(19) **RU** (11) **2 094 229** (13) **C1**

(51) МПК[6] **B 29 C 67/20, 70/00, B 29 B 11/16, C 22 C 1/09**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 92016476/04, 25.06.1991

(30) Приоритет: 29.06.1990 EP 90201719.3

(46) Дата публикации: 27.10.1997

(56) Ссылки: **Волоконные композиционные материалы / Под ред. Дж.Уитона и З.Скала. - М.: Металлургия, 1978, с. 14 - 17, 20, 52 - 69, 83 и 84, 98 и 134. Композиционные материалы в конструкции летательных аппаратов / Под ред. А.Л.Абибова. - М.: Машиностроение, 1975, с. 254 - 263.**

(86) Заявка PCT:
NL 91/00109 (25.06.91)

(71) Заявитель:
Флекслайн Сервисиз Лтд. (CY),
Гей Герард Де Ягер (NL)

(72) Изобретатель: **Гей Герард Де Ягер[NL]**

(73) Патентообладатель:
Флекслайн Сервисиз Лтд. (CY),
Гей Герард Де Ягер (NL)

(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

(57) Реферат:

Изобретение касается изготовления композиционных и слоистых материалов, усиленных непрерывными или длинными волокнами и/или нитями. Сущность изобретения заключается в последовательных стадиях: (а) формование заготовки из армирующего материала путем размещения неспеченной ленты, полосы, листа или ткани, содержащей множество непрерывных, продольно ориентированных волокон или нитей, которые разнесены друг от друга равномерно распределенными частицами, связанными эластичным связующим, (в) удаление или переработка большой части связующего и, если это требуется, то (с) заполнение пустот и полостей материалом матрицы. Способ изготовления композитов и пластиков, армированных нарезанными и ориентированными волокнами и/или нитями заключается в измельчении неспеченной ленты или узкой полоски, смешении измельченной ленты или полосы с связующим, смазкой и/или материалом матрицы и формовании из этой смеси изделий любым способом формования. 2 с. и 11 з.п. ф-лы.

RU 2094229 C1

RU 2094229 C1

(19) **RU** (11) **2 094 229** (13) **C1**

(51) Int. Cl.[6] **B 29 C 67/20, 70/00, B 29 B 11/16, C 22 C 1/09**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 92016476/04, 25.06.1991

(30) Priority: 29.06.1990 EP 90201719.3

(46) Date of publication: 27.10.1997

(86) PCT application:
NL 91/00109 (25.06.91)

(71) Applicant:
Flekslajn Servisiz Ltd. (CY),
Gej Gerard De Jager (NL)

(72) Inventor: Gej Gerard De Jager[NL]

(73) Proprietor:
Flekslajn Servisiz Ltd. (CY),
Gej Gerard De Jager (NL)

(54) COMPOSITE MATERIAL PRODUCTION METHOD

(57) Abstract:

FIELD: production of composite and laminated materials strengthened with continuous or elongate filaments and/or threads. SUBSTANCE: method involves making blank from reinforcing material by placing nonsintered tape, strip, sheet or web containing continuous longitudinally oriented filaments or threads spaced one from another by uniformly distributed particles connected by resilient binder; removing or reprocessing the major part of binder; filling cavities and voids with matrix material, when required. Manufacture of composite materials and plastics reinforced with cut and oriented filaments and/or threads involves grinding of nonsintered tape or narrow strip; mixing ground tape or strip with binder, lubricant and/or matrix material and forming product from this mixture by any method. EFFECT: increased efficiency, wider operational capabilities and improved quality of products. 13 cl

RU 2094229 C1

RU 2094229 C1

Изобретение относится к армированным композиционным и слоистым материалам. Точнее, изобретение касается способа изготовления композиционных и слоистых материалов, армированных длинным или непрерывным волокном и/или нитями, либо измельченным, ориентированным волокном и/или нитями, как например, армированные волокном композиционные материалы с углеродной матрицей (FRCC), с керамической матрицей (FRCMC), с матрицей из стекла (FRCMC), с матрицей из стекла и керамики (FRGCMC), с металлической матрицей (FRMMC), с интерметаллической матрицей (FRIMC), с матрицей из цемента, бетона или гипса и армированные пластиковые композиты, а также касается лент, узких полосок, листов или ткани из волокон для применения в способе.

Композиционные и слоистые материалы, то есть комбинации двух или более материалов, содержащих материал(ы) матрицы и наполнители для усиления, образующие связанную квазигомогенную структуру с синергическими механическими и физическими характеристиками, сравнимыми с основными материалами матрицы и наполнителя, составляют важный класс конструкционных материалов в современной технологии.

Композиционные материалы могут быть двух различных типов, а именно композиционные материалы, содержащие частицы, пластинки, усы системы несплошного наполнителя, т. е. короткие волокна, хлопья и нарезанные волокна, а именно волокна длиной в диапазоне примерно 3 мм 20 см, и композиционные материалы, содержащие матрицу с предварительно отформованной заготовкой из длинных или непрерывных волокон и/или нитей. Слоистые материалы обычно содержат матрицу с множеством наслоенных слоев из длинного или непрерывного волокна и/или нитей, либо измельченного волокна или нитей.

В принципе, композиционные материалы с измельченным и в частности, с непрерывным волокном и/или нитями, и слоистые материалы представляют собой предпочтительные конструкционные материалы, поскольку они сочетают в себе желательные присущие им физические и/или химические свойства матрицы с превосходными характеристиками прочности и жесткости, получаемых от волокна и/или нитей. Измельченные волокна или нити и длинные сплошные волокна или нити в основном используют в четырех конфигурациях (Кирк Отмер, Энциклопедия химической технологии, изд. 3-е, дополнительный том, с. 261), из которых однонаправленная конфигурация (длинное или непрерывное волокно, либо нити, расположенные по существу параллельно) и конфигурация с ориентированными нарезанными волокнами (измельченные волокна или нити, расположенные все в одном и том же направлении) в принципе обеспечивают оптимальное качество. Поскольку волокна обеспечивают значительный контроль внутренней структуры композиционного материала вследствие их высокого отношения длины к диаметру, то длинные, непрерывные волокна представляют собой выбор усиливающих элементов для изготовления качественных композиционных материалов.

