки дифференциации армирующих материалов путем расширения совместимости армирующих материалов с множеством матриц, а не только с материалом одного типа. Например, армирующие материалы, такие как волокна, рассчитанные на использование с термоотверждающимися материалами, могут быть подвергнуты обработке согласно настоящему изобретению для обеспечения совместимости с термопластичной матрицей. За счет отложенной дифференциации материалов на основе их совместимости можно добиться еще большей стандартизации процесса формования, что способствует снижению затрат и улучшению механических характеристик.

В некоторых примерах осуществления настоящего изобретения армирующие материалы состоят из волокон, по меньшей мере, одного из следующих типов: стекловолокно, керамоволокно, углеродное волокно, минеральное волокно, натуральное волокно и/или синтетическое волокно. Для производства стекловолокна может быть использовано любое обычное стекло. К примерам стекловолокна можно отнести А-стекловолокно, С-стекловолокно, Е-стекловолокно, S-стекловолокно, стекловолокно класса ECR (например, серийно выпускаемое стекловолокно Advantex® от компании Owens Corning), стекловолокно Hiper-texTM, штапельное стекловолокно или сочетания указанных типов стекловолокна. Термин «натуральное волокно», используемый в контексте настоящего изобретения, обозначает растительные волокна, полученные из любой части растений, включая, помимо прочего, стебли, семена, листья, корни или кору. К примерам натуральных волокон, которые пригодны для использования в качестве материала упрочняющей ткани, можно отнести базальтовое волокно, хлопок, джут, бамбук, рами, жом сахарного тростника, коноплю, кокосовое волокно, лен, кенаф, сизаль, кудель, пеньку и сочетания перечисленных волокон. Термин «синтетическое волокно» в контексте настоящего документа обозначает любое искусственное волокно, обладающее соответствующими армирующими свойствами,

например, волокно из сложного полиэфира, полиэтилена, полиэтилентерефталата, полипропилена, полиамида и арамида, а также из сочетаний указанных полимеров. Хотя представленное ниже описание относится к использованию стекловолокна, следует понимать, что может быть использована любая из упрочняющих тканей, упомянутых

5 выше.
Стекловолокно может быть сформовано обычными способами, известными специалистам в данной области техники. Например, стекловолокно может быть получено в ходе непрерывного технологического процесса, во время выполнения которого расплавленная стекломасса проходит через отверстия литейной формы, после чего сформованные таким способом потоки расплавленной стекломассы отверждаются и образуют нити, которые сводятся воедино, образуя «волокно», «ровинг», «прясть» и т.п.

После протяжки стеклянных волокон через отверстия литейной формы на них может быть опционально нанесен проклеивающий состав. Может быть использован любой проклеивающий состав, известный специалистам в данной области техники, без каких-либо ограничений. Обычно проклеивающие составы содержат смазку, предназначенную для защиты волокон от абразивных повреждений; пленкообразующую смолу для улучшения сцепления волокон с полимером, образующим основу или матрицу композиционного материала, в котором будут использованы эти волокна; и связующий агент, предназначенный для улучшения сцепления пленкообразующей смолы с поверхностями стекловолокна. Проклеивающий состав может наноситься обычными способами, например, с помощью накатного валика или путем распыления клейстера непосредственно на волокна. Клейстер предотвращает разрывы стекловолокна при последующей механической обработке; уменьшает истирание нитей друг о друга; обеспечивает целостность прядей стекловолокна; способствует взаимосвязанности стеклянных нитей, образующих прясть; и т.п.

В одном из примеров реализации армированного композиционного материала согласно настоящему изобретению арматура на основе стекла предпочтительно выбирается из числа стеклянных тканых материалов; нетканых материалов составного типа; вуалей; матов; стеклянных сеток, особенно в сферах применения, связанных со строительством; односоставных прядей, аппретированных или отделанных заранее; и составных прядей.

В некоторых примерах реализации заявленного изобретения арматура на основе стекла представляет собой переплетенные стеклянные нити, образующие армирующую ткань. Армирующая ткань может быть пропитана матричным материалом для формования армированного композиционного материала. Для получения высокопрочного композиционного материала важно, чтобы армирующая ткань была совместима с матричным материалом. Соответственно, составы для химической обработки обычно рассчитаны на совместимость с конкретным матричным материалом, который впоследствии наносится на волокно, покрытое проклеивающим составом, или сформованную ткань. Проклеивающий состав служит для улучшения сцепления стекловолокна с термоотверждающимся или термопластичным матричным материалом.

Термопластичные матричные материалы могут включать в себя, например, сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола (АБС-сополимер); поликарбонат (ПК); поликарбонат/акрилонитрил-бутадиен-стирол (ПК/АБС-сополимер); полисульфоны; полиамиды (РА); полиакрил; полиэтилен (ПЭ), поликарбонаты, полифениленоксиды; полисульфиды; полиэфирэфиркетоны (ПЭЭК); полиэфиркетон (ПЭК); полифениленсульфид (ПФС); полиуретан (ПУ); полистирол; полиэфирсульфоны;

полиамидимиды; полиимидоэфир; полиимиды; полиакрилаты; полифталамид; акрил-стирол-акрилонитрил; полифениленэфир; полиолефины; сложный полиэфир; бутадиенстирольный каучук (БСК), бутадиен-нитрильный каучук (БНК); резиновую смесь на основе этилен-пропиленового каучука (СКЭП); фторполимер (ФП);

5 жидкокристаллический полиэфир; и прочие термопласты и термопластичные сплавы.

Термоотверждающийся матричный материал может представлять собой, например, эпоксидную смолу, мочевиноформальдегидную смолу (МФС), полиэфирную смолу (ПЭС), фенольную смолу, полиамидную смолу, силиконовую смолу и т.п.

