



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

D04H 1/49 (2020.05)

(21)(22) Заявка: 2018121091, 09.12.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.12.2016Дата регистрации:
03.06.2021

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
11.12.2015 US 62/266,120

(43) Дата публикации заявки: 09.12.2019 Бюл. № 34

(45) Опубликовано: 03.06.2021 Бюл. № 16

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 07.06.2018(86) Заявка РСТ:
US 2016/065725 (09.12.2016)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2017/100511 (15.06.2017)Адрес для переписки:
197101, Санкт-Петербург, а/я 128, "АРС-
ПАТЕНТ", М.В. Хмара

(72) Автор(ы):

ШОЛ Нил Т. (US),
ТОПОЛКАРАЕВ Василий А. (US),
КАРРИЛЬО ОХЕДА Антонио Х. (US),
МАКИНИНИ Райан Дж. (US),
ТАУЭР Теодор Т. (US)

(73) Патентообладатель(и):

КИМБЕРЛИ-КЛАРК ВОРЛДВАЙД, ИНК.
(US)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: EP 1550746 A1, 06.07.2005. US
4444710 A, 24.04.1984. WO 2014199269
A1, 18.12.2014. RU 2406561 C2, 20.12.2010.

(54) МНОГОСТАДИЙНЫЙ СПОСОБ ВЫТЯГИВАНИЯ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ ПОРИСТЫХ ВОЛОКОН

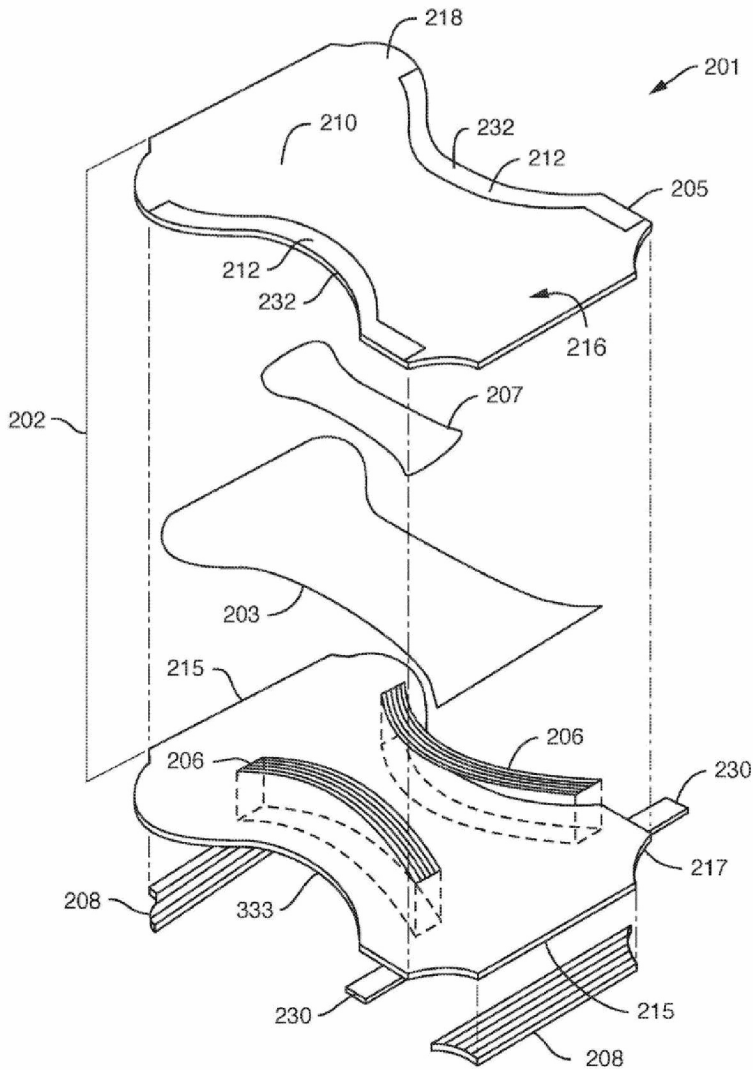
(57) Реферат:

Предоставлен способ формирования пористых волокон. Волокна образуют из термопластичной композиции, содержащей непрерывную фазу, которая содержит матричный полимер и добавку-нановключение, по меньшей мере частично несовместимую с матричным полимером, так что она становится диспергированной в непрерывной фазе в виде дискретных наноразмерных фазовых доменов. Способ включает пропускание пучка волокон через многостадийную вытягивающую систему, которая включает по меньшей мере первую стадию жидкостного вытягивания и

вторую стадию жидкостного вытягивания. На первой стадии вытягивания применяют первую жидкую среду, имеющую первую температуру, а на второй стадии вытягивания применяют вторую жидкую среду, имеющую вторую температуру. Как первая, так и вторая температура ниже, чем температура плавления матричного полимера, и первая температура выше, чем вторая температура, причем первая температура составляет от 20°C до 90°C, а вторая температура составляет от -10°C до 20°C. Более высокая первая температура может нагреть волокна до

оптимальной температуры для вытягивания, при которой по-прежнему могут образовываться поры, по сути, не ломаясь. Более низкая вторая температура, впрочем, может обеспечить то, что