Однако в работе (Миттник и Макэлмэн. Композиты с металлической матрицей, армированные непрерывным волокном из карбида кремния. Конференция по композитам с металлической матрицей. Общество инженеров-механиков, сентябрь 1988, с. 91-99) указано, что при изготовлении композиционных материалов, которое обычно затрагивает сложную геометрию, трудно размещать непрерывное волокно во время процесса изготовления. Система, описанная Миттником и Макэлманом, так называемая система "неспеченной ленты", система "ленты с плазменнонапыленным алюминием" и система "тканого материала", из которых последняя возможно представляет наибольший интерес, действительно являются пригодными только для изготовления слоистых материалов довольно простой формы. Во всех этих системах листы из отдельных волокон, каждый из которых содержит один слой прямых и параллельных волокон, удерживаемых вместе временным или постоянным связующим, либо поперечной связью, затем помещают в форму в требуемой ориентации для изготовления слоистых материалов. Упомянутый способ изготовления неспеченной ленты заключается в намотке волокон или нитей на покрытый фольгой вращающийся барабан, напылении волокна с (временным) слоистым связующим с последующим удаление слоя с барабана для получения плоского листа, используемого для изготовления предварительно отформованной заготовки посредством наслаивания. Этот способ требует тщательного контроля операции намотки для удержания волокон или нитей параллельно с правильным интервалом. Но даже затем, когда лист или пакет и временное связующее из смолы удаляют, ориентация нитей, по меньшей мере, частично теряется.

В Европейской заявке (патент EP N 249927) предлагается применять пучки непрерывных волокон или нитей, имеющих мелкие частицы, короткие волокна и/или усы, осажденные на отдельные поверхности непрерывных волокон или нитей в качестве армирующей системы для композитов и/или слоистых материалов. Эти пучки непрерывных волокон и/или нитей с мелкими частицами, коротких волокон и/или усов, осажденных на отдельные поверхности непрерывных волокон или нитей, образуют путем ввода этих частиц, коротких волокон и/или усов в пучок рыхлых волокон или нитей. В этих условиях более или менее единообразный результат достигается только в том случае, когда как мелкие частицы, так и короткие волокна осаждают на отдельные поверхности непрерывных волокон или нитей. Когда на поверхности непрерывных волокон осаждают только мелкие частицы, волокна имеют тенденцию сбиваться в кучу, а когда только усы или короткие волокна осаждают на поверхности сплошных волокон или нитей, то трудно исключить контакт волокон или нитей друг с другом. Нити легко повреждаются (острыми) материалами, осажденными на поверхности других нитей, и осажденный материал легко выпадает и может повредить

RU 2094229 C1

RU 2094229 C1

оборудование для формования.

Общей проблемой, с которой сталкиваются при применении предварительно отформованных заготовок, полученных из волокон, является то, что матрица не может впитываться достаточно и равномерно между пучками элементарных нитей усиливающих волокон. Междоузельное пространство внутри пучков волокон часто значительно меньше, чем пространство между пучками волокон, используемых для получения предварительно отформованной заготовки, и следовательно степень пропитки пучков по отношению к пропитке заготовки становится недостаточной.

Известен способ изготовления композиционных и слоистых материалов, усиленных непрерывными или длинными волокнами и/или нитями, с матрицей, например, металлической, заключающийся в том, что:

а) формируют заготовку-полуфабрикат из армирующего материала посредством размещения ленты, состоящей из множества непрерывных, продольно ориентированных волокон или нитей, которые разнесены друг от друга равномерно распределенными частицами, например, из титанового сплава, связанными эластичным связующим (полистирольным, акрильным), которые удаляют в процессе горячего прессования;

б) заполняют полости и пустоты образующейся структуры волокнистой ленты материалом матрицы, в данном случае, металлом (Волоконные композиционные материалы. /Под ред. Дж.Уитона и Э.Скала, М. Металлургия, 1978, с.14-17, 20, 83-84, 98,134.).

Целью изобретения является:

получение композиционных и слоистых материалов, армированных длинными или сплошными волокнами и/или нитями в однонаправленной конфигурации, либо длинными измельченными волокнами или нитями в конфигурации с ориентированными измельченными волокнами;

получение таких композиционных или слоистых материалов более дешевым, простым и надежным способом без создания упомянутых проблем;

возможность использования автоматизированной и/или контролируемой технологии для изготовления или формования из расплава типа термопласта для получения сложных заготовок;

исключение повреждения и/или деградации волокон/нитей во время формования и/или обработки;

исключение образования пучков волокон в формованной заготовке;

исключение по существу усадки заготовок;

обеспечение проницаемости заготовки;

упрощение формования смеси с пропитанной матрицей;

уменьшение количества стадий и/или времени изготовления и/или циклов обжига;

получение изделий и/или целых систем из композиционного материала с сетчатой или примерно сетчатой конфигурацией для исключения по существу дорогостоящей механической обработки;

получение новой неспеченной ленты, узкой полоски, листа или ткани с длинными или сплошными волокнами и/или нитями, которая пригодна для применения в способе изготовления композиционных или слоистых материалов в соответствии с изобретением и из которой можно получить плотный композиционный материал.

Другие цели и преимущества изобретения станут очевидными из последующего описания принципов и конкретного исполнения изобретения.

Установлено, что правильная и устойчивая ориентация длинных или сплошных армирующих волокон или нитей легко достигается, когда множество длинных или сплошных усиливающих волокон или нитей, например, жгут волокна, прядь или пучок таких волокон или нитей уложены в один слой, либо ограниченное количество множества слоев, волокон или нитей разнесены частицами, гранулами, пластинками, усами или чешуйками, которые равномерно распределены между волокнами или нитями и закреплены посредством эластичного, органического или другого связующего для получения неспеченной ленты, узкой полоски, листа или ткани, причем такую ленту, полоску, лист или ткань можно разместить (например, посредством оплетки, прессования, наслаивания, способом получения одноосноориентированного волокнистого пластика, прикатки, намотки или ткачества) для получения предварительно отформованной заготовки, в которой волокна/нити защищены во время обработки/формования, при этом ориентация и разнесение волокон или нитей поддерживается связующим. Затем эти предварительно отформованные заготовки используют в качестве армирующей конструкции при изготовлении улучшенных композиционных и слоистых материалов, в частности композиционных материалов на основе графита, керамики, стеклокерамики, металла и интерметаллических соединений. Изобретение основано на этих открытиях.

Согласно одному признаку изобретение касается улучшенного способа получения композиционных и слоистых материалов армированных сплошными или длинными волокнами и/или нитями, например, для получения армированных композиционных материалов с графитовой матрицей (FRCC), с керамической матрицей (FRCMC) со стеклянной матрицей (FRGMC), с стеклокерамической матрицей (FRGCMC) с металлической матрицей (FRMMC) с интерметаллической матрицей (FRIMC), с цементной, бетонной, алмазной или гипсовой матрицей и усиленные полимеры, причем способ заключается в последовательных стадиях: а) формуют заготовку из усиливающего материала путем размещения (например, посредством оплетки, прессования, наслаивания, укладки, намотки и/или ткачества) неспеченной ленты, полоски, листа или ткани, состоящей из множества непрерывных, продольно ориентированных волокон или нитей, которые разнесены друг от друга равномерно распределенными частицами, связанными эластичным связующим; в) удаляют или трансформируют большую часть связующего и, если это требуется, то с) частично или полностью заполняют пустоты полости материалом матрицы.