В некоторых примерах осуществления настоящего изобретения армирующие
10 материалы включают в себя стекловолокно, которое покрывается проклеивающими составами, рассчитанными на совместимость с термоотверждающимися материалами. В некоторых примерах реализации заявленного изобретения используется проклеивающий состав марки SE 1200 или SE 1500 от компании Owens Corning (OC®). Состав SE 1500 обычно не рекомендуется использовать с какими-либо смолами,
15 отличными от эпоксидных. Состав SE 1200 рассчитан на использование с эпоксидными, полиэфирными и винилэфирными матрицами. Поскольку проклеивающие составы, такие как SE 1500 и SE 1200 от компании Owens Corning, рассчитаны, главным образом, на использование с термоотверждающимися матричными материалами, они не обладают надлежащими химическими свойствами, обеспечивающими хорошую совместимость
20 и/или способность вступать в химическую реакцию с термопластичными матричными материалами, такими как полиамид.

Хотя нижеследующее описание относится исключительно к проклеивающим составам, выполненным с возможностью использования с термоотверждающимися матричными материалами, в частности, SE 1500 и SE 1200 от компании Owens Corning, следует
25 понимать, что в альтернативном варианте может быть использован любой проклеивающий состав. Кроме того, хотя нижеприведенное описание относится к термопластичным матрицам, в частности, полиамидным, следует понимать, что в альтернативном варианте может быть использован любой другой матричный материал.

Согласно некоторым примерам осуществления настоящего изобретения
30 армированные композиционные материалы выполнены с использованием армирующих материалов с отложенной дифференциацией в процессе химической обработки. Такая отложенная дифференциация улучшает совместимость стекловолокна и его способность вступать в реакцию с более широким спектром матричных материалов в сравнении со стекловолокнами, изначально покрытыми проклеивающими составами,
35 предназначенными для использования с матричным материалом только одного типа. Кроме того, было установлено, что такие процессы химической и/или физической обработки дают в итоге композиционные материалы, армированные тканью, которые обладают улучшенными механическими и/или физическими свойствами.

В других примерах реализации заявленного изобретения предложены составы для
40 химической обработки с целью их использования с волокнами или тканями, покрытыми проклеивающим составом, который специально подобран под конкретную матрицу. Химическая обработка также способна улучшить механические свойства композиционных материалов, по меньшей мере, на 15% в сравнении с обычными композиционными материалами, к которым относятся волокна и/или ткани, покрытые
45 проклеивающим составом, но не подвергнутые химической обработке.

Химическая обработка

В некоторых примерах осуществления настоящего изобретения модифицирование предусматривает химическую обработку поверхности стекловолокна с целью улучшения

совместимости проклеивающего состава с матричным материалом. Выбор состава для такой химической обработки зависит от физико-химических свойств проклеивающего состава и матричного материала. Например, состав для химической обработки может содержать компатибилизатор, обеспечивающий совместимость эпоксидной смолы с

полиамидом.

Состав для химической обработки может быть нанесен на волокна в любой момент времени в ходе выполнения процесса формования композиционного материала, армированного тканью. Например, стадия химической обработки может быть выполнена после нанесения проклеивающего состава с целью покрытия специальным составом любых волокон или иного армирующего материала, сформованного с использованием волокон; или же она может быть выполнена во время пропитки матричным материалом. Состав для химической обработки может иметь вид жидкости, наносимой с помощью валика, путем распыления, методом обмакивания или иным способом; или же он может иметь вид порошка, наносимого с помощью пульверизатора для распыления порошка, устройства для нанесения порошка или иного приспособления подобного рода. Состав для химической обработки может также иметь вид плазмы; при этом упрочняющая ткань или иной армирующий материал проходит через плазменную камеру, в которой происходит нанесение состава для химической обработки.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения объем наносимого состава для химической обработки составляет около 0,05-20 весовых процентов от общей массы стекловолокна, в том числе около 0,1-5 весовых процентов от общей массы стекловолокна, около 0,5-2 весовых процентов от общей массы стекловолокна и около 1,0-1,5 весовых процента от общей массы стекловолокна.

Увлажняющие агенты

В некоторых примерах осуществления настоящего изобретения химическая обработка предусматривает нанесение одного или нескольких увлажняющих агентов на волокна или ткань с целью улучшения совместимости формирующего полимера или полимеров, входящих в состав проклеивающего состава, с матричным материалом. В некоторых примерах реализации заявленного изобретения в качестве увлажняющего агента используется поверхностно-активное вещество. Применение поверхностно-активного вещества может улучшить смачивание ткани за счет изменения поверхностного натяжения с каждой ее стороны. В качестве поверхностно-активного вещества может быть использован любой сурфактант, который при высоких температурах спекания (например, в пределах около 250-400°C) сохраняет устойчивость к разложению, окислению, выпариванию и т.п. Для того чтобы выдержать такие условия, поверхностно-активное вещество может содержать гетероатомы, такие как галогены, фосфор, кремний, бор и пр. Галогены повышают устойчивость поверхностно-активных веществ за счет повышения точки кипения состава для химической обработки. Поскольку гетероатомы добавляются подстановкой к водороду, они ограничивают действие окисляющих компонентов за счет более сильных ковалентных связей и стерического затруднения реакции, так как размеры гетероатомов, таких как, к примеру, хлор, намного превышают размеры атомов водорода. К примерам поверхностно-активных веществ относятся фторированные или хлорированные жирные спирты (впоследствии алкоксилированные), алкилфосфаты или фосфонаты (впоследствии галогенированные), алкилполисилоксаны (впоследствии галогенированные), а также фтор- или хлор-алкансульфонаты или алкансульфаты.