волокна станут более жесткими, уменьшив, таким образом, вероятность деформации. 22 з.п. ф-лы, 2 табл., 4 пр., 7 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

D04H 1/49 (2020.05)(21)(22) Application: **2018121091, 09.12.2016**(24) Effective date for property rights:
09.12.2016Registration date:
03.06.2021

Priority:

(30) Convention priority:
11.12.2015 US 62/266,120(43) Application published: **09.12.2019 Bull. № 34**(45) Date of publication: **03.06.2021 Bull. № 16**(85) Commencement of national phase: **07.06.2018**(86) PCT application:
US 2016/065725 (09.12.2016)(87) PCT publication:
WO 2017/100511 (15.06.2017)

Mail address:

**197101, Sankt-Peterburg, a/ya 128, "ARS-
PATENT", M.V. Khmara**

(72) Inventor(s):

**SHOL Nil T. (US),
TOPOLKARAEV Vasilij A. (US),
KARRILO OKHEDA Antonio KH. (US),
MAKININI Rajan Dzh. (US),
TAUER Teodor T. (US)**

(73) Proprietor(s):

KIMBERLI-KLARK VORLDAJD, INK. (US)(54) **MULTI-STAGE DRAWING METHOD FOR POROUS FIBER FORMING**

(57) Abstract:

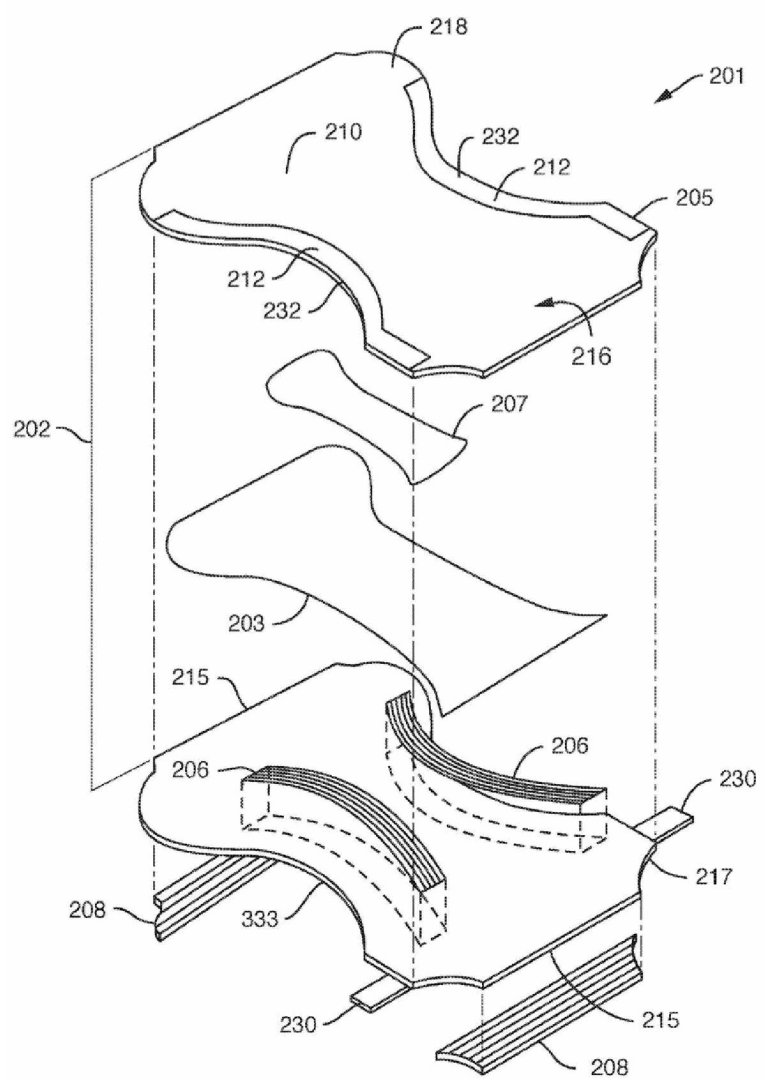
FIELD: chemical fibers.

SUBSTANCE: method for forming porous fibers is provided. The fibers are formed from a thermoplastic composition containing a continuous phase that contains a matrix polymer and a nano-inclusion additive that at least partially incompatible with the matrix polymer, so that it becomes dispersed in the continuous phase as discrete nanoscale phase domains. The method includes passing a bundle of fibers through a multi-stage drawing system that includes at least a first fluid drawing stage and a second fluid drawing stage. At the first drawing stage, the first fluid medium having the first temperature is used, and at the second drawing stage, the second fluid medium having the second temperature is used.

Both the first and second temperature are lower than the melting point of the matrix polymer, and the first temperature is higher than the second temperature, with the first temperature ranging from 20°C to 90°C, and the second temperature is from -10°C to 20°C. A higher first temperature can heat the fibers to the optimal temperature for drawing, at which pores can still form, essentially without breaking. A lower second temperature, however, can ensure that the fibers become more rigid, thus reducing the likelihood of deformation.

EFFECT: improved technique for obtaining porous fibers is proposed.

23 cl, 2 tbl, 4 ex, 7 dwg



Фиг. 1

Родственные заявки

Настоящая заявка испрашивает приоритет предварительной заявки на патент США с регистрационным номером 62/266 120, поданной 11 декабря 2015 года, которая полностью включена в данный документ посредством ссылки на нее.