Известен способ изготовления композиционных материалов, включающий

RU 2094229 C1

RU 2094229 C1

смешение коротких волокон (монокристаллических усов) с материалом неорганической матрицы и последующее формование (Композиционные материалы в конструкции летательных аппаратов. /Под ред. А.Л. Абибова, М. Машиностроение, 1975, с. 254-263).

Предлагаемый способ отличается от известного видом коротких волокон, полученных измельчением неспеченной ленты из непрерывных волокон, соединенных определенным образом эластичным связующим.

Согласно изобретению предлагается способ получения композиционных и слоистых материалов, армированных ориентированными измельченными волокнами и/или нитями, который заключается в резании на отрезки неспеченной ленты или полосы, состоящей из множества непрерывных, продольно ориентированных волокон или нитей, которые разнесены друг от друга равномерно распределенными частицами, связанными гибким связующим, произвольном смешении измельченной ленты или полосы с связующим, смазкой и/или материалом матрицы и формовании из этой смеси заготовок посредством центробежного формования, прямого прессования, литьевого, реакционного, экструзионного формования, литья без давления, вакуумного или другого формования. Предпочтительно способ включает в себя дополнительно, после стадии формования, стадию удаления или переработки большой части связующего.

Существенным признаком изобретения является то, что в качестве исходного материала для изготовления заготовки или приготовления смеси для литьевого формования, состоящей из измельченной ленты или полосы и возможно дополнительного связующего, смазки и/или материала матрицы, применяют необработанную ленту, полосу, лист или полотно, состоящую из множества непрерывных, продольно ориентированных волокон или нитей, которые разнесены друг от друга определенным количеством равномерно распределенных частиц заданного размера, связанных эластичным связующим. Такие ленты или узкие полосы предпочтительно содержат определенное количество частиц матрицы, смешанных с определенным количеством эластичного связующего, следовательно их можно легко разместить в заготовке требуемой формы и при этом поддерживать ориентацию и разнесение нитей и распределения частиц прослойки.

Эти ленты или узкие полоски можно соответственно изготовить стандартными способами, например, как описано в патенте Великобритании, N 1259085. Согласно этому способу нити, сгруппированные вместе в форме пучка нитей, или нити с малой круткой, ровницы или жгута, разделяют, например, путем из пропускания через трубку Вентури, через которую подается жидкость с высокой скоростью, либо прилагают электростатический заряд одного знака ко всем нитям, чтобы нити отталкивались друг от друга, с последующим нанесением порошкообразного обрабатывающего вещества, содержащего частицы прослойки и частицы эластичного связующего с низкой температурой плавления, на разделенные нити и затем плавлением связующего для фиксирования разнесенных нитей и частиц прослойки.

Предпочтительным известным способом изготовления лент и узких полосок является способ (EP, N 274464), который указан здесь для справки. В соответствии со способом из этого патента, но применяя конкретные компоненты согласно изобретению, пучки нитей, например, ровницы располагают в один слой, в котором отдельные нити находятся вместе рядом друг с другом, и затем на разнесенный пучок направляют смесь частиц прослойки и частиц эластичного связующего с низкой температурой плавления в потоке текучей среды (предпочтительно поток газа) при контролируемом давлении, таким образом нити в разнесенном пучке разделяются потоком текучей среды, и частицы равномерно проникают между нитями, при этом связующий расплавляют для фиксирования и капсулирования нитей и частиц прослойки. Этим способом достигается очень равномерное распределение частиц прослойки в непрерывном процессе.

Тип применяемых армирующих волокон или нитей должен соответствовать типу изготавливаемого армированного композиционного или слоистого материала. Предпочтительно для любого типа армированного композиционного или слоистого материала применяют элементарные нити, которые обеспечивают оптимальную прочность и минимальными проблемами в обработке.

Такие нити могут иметь диаметр между примерно 0,3 мкм и 0,3 мм, предпочтительно между 1 мкм и 0,2 мм, и в частности между 2 мкм и 0,15 мм.

Также для любого типа усиленного композиционного или слоистого материала армирующие нити или волокна должны легко и оптимально связываться с матрицей. Для армированных пластмасс волокна или нити в неспеченной ленте или полосе представляют собой предпочтительно высокопрочные, очень жесткие волокна низкой плотности; это позволяет получить наиболее благоприятную совокупность свойств. Соответствующие волокна или нити для этого применения выбирают из группы волокон из арамида, бора, углерода, керамики, стекла, графита, металла, силиката или других волокон.

Для огнеупорных армированных композиционных или слоистых материалов, которые обычно требую обработку при высоких температурах и/или давлении для заполнения пустот или полостей в предварительно отформованной заготовке, усиливающие нити или волокна должны быть стойкими к деградации при контакте с расплавленными, химически связанными или спеченными материалами матрицы. Для этой цели волокна или нити в неспеченной ленте, полосе, листе или полотне представляют собой предпочтительно высококачественные огнеупорные волокна или нити, либо гибриды волокон, пригодные для применения в усиленных волокнами композиционных и слоистых материалах с углеродной матрицей (FRCMC), стеклянной матрице (FRGMC), стокло-керамической матрицей (FRGCMC),

RU 2094229 C1

RU 2094229 C1

металлической матрицей (FRMMC), интерметаллической матрицей (FRIMC) и других композиционных и слоистых материалах. Предпочтительно эти волокна или нити выбирают из группы, состоящей из углерода или графита, причем возможно с защитным покрытием на основе смолистого или полиакрилонитридного (PAN) исходного вещества, окислов, карбидов, нитридов и боридов элементов из группы IIIA и IVA в Периодической Системе и смешанных окислов, карбидов и нитридов элементов из группы IIIA, IVA, IIIB-VIIB и VIII в Периодической Системе. Особенно пригодными волокнами или нитями являются волокна или нити из углерода, графита, окиси алюминия, окиси алюминия- окиси бора-двуокиси кремния, нитрида алюминия, окиси алюминия-двуокиси кремния, бора, карбида бора, нитрида бора, окиси магния, муллита, нитрида, монокристаллического сапфира, высокочистой двуокиси кремния, двуокиси кремния, соединения кремния и нитрида углерода, карбида кремния, соединения нитрида кремния и диборида титана и двуокиси циркония, имеющие покрытие. В качестве волокнистого материала можно применять металлические типы, например, волокна из бериллия, нержавеющей стали, молибдена, титана и вольфрама. Можно также применять волокна из искусственных алмазов.