Полиамид с низкой температурой плавления

В некоторых примерах осуществления настоящего изобретения состав для химической

обработки содержит один или несколько полиамидов с низкой температурой плавления. Может быть выбран такой полиамид, который характеризуется низкой температурой плавления и высокой текучестью после расплавления. В некоторых примерах реализации заявленного изобретения полиамид характеризуется точкой плавления в пределах менее 250°C или в пределах менее 230°C. Низкая температура плавления позволяет полиамиду оставаться в жидкой фазе до того, как матричный полимер достигнет своей точки плавления. В некоторых примерах осуществления настоящего изобретения полиамидный состав для химической обработки совместим с матричным полимером; при этом он действует как термостойкий растворитель для повышения растворимости матрицы. В частности, когда матричным материалом служит полиамид, полиамидный состав для химической обработки может иметь такие же полимерные характеристики и химические функции. Частичная растворимость матричного материала позволяет снизить конечную температуру плавления матричного материала и повысить его текучесть. Такая повышенная текучесть, в свою очередь, может повысить пропитывающую способность матричного полимера. В некоторых примерах реализации заявленного изобретения в качестве полиамида с низкой температурой плавления используется полиамид ПА 6 или ПА 12.

Химически активные соединения

В некоторых примерах осуществления настоящего изобретения состав для химической обработки содержит одно или несколько химически активных соединений, которые обладают функциональной возможностью вступать в реакцию, как с проклеивающим составом, так и с матричным материалом, а также способны обеспечивать ковалентное связывание проклеивающего состава с матричным материалом. Ковалентное связывание обеспечивает значительно более высокую механическую прочность и устойчивость к химическим воздействиям полученного в итоге композиционного материала.

Химически активное соединение может включать в себя один или несколько химически активных первичных аминов или амидов. Химически активные первичные амины и/или амиды вступают в реакцию с полиамидом, а также с другими эпоксидными смолами, и выполняют функции сшивающих агентов при синтезе композиционных материалах или полимеров. Химически активные амины или амиды могут включать в себя, например, один или несколько следующих полимеров: полиамидоамин, полиамин, 4,4'-метиленис(циклогексиламин), полиоксипропилен-диамин, триэтиленгликольдиамин, триметилпропан-полиоксипропилентриамин, бис(2-аминопропил)эфир, аминопропилвиниловый эфир, полибутадиендиамин и пр.

В некоторых примерах реализации заявленного изобретения химически активные соединения одновременно выполняют взаимодополняющие действия, в результате чего эти соединения обладают одной или несколькими функциональными возможностями, описанными выше, такими как возможность вступать в химическую реакцию, возможность расплавления при относительно низкой температуре и возможность выполнения функции смачивающего агента. Такие соединения одновременно характеризуются и гидрофобной структурой, придающей им функциональные возможности поверхностно-активного вещества, и гидрофильной структурой, придающей им возможность вступать в химическую реакцию. Например, полиоксипропилендиамин, триметилпропан полиоксипропилентриамин и полибутадиендиамин выполняют функцию поверхностно-активного вещества, так как они характеризуются гидрофобной структурой, но обладают гидрофильными терминальными возможностями вступать в химическую реакцию (амины).

В некоторых примерах осуществления настоящего изобретения химически активное

соединение может включать в себя сополимеры, вступающие в реакцию, как с эпоксидными смолами, так и со свободными функциональными группами матричного материала. Например, сополимер с реакционноспособными функциональными группами может содержать один или несколько следующих элементов: диамин - диамид или иное
 5 полиаминное - полиамидное соединение максимум с четырьмя реакционноспособными функциональными группами; стирол-малеиновый ангидрид (SMA); или имид, модифицированный SMA. Такие соединения характеризуются способностью вступать в реакцию с эпоксидными смолами в проклеивающем составе и хорошей совместимостью с полиамидной матрицей. Эти соединения выступают в роли удлинителей цепей; при
 10 этом они также улучшают смачивание ткани. Кроме того, сополимер с реакционноспособными функциональными группами может характеризоваться низкой температурой плавления, например, в диапазоне около 100-250°C. Низкая температура плавления может также способствовать повышению растворимости матричного материала, уменьшая конечную температуру плавления матричного материала. Таким
 15 образом, сополимер, температура плавления которого ниже чем у самой матрицы, может выступать в качестве «термостойкого растворителя» или «ускорителя плавления».

В некоторых примерах реализации заявленного изобретения может быть использовано любое сочетание одного или нескольких описанных выше составов для химической обработки. Например, полиамидный состав для химической обработки
 20 может быть использован в сочетании с химически активным аминовым компонентом для ускорения химических реакций с эпоксидными группами. Комбинация составов для химической обработки может быть разработана с использованием продуктов одного семейства или продуктов, обладающих разной реакционной способностью. Примером такой комбинации может служить сочетание стирол-малеинового ангидрида
 25 (полифункционального) и диамина.

В различных примерах осуществления настоящего изобретения состав для химической обработки представляет собой плазму. Как было раскрыто в заявке на выдачу патента США №8,318,264, содержание которой полностью включено в настоящий документ посредством ссылки, армирующее стекловолокно подвергается поверхностной
 30 обработке гомогенной плазмой газовой смеси в газовой среде регулируемого состава с целью окисления или нитрации органического проклеивающего состава, присутствующего на поверхности армирующего стекловолокна. Однако в настоящем документе цель заключается в том, чтобы привить функциональные группы, такие как аминогруппы, прямо к аппретируемому стекловолокну. Такое добавление
 35 функциональных групп повысит способность проклеивающего состава к вступлению в реакцию с матричным материалом, таким как полиамид. Амин прививается к волокну, покрытому эпоксидной смолой, методом плазменного осаждения в азотной среде во избежание химического взаимодействия с CO₂.