Предпосылки изобретения

Были приложены значительные усилия для получения волокон низкой плотности для улучшения использования природных ресурсов и снижения углеродного следа конечных продуктов. Типичный подход при получении волокон низкой плотности заключается во вспенивании полимера с применением физических или химических порообразующих средств, с помощью которых создают газové ячейки по всему объему. Химические порообразующие средства представляют собой соединения, которые подвергают химической реакции с выделением газа и создают ячеистую структуру по всему объему полимера. Физические порообразующие средства обычно представляют собой сжатые газы, которые диспергированы в полимере и расширяются, образуя ячейки. Независимо от этого, типичные способы вспенивания вызывают низкомолекулярную ориентацию, поскольку образование ячеек происходит, когда полимер находится в расплавленном состоянии. Это предотвращает деформационное упрочнение полимера, которое обычно происходит при температурах значительно выше температуры плавления или температуры стеклования полимера, давая продукты с низкой механической прочностью. Более того, при обычных способах вспенивания образуются ячейки больших размеров, например, более 100 мкм. Это снижает прочность расплава, таким образом, приводя к разрывам в волокне в ходе формования. В связи с этим, в настоящее время существует необходимость в улучшенном способе создания пористой структуры в полиолефиновых волокнах с тем, чтобы они могли обладать сниженной плотностью.

Краткое описание изобретения

В соответствии с одним вариантом осуществления настоящего изобретения раскрыт способ формования пористых волокон. Способ включает подачу пучка волокон в вытягивающую систему, содержащую первый бак и второй бак, расположенный ниже по потоку относительно первого бака, и вытягивание пучка волокон через первый и второй баки, образуя, таким образом, в волокнах поровую сеть, содержащую множество нанопор. По меньшей мере часть волокон образуют из термопластичной композиции, содержащей непрерывную фазу, которая содержит матричный полимер и добавку-нановключение, диспергированную в непрерывной фазе в виде дискретных доменов. Первый бак содержит первую жидкую среду, имеющую первую температуру, а второй бак содержит вторую жидкую среду, имеющую вторую температуру. Первая и вторая температуры ниже, чем температура плавления матричного полимера, и первая температура выше, чем вторая температура.

Другие признаки и аспекты настоящего изобретения более подробно рассмотрены ниже.

Краткое описание графических материалов

Полное и достаточное раскрытие настоящего изобретения, включая наилучший способ его осуществления, предназначенное для специалиста в данной области техники, изложено ниже, в частности, в остальной части описания, в которой предусмотрены ссылки на прилагаемые графические материалы, на которых:

на фиг. 1 представлен вид в перспективе одного варианта осуществления впитывающего изделия, в котором можно применять волокна согласно настоящему изобретению;

на фиг. 2 представлена схематическая иллюстрация способа, который можно применять в одном варианте осуществления настоящего изобретения для формования волокон;

на фиг. 3 представлена схематическая иллюстрация многостадийной системы для вытягивания пучка волокон в соответствии с одним вариантом осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 4 представлена схематическая иллюстрация многостадийной системы для вытягивания пучка волокон в соответствии с другим вариантом осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 5 представлена схематическая иллюстрация одного из баков, применяемых на фиг. 3;

на фиг. 6 представлен вид спереди бака, показанного на фиг. 5; и

на фиг. 7 представлен вид сверху бака и вытягивающих валов, показанных на фиг. 5.

Подробное описание иллюстративных вариантов осуществления

Далее будет представлено подробное описание со ссылками на различные варианты осуществления настоящего изобретения, один или несколько примеров которых приведены ниже. Каждый пример приведен для пояснения настоящего изобретения и не ограничивает его. В действительности специалистам в данной области техники будет понятно, что в настоящее изобретение могут быть внесены различные модификации и изменения без отступления от объема или сути настоящего изобретения. Например, признаки, проиллюстрированные или описанные как часть одного варианта осуществления, могут быть применены в другом варианте осуществления для получения еще одного варианта осуществления. Таким образом, имеется в виду, что настоящее изобретение охватывает такие модификации и изменения, которые подпадают под объем прилагаемой формулы изобретения и ее эквивалентов.

В общем, настоящее изобретение направлено на способ формования пористых волокон. Волокна образуют из термопластичной композиции, содержащей непрерывную фазу, которая содержит матричный полимер и добавку-нановключение, по меньшей мере частично несовместимую с матричным полимером, так что она становится диспергированной в непрерывной фазе в виде дискретных наноразмерных фазовых доменов. Способ согласно настоящему изобретению в целом включает пропускание пучка волокон через многостадийную вытягивающую систему, которая включает по меньшей мере первую стадию жидкостного вытягивания и вторую стадию жидкостного вытягивания. Более конкретно, на первой стадии вытягивания применяют первую жидкую среду, имеющую первую температуру, а на второй стадии вытягивания применяют вторую жидкую среду, имеющую вторую температуру. Как первая, так и вторая температура ниже, чем температура плавления матричного полимера, например, по меньшей мере на приблизительно 10°C, в некоторых вариантах осуществления по меньшей мере на приблизительно 20°C и в некоторых вариантах осуществления по меньшей мере на приблизительно 30°C ниже температуры плавления. Примечательно, однако, что первая температура выше, чем вторая температура. Например, первая температура может быть по меньшей мере на приблизительно 10°C, в некоторых вариантах осуществления по меньшей мере на приблизительно 15°C и в некоторых вариантах осуществления по меньшей мере на приблизительно 20°C выше второй температуры. Первая температура может, например, составлять от приблизительно 20°C до приблизительно 90°C и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 25°C до приблизительно 60°C, тогда как вторая температура может быть от приблизительно -10°C до приблизительно 20°C и в некоторых вариантах

осуществления от приблизительно 0°C до приблизительно 15°C.