Выбранные армирующие волокна или нити обрабатывают, например, в соответствии со способом (патент Великобритании, N 1259085), но предпочтительно согласно способу (EP, N 274464) для пропитки их смесью частиц прослойки и частицами связующего. Функция частиц прослойки заключается в разделении волокон или нитей равномерно и на определенном расстоянии и в поддержании вообщем продольной ориентации волокон или нитей. Для достижения этого эффекта частицы прослойки состоят предпочтительно из чешуек, гранул, пластинок и/или усов, причем каждая состоит из инертного материала, который может быть дополнительно усиливающим компонентом, либо состоит из материала, который может представлять компонент матрицы. Типичные размеры этих чешуек, гранул, пластинок или усов должны быть такими, чтобы армирующие волокна или нити были правильно разнесены. На практике это означает, что гранулы, чешуйки, пластины или усы для разделения волокон или нитей имеют средний диаметр и толщина соответственно одного порядка или предпочтительно меньше, чем толщина волокон или нитей.

Термин "связующее вещество", как он применяется здесь и в формуле изобретения, означает компонент или соединение, который удерживает другие компоненты вместе; причем это связующее применяют для связи волокон и частиц до наслаивания или формования. Функция связующего заключается, наконец, в связи, капсулировании и защите волокон или нитей, которые разнесены друг от друга равномерно распределенными частицами прослойки, а также в связи частиц прослойки с устойчивой, формуемой, эластичной лентой, полосой, листом или тканью. Для этой цели применяют эластичное связующее, которым может быть постоянный связующий, например, пластмассовый материал матрицы, когда изготавливают упрочненные пластики (например, прочный высокосетчатый полимер, имеющий высокую термостойкость) или временный связующй, который необходимо удалять или перерабатывать до ввода материала второй фазы матрицы.

В способе, согласно этому изобретению, для изготовления слоистых и композиционных материалов, армированных непрерывными или длинными волокнами и/или нитями, применяют временный связующий, большую часть которого удаляют или перерабатывают на стадии (в).

Соответствующими временными связующими являются натуральные или синтетические полимеры и синтетический воск, имеющий низкую температуру плавления, или их смеси, которые удаляют на стадии (в) посредством нагрева. В качестве воска применяют предпочтительно петролейный воск, поскольку он дешевый и имеет хорошие связующие свойства. Особенно предпочтителен микрокристаллический воск, который является пластичным до вязкого состояния. В качестве полимера предпочтителен материал, который не оставляет или оставляет минимальный остаток после удаления его из предварительно отформованной заготовки, особенно предпочтителен полимер, "с чистым горение", например, полиметилметакрилат, полиалкенкарбонат, полипропиленкарбонат или олефиновый полимер, предпочтительно полиэтилен или полипропилен, либо растворимый в воде связующий материал, например, метилцеллюлоза. Они дешевые, имеют достаточно низкую температуру плавления порядка 150-185 °C и хорошую связующую способность, позволяя получить предпочтительные эластичные ленты, полосы, листы или ткани.

Предпочтительные связующие возвращают в исходное сырье для переработки. Время для нарушения связи (или время, необходимое для удаления связующего вещества) сокращается поскольку частицы матрицы, присутствующие между элементарными нитями, удерживают нити в разнесенной связи, и во время удаления связующего заготовка или формованная конструкция становится все больше пористой.

Примеры связующих для временной связи, которые можно переработать на стадии (в), включают в себя следующие:

В особом случае, когда углеродистый материал составляет весь или часть материала матрицы, например, композиционные материалы на основе углерод/углерод, применяют углеродистый предшественник полимерного связующего, который оставляет после пиролиза значительную массу и объем углерода, например, объемная мезофаза/пек, эпоксидная смола, фуран, фуриловый спирт, фироловый сложный эфир, полиакрилацетителен (PAA), полиамид (PA), полибензимидазол (PBI) аполифениленсульфид (PPS) или фенольная смола или их смеси.

В конкретном случае, когда керамический материал составляет весь или часть

RU 2094229 C1

RU 2094229 C1

материала матрицы, например, композиционный материал на основе SiC или SiN, связующее или часть его является материалом предшественника с высоким выходом керамического угля, который на стадии (в) превращают в керамический материал посредством нагрева или химического синтеза. Таким связующим веществом является предпочтительно органометаллическое соединение на основе кремния, полисилоксан или полисилазан. Пиролиз полимерных металлоорганических смесей представляет собой экономичный, низкотемпературный способ получения керамических материалов, причем для получения керамических материалов SiN используют полисилазаны. В настоящее время получено много новых исходных материалов.

Связующее вещество обычно применяют в форме порошка. Размер частиц связующего зависит от применяемого способа пропитки: он может быть меньше, равен или больше размера частиц гранул, усов или чешуек прослойки, например, между примерно 0,1 мкм и 50 мкм или больше для достижения равномерного распределения частиц связующего между волокнами или нитями и частицами прослойки после окончательного распределения связующего предпочтительно посредством плавки. В качестве связующего можно также применять жидкий предшественник, который становится твердым при температуре окружающей среды.

Волокна или нити, частицы прослойки и связующее применяют в таких пропорциях, чтобы получить действительно однородную и устойчивую ленту, узкую полоску, лист или ткань, которая является достаточно гибкой, чтобы ее можно было расположить в предварительно отформованной заготовке для достижения требуемого упрочнения композиционных или слоистых материалов, которые получают путем ввода материала матрицы и затвердевания или уплотнения формованного изделия. Если это требуется, то связующие полимеры могут содержать пластификатор для улучшения эластичности. Можно применять смеси полимера и воска. Этот результат достигается при отношении содержания волокон или нитей примерно 5/70 об. вычисленных по объему ленты, полоски, листа, или ткани, и предпочтительно 20-55 об. а более предпочтительно 30-50 об. при содержании частиц прослойки примерно 3-50 об. и предпочтительно 5-30 об. а лучше 10-25 об. вычисленных по объему ленты узкой полоски, листа или ткани, при этом остальное составляет связующее.

Кроме волокон или нитей, частиц прослойки и связующего можно также применять небольшое количество дополнительных присадок, например, добавки, химические активаторы, красители, присадки, вспененные материалы, полые наполнители, смазочные вещества, зародышеобразователи и/или реагенты, если это требует способ или результаты, для улучшения поверхностных характеристик волокон или нитей и возможно частиц прослойки и для достижения хорошего распределения наполнителя.

Частицы реактивного материала можно окружить тонким слоем нереактивного материала, предпочтительно связующим (предшественник) до пропитки. Это по существу исключает опасность взрыва и окисления и упрощает меры предосторожности, необходимые при обработке мелкозернистых порошков реактивных металлов, окруженных защитным слоем инертного газа.