Раскрыв основные идеи настоящего изобретения посредством описания различных вариантов его осуществления, можно добиться более глубокого понимания заявленного изобретения в привязке к некоторым конкретным примерам, приведенным ниже, которые представлены исключительно в иллюстративных целях, не претендуют на исчерпывающий характер и не ограничивают основные идеи настоящего изобретения каким-либо иным образом.

ПРИМЕРЫ

Для более глубокого раскрытия заявленного изобретения в настоящий документ включены нижеследующие рабочие примеры.

ПРИМЕР 1

На фиг. 1 показаны механические свойства, проявленные тремя разными термопластичными композиционными материалами, армированными тканью. Композиционный материал А был сформован с использованием стекловолокна, покрытого проклеивающим составом SE 1500, который был специально разработан

для использования с термоотверждающимися матричными материалами. Композиционный материал В был сформован с использованием стекловолокна, покрытого проклеивающим составом SE 4531, который был специально разработан для использования с термопластичными матричными материалами. И, наконец, композиционный материал С был сформован с использованием стекловолокна, покрытого проклеивающим составом SE 1500; при этом указанное стекловолокно было также обработано первичным амином (полиэфирамином).

Как показано на фиг. 1, химически обработанный композиционный материал, армированный тканью (композиционный материал С), продемонстрировал физические свойства, превосходящие аналогичные свойства композиционного материала А, который не был подвергнут какой-либо химической обработке. Кроме того, композиционный материал С обнаружил свойства, сопоставимые со свойствами композиционного материала В, который был сформован с использованием проклеивающего состава, специально рассчитанного на использование с термопластичным матричным материалом.

ПРИМЕР 2

Были изготовлены армированные тканью слоистые материалы толщиной 1,5 мм, армированные тремя слоями ткани плотностью 600 т/м^2 . В эти слоистые материалы было включено стекловолокно, содержание которого составляло около 65-70 массовых процентов от общей массы слоистых материалов. Слои ткани были составлены так, как это показано на фиг. 2. Все полученные слоистые материалы перечислены в Таблице 1, где также указан тип состава для химической обработки, процентная доля состава для химической обработки по признаку общей массовой доли стекла, и параметры слияния. Для сравнения было подготовлено два образца. На ткань образца 1 был нанесен проклеивающий состав SE 1500, но при этом она не была подвергнута химической обработке; а на ткань образца 2 был нанесен проклеивающий состав SE 4531, и при этом она также не была подвергнута химической обработке. На стекловолокно каждого образца, кроме тех, которые были подготовлены для сравнения, был нанесен проклеивающий состав SE 1500 от компании Owens Corning. Слои ткани были покрыты с обеих сторон различными составами для химической обработки и сведены воедино с помощью полимерного матричного материала. Сведение слоистого материала воедино было выполнено его однократным прессованием в нагревательном прессе, после чего слоистый материал был помещен в необогреваемый пресс для последующего охлаждения.

Таблица 1

Образец	Состав для химической обработки		Слияние		
		%/стекло	T (°C)	P (бар)	Время (мин)
1	Нет	---	290°	5	5
2	Нет	---	290°	5	5
3	Полиоксипропилендиамин	2%	290°	5	5
4	Полиоксипропилендиамин	1%	290°	20	5
5	Полиоксипропилендиамин	1%	290°	20	5
6	Полиоксипропилендиамин	2%	290°	при контакте	3
7	Полиоксипропилендиамин	2%	290°	при контакте	4
8	Полиамидоамин	1,50%	290°	при контакте	3
9	Карбомоноциклическая алкилированная смесь поли-аза-алканов	2%	290°	при контакте	3
10	Смесь полиамидоамина с полиамином	2%	290°	при контакте	3
11	Полиоксипропилендиамин	2%	290°	при контакте	3

5

10

15

20

25

30

35

12	Полиоксипропилендиамин	10%	290°	contact	3
13	Полиоксипропилендиамин	2%	290°	при контакте	3
14	Полиоксипропилендиамин	1%	290°	20	3
15	Стирол-малеиновый ангидрид	2%	290°	20	3
16	Стирол-малеиновый ангидрид	2%	290°	при контакте	3
17	Полиамид 6	20%	290°	20	3
18	Полиамид 6	20%	290°	20	3
19	Полиамид 6	10%	290°	20	3
20	Полиамид 6	5%	290°	20	3
21	Полиамид 6	2,5%	290°	20	3
22	Полиамид 6	5%	290°	20	2
23	Полиамид 6	5%	290°	10	2
24	Стирол-малеиновый ангидрид	2%	290°	20	3
25	Стирол-малеиновый ангидрид	4%	290°	20	3
26	Стирол-малеиновый ангидрид	8%	290°	20	3
27	Состав 1 (фиг. 3)	2%	290°	20	2
28	Состав 2 (фиг. 3)	2%	290°	20	2 – 3
29	Состав 3 (фиг. 3)	2%	290°	20	2 – 3
30	Состав 4 (фиг. 3)	2%	290°	20	2 – 3
31	Состав 5 (фиг. 3)	2%	290°	20	2
32	Полиамид 6	5%	290°	20	2 – 3
33	Стирол-малеиновый ангидрид	2%	290°	20	2 – 3
34	Стирол-малеиновый ангидрид	2%	290°	20	2 – 3
35	Полиамид 6	10%	290°	20	2
36	Полиамид 6	5%	290°	20	2

Результаты по внешнему виду/качеству

40

45

Протестированные составы для химической обработки включали в себя полиамиды с низкой температурой плавления, в том числе полиамид 6 и полиамид 12, содержание которых варьировалось в пределах около 5-12 весовых процентов от общей массы стекловолокна. Оба указанных полиамида оказали положительное влияние на внешний вид поверхности слоистых материалов в том смысле, что указанные слоистые материалы продемонстрировали низкую пористость и относительно небольшое количество пузырей. Считается, что обработка полиамидом увеличивает скорость размягчения матричного материала и снижает температуру его плавления. Составы для химической обработки дополнительно включали в себя amino-функциональные сополимеры и сополимеры стирол-малеинового ангидрида, модифицированные или не модифицированные химически активными аминсоединениями. Стирол-малеиновый ангидрид оказал

положительное влияние на внешний вид поверхности слоистого материала, а также способствовал получению хороших результатов за меньшее время слияния.