Предполагается, что при вытягивании таким образом наноразмерные фазовые домены внутри волокон способны взаимодействовать уникальным образом для создания сети пор во внутренней стенке волокон. А именно, предполагается, что удлиняющее натяжение, проявляющееся при вытягивании, может инициировать образование зон интенсивного локального сдвига и/или зон интенсивности напряжения (например, нормальных напряжений) вблизи дискретных фазовых доменов в результате концентраций напряжений, обусловленных несовместимостью материалов. Эти зоны сдвига и/или интенсивности напряжения вызывают некоторое начальное нарушение адгезии в матрице, прилегающей к доменам. После образования исходных пор матрица, расположенная между доменами, может подвергаться пластической деформации с созданием внутренних областей растягивания, которые локально сужаются (или становятся более узкими) и деформационно упрочняются. Этот процесс обеспечивает образование пор по всему объему внутренней стенки, которые растут в направлении растягивания, тем самым приводя к образованию поровой сети, тогда как молекулярная ориентация приводит к деформационному упрочнению, которое увеличивает механическую прочность. В дополнение к простому образованию поровой сети авторы настоящего изобретения обнаружили, что с применением разности температур во время последовательных стадий жидкостного вытягивания также можно снизить частоту сужений в волокнах и, таким образом, увеличить общий объем пор. Более конкретно, более высокая первая температура может нагреть волокна до оптимальной температуры для вытягивания, при которой по-прежнему могут образовываться поры, по сути, не ломаясь. Более низкая вторая температура, впрочем, может обеспечить то, что волокна станут более жесткими, уменьшив, таким образом, вероятность деформации.

Далее будут более подробно описаны различные варианты осуществления настоящего изобретения.

I. Термопластичная композиция

A. Матричный полимер

Матричные полимеры обычно составляют от приблизительно 60 вес. % до приблизительно 99 вес. %, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 60 вес. % до приблизительно 98 вес. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 80 вес. % до приблизительно 95 вес. % термопластичной композиции.

Природа матричного полимера (матричных полимеров), применяемого (применяемых) для образования непрерывной фазы, не критична, и в целом можно применять любой подходящий полимер, такой как сложные полиэфиры (например, полиэтилентерефталат, полимолочная кислота и т. д.), полиолефины, стирольные полимеры, полиамиды и т. д.

В одном варианте осуществления, например, может быть применен полиолефин, который имеет температуру плавления от приблизительно 100 °C до приблизительно 220 °C, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 120 °C до приблизительно 200 °C и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 140 °C до приблизительно 180 °C. Температуру плавления можно определять с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии («DSC») в соответствии с ASTM D-3417. Подходящие полиолефины могут, например, включать полимеры этилена (например, полиэтилен низкой плотности («LDPE»), полиэтилен высокой плотности («HDPE»), линейный полиэтилен низкой плотности («LLDPE») и т. д.), гомополимеры пропилена (например, синдиотактический, атактический, изотактический и т. д.), сополимеры пропилена и т. п. В одном конкретном варианте осуществления полимер

представляет собой полимер пропилена, такой как гомополипропилен или сополимер пропилена. Например, полимер пропилена может быть образован из, по сути, изотактического гомополимера или сополимера полипропилена, содержащего другие мономеры в количестве, равном или меньшем приблизительно 10 вес. %, т. е. по меньшей мере приблизительно 90% по весу пропилена. Такие гомополимеры могут иметь температуру плавления, составляющую от приблизительно 140°C до приблизительно 170°C.

Разумеется, другие полиолефины также можно применять в композиции согласно настоящему изобретению. В одном варианте осуществления, например, полиолефин может представлять собой сополимер этилена или пропилена и другого α -олефина, такого как C_3 - C_{20} α -олефин или C_3 - C_{12} α -олефин. Конкретные примеры подходящих α -олефинов включают 1-бутен; 3-метил-1-бутен; 3,3-диметил-1-бутен; 1-пентен; 1-пентен с одним или несколькими метильными, этильными или пропильными заместителями; 1-гексен с одним или несколькими метильными, этильными или пропильными заместителями; 1-гептен с одним или несколькими метильными, этильными или пропильными заместителями; 1-октен с одним или несколькими метильными, этильными или пропильными заместителями; 1-нонен с одним или несколькими метильными, этильными или пропильными заместителями; этил-, метил- или диметилзамещенный 1-децен; 1-додецен и стирол. Особенно желательными α -олефиновыми сомономерами являются 1-бутен, 1-гексен и 1-октен. Содержание этилена или пропилена в таких сополимерах может составлять от приблизительно 60 мол. % до приблизительно 99 мол. %, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 80 мол. % до приблизительно 98,5 мол. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 87 мол. % до приблизительно 97,5 мол. %. Содержание α -олефина может подобным образом находиться в диапазоне от приблизительно 1 мол. % до приблизительно 40 мол. %, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 1,5 мол. % до приблизительно 15 мол. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 2,5 мол. % до приблизительно 13 мол. %.