Гибкая неспеченная лента, узкая полоска, полотно или ткань, коротая изготовлена таким способом, сохраняет ориентацию и разнесение элементарных нитей и распределение частиц, и из такой ленты можно изготовить или формовать из расплава, подобно гибкому термопластичному препрегу, тщательно сконструированную заготовку посредством оплетки, прессования, наслаивания, одноосновного ориентирования волокнистого пластика, вальцовки, укладки слоями, ткачества и/или намотки, либо ее можно разрезать на отрезки и затем смешать с связующим и/или смазкой, и/или дополнительным материалом в форме частиц, пригодным для формования и получения заготовок, любым известным способом формования. Термин "предварительно отформованная заготовка", как его применяют здесь и в формуле изобретения, означает предварительно отформованный армирующий волокнистый наполнитель, отформованный до заданной конфигурации до ее размещения в форме.

Для упрощения изготовления заготовки обычно применяют регулируемый источник тепла для размягчения связующего и следовательно упрощения формования и улучшения эластичности "неспеченной пряжи". Таким образом можно легко осуществлять способ изготовления сложных форм (например, объемное, т.е. изменение положения смежных нитей (AYPEX), особый тип объемного плетения, вязания, многослойного ткачества и гибридного ткацкого переплетения, которое представляет собой комбинацию объемных ортогональных ткацких плетений и трехмерных плетений) с выборочным армированием нитями. Однородность предварительно отформованной заготовки определяет постоянство конечных изделий и продуктов. Для улучшения этой однородности можно прилагать тепло и давление. Во время формования заготовки по существу сохраняется первоначальное разделение между элементарными нитями и/или распределение элементарных нитей "в неспеченной пряже". Контакт между волокнами исключается, что препятствует элементарным нитям рваться или повреждаться, и также улучшается прочность нитей в поперечном направлении.

Для получения огнеупорных армированных композиционных или слоистых материалов (неспеченную) заготовку формованную из частиц волокон и порошкового материала, затем переносят в форму и исходное полимерное связующее вещество обрабатывают (химический синтез/пиролиз полимерного предшественника), или связующее с "чистым горение" удаляют любым известным способом.

Во время упомянутой обработки между волокнами или нитями и частицами

RU 2094229 C1

RU 2094229 C1

прослойки, удерживаемыми на листе между элементарными нитями, могут образовываться полости или пустоты.

После обработки получают продукт в виде пористой, предварительно отформованной заготовки с равномерно распределенными мелкими порами между элементарными нитями и частицами прослойки. Размер пор регулируют в зависимости от размера, количества частиц прослойки и объема предшественника и/или связующего с "чистым горением", применяемым для пропитки волокон или элементарных нитей.

Сохраняется по существу первоначальная форма, поскольку равномерно распределенные частицы матрицы удерживают волокна или элементарные нити в разнесенной связи до, во время и после химического синтеза или пиролиза полимерного предшественника и/или удаления связующего. Усадка заготовки по существу исключается. Благодаря присутствию этих частиц, равномерно распределенных между элементарными нитями, элементарные нити удерживаются в позитивной ориентации со слоями, расположенными под углом, причем они остаются хорошо разнесенными рядом поперек заготовки, что обеспечивает улучшенную прочность на изгиб заготовки. Проницаемость заготовки регулируют равномерным распределением частиц или элементарных нитей, причем ее можно точно определить и оптимизировать путем выбора размеров частиц, которые улавливаются между волокнами/элементарными нитями во время пропитки и которые удерживают элементарные частицы в правильно разнесенной связи во время последующего пиролиза полимерного предшественника или удаления связующего и последующей повторной пропитки заготовки, например, способом химической пропитки в паровой фазе.

После получения проницаемой заготовки пустоты между элементарными нитями и частицами заполняют или повторно пропитывают любым известным способом пропитки заготовки либо из комбинации, например, пропитки самотеком, непрерывной пропитки, пропитки под давлением инертного газа или вакуумной пропитки материалом матрицы (в виде жидкости/расплава или суспензии/, посредством химической пропитки в паровой фазе (CVI) химической/диффузионной или реакционной связи либо путем формования материала матрицы на месте посредством реакции при относительно низких температурах между впитанными жидкими или твердыми материалами либо суспензией и соответствующими газами (например, направленное окисление металла). Продолжительность пропитки можно увеличить с приложением низкого давления или без него за короткий отрезок времени и предпочтительно при более низких температурах, в результате достигается более полная и ускоренная пропитка материала второй фазы матрицы, таким образом уменьшается опасность деградации волокон. На этих стадиях пропитки можно вводить добавки для улучшения текучести пропитывающего материала (материалов), если он в виде жидкости или суспензии, а если это керамический материал матрицы, то можно применять спекание для исключения упрочнения поверхности раздела. Когда это требуется, пропитку можно повторить, возможно после обработки с приложением тепла и/или давления до тех пор, пока поры не уменьшатся. Равномерность заготовки внутри пространства между элементарными нитями и более полная пропитка приводят к значительному уменьшению и равномерности усадки. Поскольку значительное количество материала матрицы уже присутствует, то пропитка до полного уплотнения может достигаться при более низком давлении и за более короткий отрезок времени, чем в известном способе пропитки/ или химической пропитки из паров, и следовательно экономическая эффективность способа повышается. Пустоты между элементарными нитями и частицами можно частично заполнять попеременно материалом матрицы любым из упомянутых способов. Пустоты заполняются только до определенной степени, что позволяет изготавливать такие изделия как, например, мембраны, фильтры, подложки для катализаторов и биологически совместимые композиционные материалы, имеющие поры.

Способ согласно изобретению является идеальным для изготовления композиционных конструкционных материалов, подверженных высоким напряжениям. Формованные композиционные или слоистые материалы, полученные в соответствии с изобретением, пригодны для их применения при высоких нагрузках, например, в аэрокосмической, автомобильной, химической и нефтехимической отраслях промышленности, ядерных или плазменных реакторах, для шлифовальных инструментов, в оборонной и других отраслях промышленности, где требуются композиционные материалы, армированные непрерывными или длинными волокнами, например, с матрицей из углерода, углерода/керамики, керамики, стекла, стеклокерамики, металла интерметаллических соединений и других. Особенно для аэрокосмических применений требуются прочные, высококачественные материалы, например, для сапунов силовых систем, деталей газовых турбин, теплозащитных экранов, сопел реактивных двигателей, камер сгорания для прямоточных воздушно-реактивных двигателей и главных конструкций и каркасов аэроксмических летательных аппаратов (сверхзвуковые) и спутников, причем из таких материалов можно получить сложные конфигурации. Им можно придать специальный свойства как, например, электропроводность/разрыв непрерывности, нагревательные, магнитные свойства, свойства запоминать форму, теплопроводность.