Результаты показывают, что на качество производимого слоистого материала также влияют параметры технологического процесса, такие как давление и время слияния.

5 Результаты также говорят о том, что для получения требуемого внешнего вида без чрезмерного количества пузырей важно выдержать минимальное давление в 20 бар. При более низком давлении внешний вид поверхности начинает ухудшаться, и на ней образуются пузыри.

10 Кроме того, результаты показывают, что минимальная задержка в две минуты дает достаточно времени для переноса температуры в 290°C с плит пресса на слоистые материалы. Дополнительная задержка по времени может еще больше уменьшить число пузырей, хотя существует риск увеличения пористости поверхности.

Результаты по механическим свойствам

15 В Таблице 2 ниже представлены механические свойства образцов слоистых материалов (образцы 3, 4, 13, 18, 20, 25-26, 30, 32, 35 и 36), содержащих стекловолокно, покрытое проклеивающим составом SE 1500, в сравнении с контрольными образцами 1 и 2. Как показано в Таблице 2, каждый слоистый материал, подвергнутый химической обработке, демонстрирует повышенную прочность и упругость в сравнении со слоистыми материалами, которые не были подвергнуты химической обработке.

20 Химически обработанные слоистые материалы дополнительно характеризуются уменьшенным удлинением - как в направлении основы, так и в направлении утка - в сравнении с необработанными материалами.

Кроме того, как было сказано выше, полиамид 6 для химической обработки является полифункциональным в том смысле, что он также снижает температуру плавления

25 матрицы и способен существенно улучшить механические характеристики (образцы 32, 35 и 36 в сравнении с образцом 1) даже за короткое время слияния (2 минуты). Эти характеристики оказались близки механическим характеристикам продукта с особым проклеивающим составом для полиамидной матрицы (образец 2). Составы, способствующие образованию более прочной химической связи, также дают

30 существенное улучшение (образцы 25, 26 и 30 в сравнении с образцом 1). Поверхностная обработка с целью улучшения смачиваемости между проклеивающим составом и матричным материалом может улучшить рабочие характеристики композиционного материала (образец 13 в сравнении с образцом 1). Смесь аминов (образец 30) также обеспечивает улучшение в сравнении с контрольным образцом 1.

35

40

45

Таблица 2

Композиционный материал											
Образец	Содерж. стекла, %	Прочность (сила сцепления), МПа				Модуль упругости, МПа				Удлинение, %	
		Основа	SD	Уток	SD	Основа	SD	Уток	SD	Основа	Уток
1	65,4	102,8	8,9	133,1	29,6	5082	1960	6840	1491	4,2	3,9
2	65,3	268,7	4,5	346,4	91,4	13039	3273	12602	3003	2,9	4,3
3	60,1	116,8	6,2	197,3	25,2	6805	3428	11472	1124	3,2	3,3
4	68,8	215,1	9,9	282,1	47,8	12297	1466	13904	967	2,8	4,1
13	68,7	221,3	1,8	280,9	28,1	12504	968	12325	1084	0,0	4,6
18	69,6	184,5	5,6	215,0	30,8	11984	2347	13987	1056	2,3	2,5
20	70,7	185,6	8,3	220,4	28,3	11639	1809	13310	409	2,1	2,2
25	69,0	210,8	0,8	222,8	42,0	12641	1087	13793	1343	2,7	2,9
26	67,2	148,9	9,4	181,9	38,2	10709	1357	14044	786	2,5	1,8
30	68,5	164,3	9,5	214,0	31,0	11906	945	13585	514	2,3	2,9
32	70,1	218,3	1,9	236,0	42,8	12969	1402	12970	2259	2,4	3,1
35	67,0	235,0	1,2	295,3	25,0	12908	1778	15078	701	2,3	2,6
36	67,4	222,0	0,5	266,6	37,3	13581	1658	13771	918	2,4	2,8

ПРИМЕР 3

Были сформованы тканевые слоистые материалы с использованием стекловолокна, покрытого проклеивающим составом SE 4002 на основе полиуретановых полимерных эмульсий и amino-функциональных связующих агентов, который был специально разработан для использования с полиамидными матричными материалами. Ткани были подвергнуты химической обработке с использованием четырех составов: а) 75% стирол-малеинового ангидрида SMA1000H и 25% стирол-малеинового ангидрида SMA 30001; б) 66% стирол-малеинового ангидрида SMA1000P и 33% первичного диамина EDR 600; с) полиамида 6; и d) полиамида 12. Тканевые композиционные материалы были сформованы с использованием матричного материала из полиамида 6. Композиционные материалы были подвергнуты сжатию при температуре 290°C под давлением 20 бар. Примечание: эти композиционные материалы были подготовлены в соответствии с двумя разными технологическими процессами:

1. Каждый из трех слоев химически обработанных тканей образцов a-d был пропитан полиамидным матричным материалом (сплавлением). Затем все три слоя были собраны и слиты воедино при высокой температуре и под высоким давлением с целью получения конечного композиционного материала.