Типичные олефиновые сополимеры для применения в настоящем изобретении включают сополимеры на основе этилена, доступные под названием EXACT™ от ExxonMobil Chemical Company, Хьюстон, Техас. Другие подходящие сополимеры этилена доступны под названиями ENGAGE™, AFFINITY™, DOWLEX™ (LLDPE) и ATTANE™ (ULDPE) от Dow Chemical Company, Мидленд, Мичиган. Другие подходящие полимеры этилена описаны в патентах США № 4937299, выданном Ewen и соавт.; № 5218071, выданном Tsutsui и соавт.; № 5272236, выданном Lai и соавт.; и № 5278272, выданном Lai и соавт. Подходящие сополимеры пропилена также коммерчески доступны под названиями VISTAMAXX™ от ExxonMobil Chemical Co., Хьюстон, Техас; FINA™ (например, 8573) от Atofina Chemicals, Фелюи, Бельгия; TAFMER™, доступный от Mitsui Petrochemical Industries; и VERSIFY™, доступный от Dow Chemical Co., Мидленд, Мичиган. Подходящие гомополимеры полипропилена могут включать полипропилен Exxon Mobil 3155, смолы Exxon Mobil Achieve™ и смолу Total M3661 PP. Другие примеры подходящих полимеров пропилена описаны в патентах США № 6500563, выданном Datta и соавт.; № 5539056, выданном Yang и соавт.; и № 5596052, выданном Resconi и соавт.

Для образования олефиновых сополимеров, как правило, можно использовать любую из множества известных методик. Например, олефиновые полимеры можно образовывать с применением свободнорадикального или комплексного катализатора (например, Циглера-Натта). Предпочтительно, олефиновый полимер образуют благодаря применению комплексного катализатора с единым центром полимеризации,

такого как металлоценовый катализатор. Такая каталитическая система обеспечивает получение сополимеров этилена, в которых сомономер случайно распределен в молекулярной цепи и равномерно распределен по фракциям с различным молекулярным весом. Полиолефины, получаемые посредством катализа металлоценами, описаны, например, в патентах США № 5571619, выданном McAlpin и соавт.; № 5322728, выданном Davis и соавт.; № 5472775, выданном Obijeski и соавт.; № 5272236, выданном Lai и соавт.; и № 6090325, выданном Wheat и соавт. Примеры металлоценовых катализаторов включают дихлорид бис(н-бутилциклопентадиенил)титана, дихлорид бис(н-бутилциклопентадиенил)циркония, хлорид бис(циклопентадиенил)скандия, дихлорид бис(инденил)циркония, дихлорид бис(метилциклопентадиенил)титана, дихлорид бис(метилциклопентадиенил)циркония, кобальтоцен, трихлорид циклопентадиенилтитана, ферроцен, дихлорид гафноцена, дихлорид изопропил (циклопентадиенил-1-флуоренил)циркония, дихлорид молибдоцена, никелоцен, дихлорид ниобоцена, рутеноцен, дихлорид титаноцена, гидрохлорид цирконоцена, дихлорид цирконоцена и т. п. Полимеры, получаемые с помощью металлоценовых катализаторов, как правило, характеризуются узким диапазоном молекулярного веса. Например, полимеры, получаемые посредством катализа металлоценами, могут характеризоваться числами полидисперсности (M_w/M_n), составляющими ниже 4, регулируемым распределением короткоцепочечной разветвленности и регулируемой изотактичностью.

В. Добавка-нановключение

В данном документе термин «добавка-нановключение» в целом относится к материалу, который поддается диспергированию в полимерной матрице в виде дискретных наноразмерных доменов. Например, перед вытягиванием домены могут характеризоваться средним размером поперечного сечения от приблизительно 1 до приблизительно 1000 нанометров, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 5 до приблизительно 800 нанометров, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 10 до приблизительно 500 нанометров и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 20 до приблизительно 200 нанометров. Домены могут иметь множество различных форм, таких как эллиптическая, сферическая, цилиндрическая, пластинчатая, трубчатая и т. д. В одном варианте осуществления, например, домены имеют по сути эллиптическую форму. Добавку-нановключение, как правило, применяют в количестве, составляющем от приблизительно 0,05 вес. % до приблизительно 20 вес. %, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,1 вес. % до приблизительно 10 вес. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,5 вес. % до приблизительно 5 вес. % термопластичной композиции в пересчете на вес матрицы непрерывной фазы. Концентрация добавки-нановключения во всей термопластичной композиции может аналогичным образом составлять от приблизительно 0,01 вес. % до приблизительно 15 вес. %, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,05 вес. % до приблизительно 10 вес. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,3 вес. % до приблизительно 6 вес. % термопластичной композиции.