Функциональноградиентные материалы (FGM), которых определенный материал или комбинация материалов изменяет постепенно свой состав по толщине или форму и становится отличным материалом или комбинацией, необходим для изготовления деталей двигателя, каркасов и систем силовых установок для будущих высокоскоростных самолетов и космических летательных аппаратов. Легкие конструкционные материалы способны

RU 2094229 C1

RU 2094229 C1

выдерживать более высокую температуру, чем обычные металлы, и при этом они демонстрируют высокую прочность и ударостойкость, например, сверхжаропрочные конструкционные материалы, в которых керамический материал, с одной стороны обеспечивает теплостойкость, а металл, с другой стороны, обеспечивает прочность, причем состав в одном изделии или профиле постепенно изменяется от одной стороны к другой. Другими примерами градиентных материалов являются, например, материалы на основе углерод-углерода или керамические материалы. Поскольку поверхность раздела между двумя материалами отсутствует, то проблемы, связанные с границей в результате тепловых напряжений, исключаются. Можно получить другие комбинации, основанные на определении стойкости к истиранию, химической стойкости, плотности, дефектов, трения, твердости, температуры плавления, жесткости, прочности, теплового расширения, вязкости, износостойкости и их комбинаций.

Химию, состав, микроструктуру градиентных материалов можно определить, например, посредством применения предшественников, способов химического осаждения из паров «CVD» плазменного осаждения из паров или других способов либо их комбинаций для пропитки, например, предшественников, причем с высокий выходом полимера для жидкой пропитки и газов для химической пропитки из паровой фазы.

Применение перепадов давления и/или температур во время пропитки может улучшить результаты обработки. Мембраны, фильтры и подложки для катализаторов для среды и других применений можно изготовить благодаря возможности рассчитать заданную пористость, таким образом можно вводить в поверхности мембраны заряженные молекулы и/или активные химические группы либо можно постепенно пропитывать поры.

Сверхпроводящие композиты в форме змеевиков, трубок, проволоки или других конфигураций можно получить экструдированием или другими способами формования с использованием частиц и/или волокон из сверхпроводящей окиси, возможно смешанных с органометаллическими предшественниками сверхпроводящей окиси.

Приложение электрического, микроволнового, радиационного или другого источника энергии к формованному композиционному материалу может, в зависимости от его состава, изменить определенные свойства композиционного материала, например, способность к связи, химическая стойкость, электропроводность, электрооптические, магнитные свойства, пористость и другие свойства, а также их комбинации.

Из биосовместимых композиционных материалов можно изготовить искусственные биологические организмы, например, искусственные кости, причем часть пор можно пропитать медицинскими "донорами или предшественниками", и пористость может способствовать соединению или формированию естественной кости. С другой стороны, все больше и больше стали применять электрокерамические сплавы, сплавы, способные запоминать форму, пьезоэлектрические и магнитострикционные материалы.

Для получения "прочных материалов и конструкций" с матрицей из углерода, керамики, стекла, металлов и т.п. можно вводить все виды добавок в предварительно отформованную заготовку для контроля целостности структуры во время формования, для акустического и вибрационного контроля и другого активного контроля, для обнаружения повреждения и теплового расширения во время применения формованных материалов и конструкций. Компонентами, которые можно вводить, являются возбудители, пьезоэлектрические элементы, сплавы и волокна, запоминающие форму, тезодатчики, особенно оптиковолоконные тензодатчики.

Пример 1. Детали конструкции самолета из композиционного материала на основе алюминий-магний-SiC, армированного сплошными графитовыми волокнами.

Сплошные графитовые мононити с защитным покрытием (диаметром 10 мкм) пропитывают равномерно смесью порошкового сплава алюминий-магний (Al-Mg) с размером частиц 8 мкм, частиц SiC (1 мкм) и порошкового пропиленового связующего материала (15-20 мкм). Предварительно отформованная заготовка имеет заданное выборочное армирование мононитями в соответствии с требованиями обработки и характеристиками, диктуемыми требованиями к изделию для конечного применения. Содержание смеси легированной матрицы/связующего определяют с учетом эластичности, необходимой для последующего формования сложных форм. Равномерную пропитку осуществляют с высокой скоростью в атмосфере инертного газа с использованием способа непрерывной пропитки связующего/порошка (EP, N 274464). Состав ленты состоит из 50 об. графитовых элементарных нитей, 20 об. частиц прослойки для матрицы порошкового сплава Al-Mg, включая частицы SiC, и 30 об. связующего (содержание магния составляет 6 мас. от матрицы сплава Al-Mg). Для улучшения смачивания частиц керамического порошка, которые обычно не смачиваются расплавленным алюминием, в материал матрицы добавляют магний, который улучшает способность к смачиванию. Для исключения опасности взрыва и коррозии или деградации во время обработки сплава Al-Mg, например, во время пропитки, плавки, применяют инертный газ.

Пропитанное волокно пропускают через сушилку с инфракрасным нагревом, связующий материал расплавляется и "капсулирует" частицы порошка Al-Mg, включая частицы SiC, удерживая их равномерно распределенными между элементарными нитями. Наслаивание/калибрование "неспеченной ленты" обеспечивает формование тщательно сконструированной заготовки. Для упрощения формования заготовки применяют контролируемый источник инфракрасного тепла для размягчения полимерного связующего, таким образом улучшается способность к формованию "неспеченной ленты" во время формования заготовки и фиксирование заготовки во время

RU 2094229 C1

RU 2094229 C1

последующего охлаждения. Предварительно формируют сложную конфигурацию с выборочным армированием волокном. Во время формования заготовки поддерживается первоначальное разделение между элементарными нитями и/или распределение элементарных нитей, какое было в "неспеченной ленте".

Затем предварительно отформованную заготовку из волокон и порошка переносят в форму, имеющую конфигурацию, соответствующую конечной конструкции, и удаляют связующий (посредством нагрева под вакуумом, в результате которого связующее улетучивается). Во время такого удаления связующего материала образуются пустоты или полости между фиксированными порошками Al-Mg матрицы и частицами SiC, удерживаемыми на месте между элементарными нитями. Во время удаления связующего применяют "очищающий газ" азот для удаления любого загрязнения в волокнах или пропитанных частицах.

Заготовку предварительно нагревают, а полости между элементарными нитями и частицами затем пропитывают под вакуумом жидким материалом матрицы Al-Mg при температуре 850-950°C под низким давлением инертного газа.

Таким образом получают формованное композиционное изделие с исключительными свойствами и со значительной экономией в массе, например, на 35-40% по сравнению с обычным сплавом Al-Mg, при этом сохраняются его механические свойства. Поскольку графитовые волокна имеют отрицательное тепловое расширение, а алюминий положительное тепловое расширение, то конструкция не будет расширяться при изменении температуры.