2. На каждую сторону необработанной ткани (фиг. 4, образцы e и f) был нанесен

особый полиамид в виде порошка; при этом указанный порошок был закреплен на каждой из сторон методом термической обработки. Модифицированная ткань была пропитана полиамидным матричным материалом, а три слоя были собраны и слиты воедино при высокой температуре и под высоким давлением.

На фиг. 4 показано влияние, которое различные составы для химической обработки оказывают на изгибное напряжение в сравнении с двумя контрольными ровингами. Как можно видеть, обработка тканей полиамидом 6 дает более высокое значение напряжения при продолжительности обработки 89 секунд (ускоренное плавление) и 55 секунд, даже если все значения в целом ниже.

ПРИМЕР 4

На фиг. 5 приведены примеры сформованных слоистых материалов, демонстрирующих дополнительные преимущества ткани, подвергнутой химической обработке, над необработанной тканью. Слоистые материалы были сформованы с использованием матричного материала ПА 6 и трех слоев ткани. Слоистые материалы были подвергнуты сжатию при температуре 290°C под давлением 20 бар. Было подготовлено три группы слоистых материалов, в каждой из которых был предусмотрен один контрольный материал, не подвергнутый химической обработке. Слоистые материалы (50-52) первой группы содержали стекловолокно, покрытое проклеивающим составом SE 1500, рассчитанным на использование с термоотверждающимися матричными материалами. Слоистый материал 51 содержал ткань, которая была подвергнута химической обработке малеиновым ангидридом в объеме 0,70% от общей массы ткани; а ткань, использованная в слоистом материале 52, была подвергнута химической обработке малеиновым ангидридом в объеме 2,34% от общей массы ткани. Слоистые материалы (53 и 54) второй группы содержали стекловолоконную ткань, сформованную из ровингов PPG 4510, выполненных из полипропиленгликоля (рассчитанных на использование с термопластичными полиамидными матричными материалами). Слоистый материал 54 содержал ткань, которая была подвергнута химической обработке полиамидом 6 в объеме 6,5% от общей массы ткани. Слоистые материалы (55 и 56) третьей группы содержали стекловолоконную ткань, сформованную из ровингов SE 4002-5 от компании Owens Corning (рассчитанных на использование с термопластичными матричными материалами). Слоистый материал 56 содержал ткань, которая была подвергнута химической обработке стирол-малеиновым ангидридом и амином в объеме 0,81% от общей массы ткани.

Эластичные свойства каждого слоистого материала перечислены в таблице на фиг. 5. Как можно видеть, составы для химической обработки с малеиновым ангидридом способствовали повышению значений напряжения и улучшению упругих свойств в сравнении с контрольным необработанным материалом. Такое улучшение свойств можно также наблюдать во второй и третьей группе слоистых материалов, содержащих стекловолокно, дополнительно покрытое полиамидным проклеивающим составом. Химическая обработка обеспечивает дополнительное повышение, как значений напряжения, так и значений упругости.

Ткань, обработанная SMA и первичным амином (слоистый материал 56), продемонстрировала наивысшее значение напряжения, даже в сравнении с контрольным слоистым материалом (55), за счет улучшенной химической связи.

Хотя в настоящем документе описано лишь несколько примеров осуществления заявленного изобретения, следует понимать, что в них могут быть внесены различные модификации без отступления от существа и объема общей идеи настоящего изобретения. Предполагается, что все такие модификации входят в объем настоящего изобретения

и связанных с ним общих концепций, которые ограничены лишь нижеследующей формулой.

(57) Формула изобретения

1. Армированный композиционный материал, содержащий:
по меньшей мере одну волокнистую арматуру, выполненную из множества волокон, покрытых проклеивающим составом; при этом указанная волокнистая арматура характеризуется наличием первой стороны и второй стороны;
состав для химической обработки, нанесенный по меньшей мере на одну из указанной первой стороны или указанной второй стороны указанной волокнистой арматуры; при этом указанный состав для химической обработки содержит один или несколько из полиамида с точкой плавления менее чем 250°C и химически активного соединения, выбранного из группы, состоящей из первичного амина, первичного амида и стирол-малеинового ангидрида; и
термопластичный матричный материал.
2. Армированный композиционный материал по п. 1, в котором указанные волокна представляют собой непрерывное стекловолокно.
3. Армированный композиционный материал по п. 1, в котором указанная волокнистая арматура представляет собой ткань.
4. Армированный композиционный материал по п. 1, в котором указанный термопластичный материал представляет собой полиамид.
5. Армированный композиционный материал по п. 1, в котором объем наносимого указанного состава для химической обработки составляет около 0,05-20 вес.% от общей массы волокнистой арматуры.
6. Армированный композиционный материал по п. 1, в котором указанный состав для химической обработки улучшает совместимость проклеивающего состава с матричным материалом.
7. Армированный композиционный материал по п. 1, в котором объем наносимого указанного состава для химической обработки составляет около 1,0-10 вес.% от общей массы волокнистой арматуры.
8. Армированный композиционный материал по п. 1, в котором указанное химически активное соединение выбрано из группы, состоящей из полиамидоамина, полиамина, 4,4'-метиленбис(циклогексиламина), полиоксипропилен-диамин, триэтиленгликольдиамин, триметилпропан-полиоксипропилен-триамин, бис(2-аминопропилового)эфира, аминопропилвинилового эфира и полибутадиендиамин.
9. Способ формования армированного композиционного материала, включающий следующие стадии:
формование волокнистой арматуры из множества волокон покрытых проклеивающим составом; при этом указанная волокнистая арматура или упрочняющая ткань характеризуется наличием первой стороны и второй стороны;
нанесение по меньшей мере на одну из указанной первой стороны или указанной второй стороны указанной волокнистой арматуры состава для химической обработки; при этом указанный состав для химической обработки содержит один или несколько из полиамида с точкой плавления менее чем 250°C, и химически активного соединения, выбранного из группы, состоящей из первичного амина, первичного амида и стирол-малеинового ангидрида; и
пропитку указанной волокнистой арматуры термопластичным матричным материалом.