Добавка-нановключение является частично несовместимой с матричным полимером в том смысле, что она может быть распределена в матричном полимере по существу равномерно, но в форме дискретных доменов. Такая частичная несовместимость может быть достигнута рядом способов. В определенных вариантах осуществления, например, добавка-нановключение может обладать неполярным компонентом (например, олефином), который совместим с матричным полимером и обеспечивает возможность его равномерного распределения в ней. Тем не менее, добавка может также содержать

полярный компонент, несовместимый с матричным полимером, который, тем самым, обеспечивает возможность ее коалесценции или разделения на дискретные домены. Такой компонент может содержать полярные молекулярные сегменты или блоки, ионные группы, заряженные или незаряженные полярные домены и/или полярные молекулярные группы с низким или высоким молекулярным весом. В качестве альтернативы добавка может быть полностью неполярной по природе, но обладать определенными физическими свойствами, которые все же обеспечивают возможность образования дискретных доменов. Например, в определенных вариантах осуществления добавка-нановключение может быть совместимой или смешиваемой с матричным полимером выше определенной температуры, но подвергаться разделению фаз при температурах ниже критической температуры растворения. Таким образом, добавка-нановключение может образовывать стабильную смесь с матричным полимером в фазе расплава, но при снижении температуры непрерывная фаза кристаллизуется и отделяется так, что добавка-нановключение может подвергаться разделению фаз, коалесцировать и образовывать отдельные наноразмерные домены.

Конкретные состояние или форма добавки-нановключения не критичны, при условии, что могут образовываться желаемые домены. Например, в некоторых вариантах осуществления добавка-нановключение может находиться в форме жидкости или полутвердого вещества при комнатной температуре (например, 25°C). Такую жидкость можно легко диспергировать в матрице с образованием метастабильной дисперсии и затем охлаждать для сохранения размера доменов путем снижения температуры смеси. Кинематическая вязкость такого жидкого или полутвердого материала обычно составляет от приблизительно 0,7 до приблизительно 200 сантистокс («сСт»), в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 1 до приблизительно 100 сСт и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 1,5 до приблизительно 80 сСт, что определено при 40°C. Подходящие жидкие или полутвердые вещества могут включать, например, силиконы, сополимеры силиконов-простых полиэфиров, алифатические сложные полиэфиры, ароматические сложные полиэфиры, алкиленгликоли (например, этиленгликоль, диэтиленгликоль, триэтиленгликоль, тетраэтиленгликоль, пропиленгликоль, полиэтиленгликоль, полипропиленгликоль, полибутиленгликоль и т. д.), алкандиолы (например, 1,3-пропандиол, 2,2-диметил-1,3-пропандиол, 1,3-бутандиол, 1,4-бутандиол, 1,5-пентандиол, 1,6-гександиол, 2,2,4-триметил-1,6-гександиол, 1,3-циклогександиметанол, 1,4-циклогександиметанол, 2,2,4,4-тетраметил-1,3-циклобутандиол и т. д.), аминоксиды (например, октилдиметиламиноксид), сложные эфиры жирных кислот, амиды жирных кислот (например, олеамид, эрукамид, стеарамид, этилен-бис(стеарамид) и т. д.), минеральные и растительные масла и т. п. Одним особенно подходящим жидким или полутвердым веществом является простой полиэфир с концевыми гидроксильными группами, как, например, коммерчески доступный под торговым наименованием Pluriol® WI от BASF Corp.

В еще нескольких других вариантах осуществления добавка-нановключение находится в форме твердого вещества, которое может быть аморфным, кристаллическим или полукристаллическим. Например, добавка-нановключение может быть полимерной по природе и обладать относительно высоким молекулярным весом для способствования улучшению прочности расплава и стабильности термопластичной композиции. Как указано выше, добавка-нановключение частично несовместима с матричным полимером. Одним примером такой добавки является микрокристаллический полиолефиновый воск, обычно получаемый из этилена и/или C₃-C₁₀-алк-1-енов, как, например, из

пропилена, 1-бутена, 1-пентена, 1-гексена, 1-гептена, 1-октена, 1-нонена и 1-децена. Микрокристаллические воски обычно характеризуются относительно низкой температурой плавления, такой как от приблизительно 30°C до приблизительно 150°C, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 50°C до приблизительно 140°C и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 80°C до приблизительно 130°C. При таких низких температурах плавления воск может образовывать смешиваемую смесь с матричным полимером в фазе расплава, но при снижении температуры и кристаллизации или затвердевании полимера воск будет отделяться и коалесцировать с образованием отдельных наноразмерных доменов.