Подобные заготовки можно получить, если способ повторить с использованием других армирующих нитей. Вместо металлической матрицы можно применять другие материалы или комбинации материалов матрицы.

Керамические композиционные материалы можно получить аналогичным способом, в котором частицы металла/расплавленный металл образуют материал предшественника керамического материала, и затем можно осуществлять химический синтез, например, посредством реакции окисления между металлом и окислителем.

Можно также применять прямое окисление, при котором (дополнительный) металл постепенно проходит через его собственный продукт окисления и заготовку за счет капиллярного действия для поддержания процесса "вращивания" в заготовку (запатентованный способ направленного окисления LANXIDE).

Примеры керамических материалов матрицы включают в себя без ограничения окиси алюминия, нитрид алюминия, нитрид циркония, нитрид титана и матрицу AlN.

В качестве волокон или части гибридного волокнистого материала для формования заготовки можно применять металлические волокна предшественника. Затем их превращают в керамический материал посредством реакции окисления.

Пример 2. Литье под давлением изделия из алюминия, армированного длинными волокнами карбида кремния.

Теперь проведем испытание для получения сложных деталей в большом объеме. Ленточный материал, такой же, как в примере 1, с использованием полипропиленового связующего разрезают на отрезки длиной 10 мм. Состав ленты: 30 об. элементарных нитей SiC, 40 об. частиц прослойки для матрицы из порошка (5 мкм) сплава Al-Mg, включая частицы (0,5 мкм) SiC и 30 об. связующего (содержание магния составляет 6 мас. матрицы сплава Al-Mg).

Нарезанную лету смешивают с 10% дополнительного связующего и смазкой для получения смеси, подобной зубной пасте, которую можно впрыскивать в многогнездную пресс-форму. Изделие, отлитое под давлением, удаляют из пресс-формы, и посредством комбинации экстрагирования растворителем и/или термообработки удаляют растворитель, таким образом связующее разрушается и испаряется. Обработку продолжают до тех пор, пока не останется минимальное количество связующего для удержания формованного металлического изделия вместе. Изделие спекают при высокой температуре. Для уменьшения усадки отлитое под давлением изделие можно пропитать, до спекания, сверхтонкими частицами металла или расплавленным металлом.

Этим способом, с использованием большей части порошкового металла, а также керамических материалов, можно изготавливать различные изделия.

Пример 3. Изделие с матрицей из SiC, армированное непрерывным волокном из карбида кремния.

Непрерывную мононить (10 мкм) из карбида кремния равномерно пропитывают смесью частиц (3,5 мкм) порошка SiC прослойки и полисиланового полимерного материала предшественника керамического материала (с размером частиц 10-20 мкм). Для достижения прочности связи на поверхности раздела на мононити наносят покрытие из пиролитического углерода.

Равномерную пропитку осуществляют с высокой скоростью с применением способа непрерывной пропитки порошка из связующего и частиц (EP, N 274464) в результате связующий расплавляется.

Состав ленты: 50 об. мононитей SiC, 20 об. частиц SiC и 30 об. полисиланового связующего полимера в качестве предшественника.

Пропитанную нить пропускают через инфракрасную сушилку, при этом исходный связующий материал расплавляется и окружает частицы SiC, удерживая равномерно распределенными.

Наслаивание/калибрование обеспечивает придание формы полученному "неспеченному жгуту волокна".

Из "неспеченной ленты" формуют тщательно сконструированную оплетенную заготовку и соединяют ее с уложенными в стопу пластиками, при этом принимаются меры против усадки во время затвердевания, в результате получают "прочную оплетку", и затем поверх этой конструкции наматывают слоями по часовой и против часовой стрелки спиральные, предварительно отформованные ленты, для образования растягивающей оплетки. Заготовка имеет определенное выборочное усиление мононитями в соответствии с формой и усилиями,

RU 2094229 C1

RU 2094229 C1

прилагаемыми к готовой цилиндрической конструкции.

Первоначальное разделение между мононитями и/или распределение мононитей, существующее в "неспеченной ленте", по существу сохраняются во время формования заготовки.

Затем предварительно отформованную заготовку из волокон и порошка переносят в форму, имеющую конфигурацию, которая соответствует готовой конструкции, и предшественник пиролизуют при уменьшенной температуре, причем достаточно низкой, чтобы исключить деградацию волокон.

Частицы карбида кремния, равномерно распределенные между мононитями, удерживают мононити в положительной ориентации "со слоями под углом", и хорошо разнесенными рядом поперек заготовки, что позволяет значительно быстрее и очень хорошо пропитывать материал второй фазы матрицы, посредством химической пропитки из паров (CVI) в результате термического разложения органического соединения силана, метилтрихлорсилан (MTS) в присутствие водорода при повышенной температуре.

Композиты Si_3N_4 можно получить подобным способом с использованием керамического полисилазанового связующего материала и химического синтеза.

Способом химической пропитки из паров (CVI) с использованием газа азота, можно уплотнять предварительно отформованную заготовку после удаления "чисто сгораемого" связующего или после синтеза связующего керамического предшественника.

Способ CVI осуществляют предпочтительно при температурах, достаточно низких (например, 800-900°C) для улучшения равномерного осаждения/уплотнения/пропитки и исключения преждевременного закрытия пор на поверхности заготовки.

Другие возможности способа CVI включают в себя Al_2O_3, ZrO_2, TiB_2 и TiC. Можно также успешно применять соединение золя с гелем или реакционную связь.

Керамические волокна предшественника можно применять в качестве волокна или части гибридного волокнистого материала для формования заготовки. Затем их превращают в керамический материал посредством пиролиза.

Пример 4. Композиционное изделие на основе углерод/углерод.

Непрерывную графитовую нить (диаметром 10 мкм) равномерно пропитывают смесью частиц (3,5 мкм) графитового порошка и порошкообразного полиамидного (PA) связующего материала (размер частиц 10-20 мкм, в среднем примерно 15 мкм).

Равномерную пропитку осуществляют с высокой скоростью, применяя способ пропитки связующего/порошка частиц (EP, N 274464), таким образом графитовые частицы равномерно распределяются, а полиамидный связующий расплавляется.

Состав ленты: 50 об. графитовых мононитей, 25 об. графитовых частиц и 25 об. порошкообразного полиамидного связующего. Таким образом больше, чем 75% уже составляют углеродные материалы, что позволяет значительно сократить время на изготовление конуса из композиционного материала на основе углерод/углерод.

Пропитанную нить пропускают через сушилку для инфракрасного нагрева/плавления, полиамидный связующий материал расплавляется и окружает графитовые частицы и удерживает их равномерно распределенными.