10. Способ по п. 9, в котором указанные волокна представляют собой непрерывное стекловолокно.

11. Способ по п. 9, в котором указанная волокнистая арматура представляет собой ткань.

5 12. Способ по п. 9, в котором указанный термопластичный материал представляет собой полиамид.

13. Способ по п. 9, в котором указанный состав для химической обработки улучшает совместимость проклеивающего состава с матричным материалом.

10 14. Способ по п. 9, в котором объем наносимого указанного состава для химической обработки составляет около 0,05-20 вес.% от общей массы стекловолокна.

15 15. Способ по п. 9, в котором указанное химически активное соединение выбрано из группы, состоящей из полиамидамина, полиамина, 4,4'-метиленис (циклогексиламина), полиоксипропилен-диамин, триэтиленгликольдиамин, триметилпропан-полиоксипропилен-триамин, бис(2-аминопропилового)эфира, аминпропилвинилового эфира и полибутилендиамин.

20

25

30

35

40

45

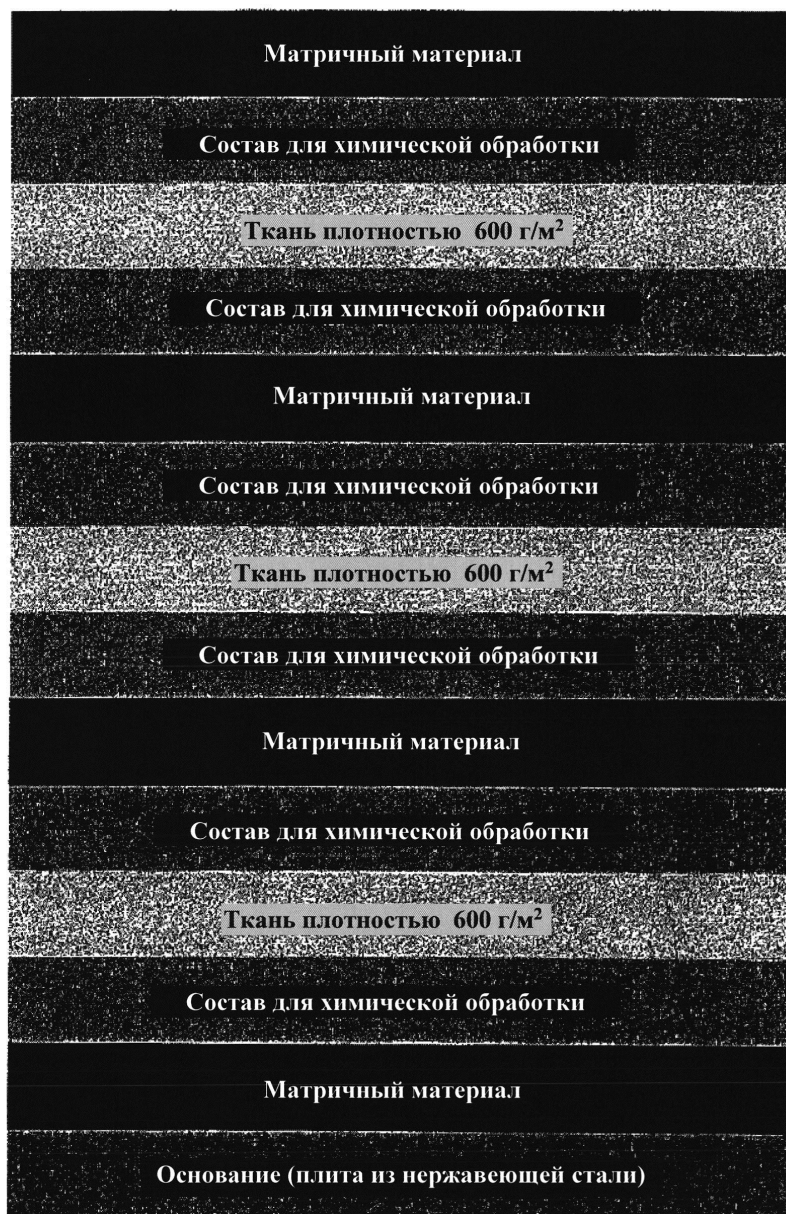
1

1/5

	Композиционный материал А	Композиционный материал В	Композиционный материал С
Состав для химической обработки	Нет	Нет	Полиэфирамин 2,5%
Прочность основы (МПа)	102	268	117
Прочность утка (МПа)	133	346	197
Модуль упругости основы (МПа)	5082	13039	6805
Модуль упругости утка (МПа)	6840	12602	11472
Удлинение основы (%)	4,2	2,9	3,2
Удлинение утка (%)	3,9	4,3	3,3