Другой пример полимерной добавки-нановключения представляет собой функционализированный полиолефин, содержащий полярный и неполярный компоненты. Полярный компонент может, например, быть представлен одной или несколькими функциональными группами, а неполярный компонент может быть представлен олефином. Олефиновый компонент добавки-нановключения, как правило, может быть образован из любого линейного или разветвленного б-олефинового мономера, олигомера или полимера (в том числе сополимеров), полученного из олефинового мономера, такого как описанный выше. Функциональная группа добавки-нановключения может представлять собой любую группу, молекулярный сегмент и/или блок, обеспечивающие молекуле полярный компонент и несовместимые с матричным полимером. Примеры молекулярного сегмента и/или блоков, несовместимых с полиолефином, могут включать сегменты и/или блоки акрилатов, стиролов, сложных полиэфиров, полиамидов и т. д. Функциональная группа может иметь ионную природу и содержать заряженные ионы металлов. Особенно подходящие функциональные группы представляют собой малеиновый ангидрид, малеиновую кислоту, фумаровую кислоту, малеимид, гидразид малеиновой кислоты, продукт реакции малеинового ангидрида и диамина, метилнадиновый ангидрид, дихлормалеиновый ангидрид, амид малеиновой кислоты и т. д. Полиолефины, модифицированные малеиновым ангидридом, особенно подходят для применения в настоящем изобретении. Такие модифицированные полиолефины, как правило, образуют путем привития малеинового ангидрида на основную цепь полимерного материала. Такие малеинированные полиолефины доступны от E. I. du Pont de Nemours and Company под названием Fusabond®, как, например, серия Р (химически модифицированный полипропилен), серия Е (химически модифицированный полиэтилен), серия С (химически модифицированный этиленвинилацетат), серия А (химически модифицированные сополимеры или тройные сополимеры этилена и акриловой кислоты) или серия N (химически модифицированный сополимер этилена и пропилена, этиленпропилендиеновый мономер («EPDM») или сополимер этилена и октена). В качестве альтернативы, малеинированные полиолефины также доступны от Chemtura Corp. под названием Polybond®, Eastman Chemical Company под названием Eastman серии G и Arkema под названием Orevac®.

В определенных вариантах осуществления полимерная добавка-нановключение также может быть реакционноспособной. Одним примером такой реакционноспособной добавки-нановключения является полиэпоксид, который содержит в среднем по меньшей мере два оксирановых кольца на молекулу. Не желая ограничиваться какой-либо теорией, полагают, что такие молекулы полиэпоксидов могут подвергаться реакции (например, удлинения цепи, разветвления боковой цепи, привития, образования сополимеров и т. д.) с определенными компонентами композиции для улучшения прочности расплава без значительного снижения температуры стеклования. Реакционноспособная добавка может также обеспечивать совместимость между

матричным полимером и другими более полярными добавками, такими как добавки-микровключения, и может улучшать однородность дисперсии и уменьшать размер добавок-микровключений. Например, как будет описано подробнее ниже, в определенных вариантах осуществления настоящего изобретения можно применять

5 сложный полиэфир в качестве добавки-микровключения. В таких вариантах осуществления реакционноспособная добавка-нановключение может обеспечивать протекание нуклеофильной реакции раскрытия кольца по концевой карбоксильной группе сложного полиэфира (образование сложного эфира) или по гидроксильной

10 группе (образование простого эфира). Подобным образом могут происходить побочные реакции с оксазолином с образованием сложноэфирно-амидных фрагментов. Посредством таких реакций молекулярный вес сложнополиэфирной добавки-микровключения можно увеличить для противодействия разложению, часто

наблюдаемому при формовании из расплава. Авторы настоящего изобретения обнаружили, что слишком интенсивная реакция может приводить к сшиванию основных

15 цепей полимера. Если допустить протекание такого сшивания в значительной степени, получаемая полимерная смесь может стать хрупкой и сложной для переработки в волокно с желаемыми свойствами прочности и удлинения.

В связи с этим авторы настоящего изобретения обнаружили, что полиэпоксиды, характеризующиеся относительно низким количеством эпоксидных функциональных

20 групп, могут быть особенно эффективными, что можно количественно выразить через их «эпоксидный эквивалентный вес». Эпоксидный эквивалентный вес отражает количество смолы, которое содержит одну молекулу эпоксидной группы, и его можно рассчитать путем деления среднечислового молекулярного веса модификатора на количество эпоксидных групп в молекуле. Полиэпоксид согласно настоящему

25 изобретению, как правило, характеризуется среднечисловым молекулярным весом, составляющим от приблизительно 7500 до приблизительно 250000 грамм на моль, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 15000 до приблизительно 150000 грамм на моль и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 20000 до 100000 грамм на моль с коэффициентом полидисперсности, находящемся, как

30 правило, в диапазоне от 2,5 до 7. Полиэпоксид может содержать менее 50, в некоторых вариантах осуществления от 5 до 45 и в некоторых вариантах осуществления от 15 до 40 эпоксидных групп. В свою очередь, эпоксидный эквивалентный вес может составлять менее приблизительно 15000 грамм на моль, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 200 до приблизительно 10000 грамм на моль и в некоторых

35 вариантах осуществления от приблизительно 500 до приблизительно 7000 грамм на моль.

Полиэпоксид может представлять собой линейный или разветвленный гомополимер или сополимер (например, статистический, привитый, блок-сополимер и т. д.), содержащий концевые эпоксидные группы, скелетные оксирановые звенья и/или

40 подвешенные эпоксидные группы. Мономеры, применяемые для образования таких полиэпоксидов, могут меняться. В одном конкретном варианте осуществления, например, полиэпоксид содержит по меньшей мере один (мет)акриловый мономерный компонент с эпоксидными функциональными группами. В данном документе термин «(мет)акриловый» включает акриловый и метакриловый мономеры, а также их соли

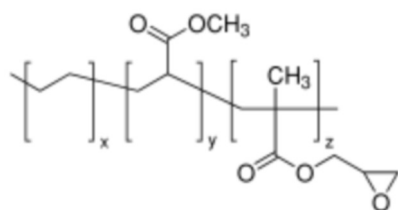
45 или сложные эфиры, такие как акрилатные и метакрилатные мономеры. Например, подходящие (мет)акриловые мономеры с эпоксидными функциональными группами могут включать без ограничения мономеры, содержащие 1,2-эпоксидные группы, такие как глицидилакрилат и глицидилметакрилат. Другие подходящие мономеры с

эпоксидными функциональными группами включают простой аллилглицидиловый эфир, глицидилэтакрилат и глицидилитаконат.