Наслаивание/калибрование придает форму полученной таким образом "неспеченной ленте".

Из "неспеченной ленты" формуют тщательно сконструированную заготовку, полученную посредством комбинации оплетки и намотки в направлении к краю.

Заготовка имеет определенное выборочное армирование мононитью в соответствии с формой "розетки" и усилиями, прилагаемыми к готовой конструкции выходного конуса ракеты. Для улучшения однородности заготовку спекают в горячем прессе и затем подвергают высокотемпературной обработке в атмосфере инертного газа азота, дополнительно уплотняют под действием небольшого тепла и низкого давления и после этого ее формуют до конфигурации готовой конструкции выходного конуса ракеты, чтобы получить сетчатый конус.

Затем заготовку конуса из волокон и порошка передают в форму, имеющую конфигурацию готовой конструкции конуса, а полиамидный связующий материал пиролизуют посредством нагрева до температуры свыше 800°C в инертной атмосфере, при этом от пиролизуемого полиамида остается углеродный остаток.

Потери в массе полиамидного связующего, связанные с процессом пиролиза, являются функцией температуры, и между "пропитанными" первичными графитовыми частицами и полиамидным вторичным материалом углеродной матрицы, удерживаемым на месте между мононитями, образуются полости/пустоты.

Пустоты между мононитями и частицами углерода заполняются под вакуумом горячим пеком в качестве источника углерода, и их снова пиролизуют для увеличения плотности. После черновой механической обработки цикл пропитки снова повторяют до тех пор, пока не будет достигнута требуемая плотность углеродной матрицы.

Затем композиционный конус обрабатывают путем нагрева до температуры 2400-2800°C, посредством чего матрица претерпевает структурное изменение и превращается в графит.

в зависимости от применения твердые поверхности конуса на основе углерод-углерод покрывают или диффузионно связывают для заполнения наружных слоев карбидом кремния и защиты композиционного материала на основе углерод-углерод против ухудшения свойств в результате окисления. Для большой долговечности можно применять поверхностное уплотнение.

При применении этого способа композиты, даже имеющие сложные формы, на основе углерод-углерод, армированные сплошными волокнами, изготавливают более постоянно и значительно дешевле.

RU 2094229 C1

RU 2094229 C1

Благодаря большому содержанию уже присутствующего углерода пропитку до полной плотности можно осуществлять при низком давлении и за значительно меньший отрезок времени, чем известным способом.

Эти примеры включают в себя обычно сходные схемы обработки для приготовления заготовки. Улучшенная пропитка предлагает возможность значительно большей гибкости в изготовлении композитов сложной сетчатой формы, поскольку присутствие равномерно распределенных полостей делает предварительно отформованную заготовку проницаемой, и следовательно намного упрощается проникновение материала матрицы в эти пустоты между волокнами, причем время проникновения значительно сокращается, так как значительная часть материала (материалы) матрицы обычно присутствует в заготовке в порошковой форме и/или предшественнике и требуется только дополнительная пропитка идентичного или совместимого материала второй фазы матрицы.

Формула изобретения:

1. Способ изготовления композиционного материала на основе армирующего волокнистого наполнителя и матрицы, включающий формование заготовки-полуфабриката из армирующего волокнистого наполнителя путем размещения ленты, состоящей из непрерывных, продольно ориентированных волокон или нитей, разделенных друг от друга равномерно распределенными частицами, связанными эластичным связующим-предшественником, с последующим образованием пористой структуры ленты, пропитку ее материалом матрицы и переработку пропитанной заготовки в конечной формованный композиционный материал, отличающийся тем, что образование пористой структуры ленты осуществляют полностью или частично переводом связующего-предшественника в материал матрицы.

2. Способ изготовления композиционного материала на основе армирующего волокнистого наполнителя и матрицы, включающий формование заготовки нужной формы из дискретного волокнистого наполнителя, пропитку заготовки материалом матрицы и переработку пропитанной заготовки в конечной формованный композиционный материал, отличающийся тем, что в качестве дискретного волокнистого наполнителя используют волокно, полученное измельчением ленты, состоящей из непрерывных, продольно ориентированных волокон или нитей, разделенных друг от друга равномерно распределенными частицами, связанными эластичным связующим-предшественником, и заготовку нужной формы формируют смешением дискретного волокнистого наполнителя со связующим и по крайней мере одной из смазок материала матрицы с образованием смеси и прессованием с последующим образованием пористой структуры заготовки, причем образование пористой структуры осуществляют полностью или частично переводом связующего предшественника в материал матрицы.

3. Способ по пп.1 и 2, отличающийся тем, что в качестве равномерно распределенных частиц используют гранулы, чешуйки, пластинки, усы или их смеси.

4. Способ по п.3, отличающийся тем, что всю или часть гранул, чешуек, пластинок или усов используют из инертного материала или материала, который может быть компонентом матрицы.

5. Способ по п.3, отличающийся тем, что применяют частицы реактивного материала, которые закапсулированы нереактивным материалом.

6. Способ по любому из пп.1 5, отличающийся тем, что в качестве связующего или его части используют материал предшественника с высоким выходом керамического угля, который можно превратить в керамический материал посредством нагрева или химического синтеза.

7. Способ по п.6, отличающийся тем, что в качестве связующего используют металлоорганические соединение на основе кремния, полисилен или полисилазан.

8. Способ по одному из пп.1 7, отличающийся тем, что в качестве связующего или его части используют материал предшественника источника углерода, который можно трансформировать путем сжигания или пиролиза, оставив при этом значительное количество углерода.

9. Способ по п.8, отличающийся тем, что в качестве связующего используют объемную мезофазу-пек, фуран, фуриловый спирт, фуриловый сложный эфир, полиарилацетилен, полибензимидазол, полифениленсульфид, эпоксидную смолу, полиамидную или фенольную смолу или их смеси.

10. Способ по любому из пп.1 9, отличающийся тем, что используют заготовку состава 20 50 об. волокон, 5 30 об. равномерно распределенных частиц, остальное связующее.

11. Способ по п.10, отличающийся тем, что используют заготовку состава 30 50 об. ленты из волокон, 10 25 об. равномерно распределенных частиц, остальное связующее.

12. Способ по одному из пп.1 11, отличающийся тем, что заготовку изготавливают из слоев ленты, полосы, листа или ткани, так что состав и/или структура неспеченного материала изменяется предпочтительно постепенно от одного слоя к другому или от одной группы слоев к другой.

13. Способ по одному из пп.1 12, отличающийся тем, что ленту, полосу, лист или ткань дорабатывают так, что гибкость улучшается до формования заготовки.

RU 2094229 C1

RU 2094229 C1