ФИГ. 1

2

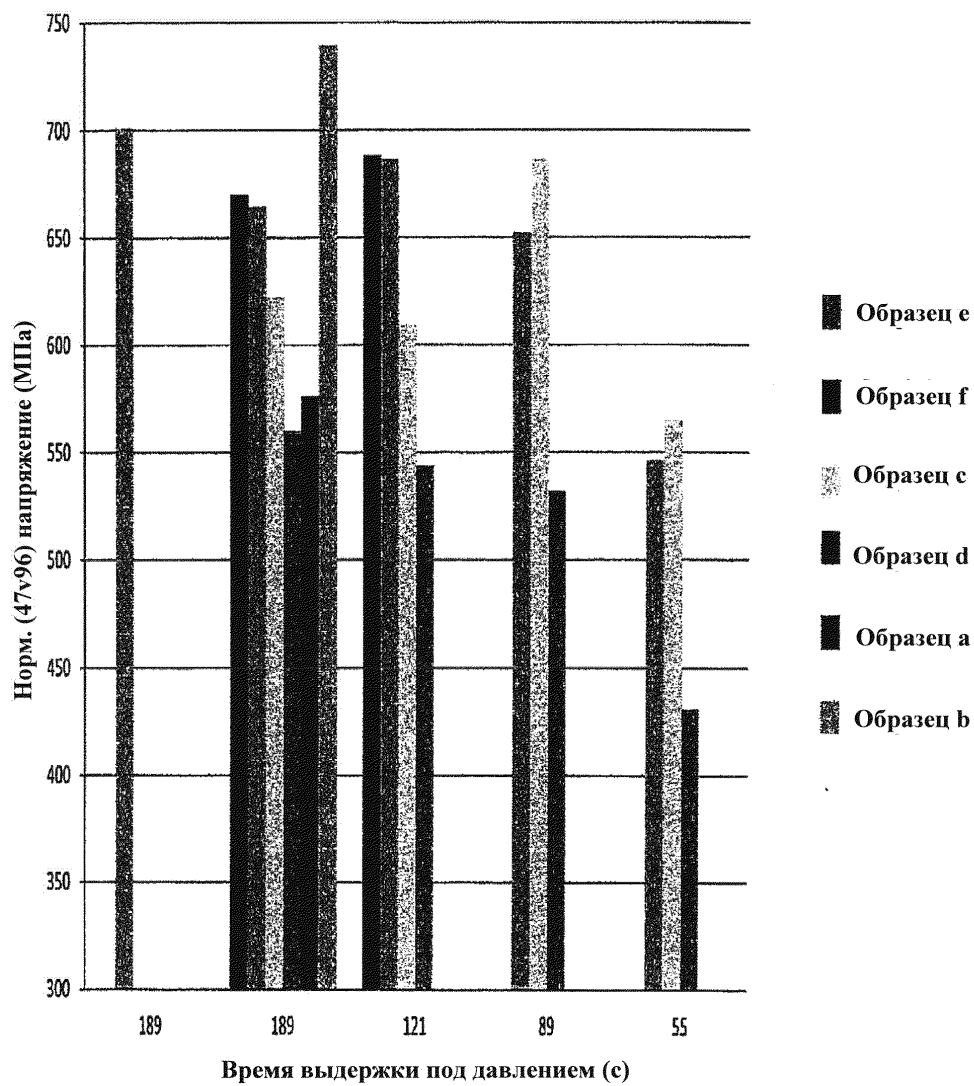


ФИГ. 2

Химические составы жидкого покрытия

ХИМИЧЕСКИЕ СОСТАВЫ	Состав 1	Состав 2	Состав 3	Состав 4	Состав 5
Карбомоноциклическая алкилированная смесь поли-аза-алканов, гидрогенизированная	60,00%				60,00%
4,4'-метиленбис (циклогексиламин)	34,0%		22,7%		
2,4,6-трис(диметиламинометил) фенол	6,0%	5,0%,	5,0%		
Смесь полиамидоаминаа и триэтилентетрамина		50,00%		40.00%	
Аминопропилвиниловый эфир		20,0°	18°		
Триэтиленгликольдиамин		25°		30,0°	
Полибутадиендиамин			54,50°		
Бензилдиметиламин				5,0°	
Поли(оксипропилен) триамин				25°	
N-винилпирролидон					20,0%
Метилловый полимер с оксираном, бис(2-аминопропил)эфир					20,0%
Устойчивость:	хорошая	хорошая	хорошая	хорошая	хорошая
Вязкость, МПа (шпиндель Брукфильда 2)	232,5	70	115	102,5	62,5
Цвет	светло-желтый	тёмно-жёлтый	янтарный	светло-желтый	светло-желтый
Внешний вид	прозрачный	прозрачный	прозрачный	прозрачный	прозрачный

ФИГ. 3



ФИГ. 4

			Примеры слоистого материала									
Ссыл. номер слоист. матер.	Состав для хим. обработки слоистого материала	Ткань		Факт. содержание стекла (масс. %)	Расчет. объем содержание стекла (объем %)	% стекло- волокна для нормал- изм. (объем %)	Изгиб по ISO14125 в прод. направлении					
		Клей- стер	Плот- ность (г/см³)				На- при- жение (МПа)	Ср. кз. опсю- жение напри- жения (МПа)	Нормали- зованное напри- жение (МПа)	Мо- дуль упру- гости (МПа)	Ср. кз. опсю- жение модуль упруг. (МПа)	Нормали- зованный модуль упругости (МПа)
50	Без обработки	SE1500	1200	70,2	50,41	47	327,6	41,8	305	16237	818	15139
51	Маленько- вый ангидрид (0,70%)	SE1500	1200	66,99	46,87	47	610,7	33,6	612	17910	699	17960
52	Маленько- вый ангидрид (2,34%)	SE1500	1200	68,63	48,74	47	647,4	64,6	624	17803	1183	17167
53	Без обработки	PPG4510	1200	65,1	44,77	47	545,1	53,7	572	16458	834	17278
54	PA6 (6,3%)	PPG4510	1200	66,71	46,36	47	655,4	35,8	664	19895	873	20170
55	Без обработки	SE4002-5	1200	71,11	51,54	47	618,9	54,5	564	17551	786	16005
56	SMA 1000P+ Дифференци- EDR 148 (0,81%)	SE4002-5	1200	67,75	49,1	47	748,1	50,5	716	19198	1419	18376

ФИГ. 5