Полиэпоксид, как правило, характеризуется относительно высоким молекулярным весом, как указано выше, так что это может приводить не только к удлинению цепи, но также способствовать достижению желаемых морфологических характеристик смеси. Таким образом, получаемый показатель текучести расплава полимера, как правило, находится в диапазоне от приблизительно 10 до приблизительно 200 грамм за 10 минут, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 40 до приблизительно 150 грамм за 10 минут и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 60 до приблизительно 120 грамм за 10 минут, определенном при нагрузке, составляющей 2160 грамм, и при температуре 190 °С.

Полиэпоксид также обычно включает по меньшей мере один линейный или разветвленный α -олефиновый мономер, такой как имеющий от 2 до 20 атомов углерода и предпочтительно от 2 до 8 атомов углерода. Конкретные примеры включают этилен, пропилен, 1-бутен; 3-метил-1-бутен; 3,3-диметил-1-бутен; 1-пентен; 1-пентен с одним или несколькими метильными, этильными или пропильными заместителями; 1-гексен с одним или несколькими метильными, этильными или пропильными заместителями; 1-гептен с одним или несколькими метильными, этильными или пропильными заместителями; 1-октен с одним или несколькими метильными, этильными или пропильными заместителями; 1-нонен с одним или несколькими метильными, этильными или пропильными заместителями; этил-, метил- или диметилзамещенный 1-децен; 1-додецен и стирол. Особенно желательными α -олефиновыми сомономерами являются этилен и пропилен. Другой подходящий мономер может включать (мет)акриловый мономер, не содержащий эпоксидных функциональных групп. Примеры таких (мет)акриловых мономеров могут включать метилакрилат, этилакрилат, н-пропилакрилат, изопропилакрилат, н-бутилакрилат, втор-бутилакрилат, изобутилакрилат, трет-бутилакрилат, н-амилакрилат, изоамилакрилат, изоборнилакрилат, н-гексилакрилат, 2-этилбутилакрилат, 2-этилгексилакрилат, н-октилакрилат, н-децилакрилат, метилциклогексилакрилат, циклопентилакрилат, циклогексилакрилат, метилметакрилат, этилметакрилат, 2-гидроксиэтилметакрилат, н-пропилметакрилат, н-бутилметакрилат, изопропилметакрилат, изобутилметакрилат, н-амилметакрилат, н-гексилметакрилат, изоамилметакрилат, втор-бутилметакрилат, трет-бутилметакрилат, 2-этилбутилметакрилат, метилциклогексилметакрилат, циннамилметакрилат, кротилметакрилат, циклогексилметакрилат, циклопентилметакрилат, 2-этоксиэтилметакрилат, изоборнилметакрилат и т. д., а также их комбинации.

В одном особенно желательном варианте осуществления настоящего изобретения полиэпоксид представляет собой тройной сополимер, образованный из (мет)акрилового мономерного компонента с эпоксидными функциональными группами, β -олефинового мономерного компонента и (мет)акрилового мономерного компонента без эпоксидных функциональных групп. Например, полиэпоксид может представлять собой сополимер этилена-метилакрилата-глицидилметакрилата, имеющий следующую структуру:



где x, y и z равны 1 или больше.

Мономер с эпоксидными функциональными группами можно преобразовать в

полимер, применяя ряд известных технологий. Например, мономер, содержащий полярные функциональные группы, можно привить на полимерную основную цепь с получением привитого сополимера. Такие технологии привития хорошо известны в уровне техники и описаны, например, в патенте США № 5179164. В других вариантах осуществления мономер, содержащий эпоксидные функциональные группы, можно сополимеризовать с мономером с образованием блок- или статистического сополимера, применяя известные методики свободнорадикальной полимеризации, такие как реакции под высоким давлением, использование каталитических реакционных систем Циглера-Натта, каталитических реакционных систем с единым центром полимеризации (например, металлоценов) и т. д.

Относительную долю мономерного компонента (мономерных компонентов) можно выбирать для достижения баланса между реакционной способностью эпоксидных групп и показателем текучести расплава. Более конкретно, высокие значения содержания эпоксисодержащего мономера могут обуславливать хорошую реакционную способность, но слишком высокое содержание может снизить показатель текучести расплава до такой степени, что полиэпоксид будет неблагоприятно влиять на прочность расплава полимерной смеси. Таким образом, в большинстве вариантов осуществления (мет)акриловый мономер ((мет)акриловые мономеры) с эпоксидными функциональными группами составляют от приблизительно 1 вес. % до приблизительно 25 вес. %, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 2 вес. % до приблизительно 20 вес. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 4 вес. % до приблизительно 15 вес. % сополимера. Аналогичным образом, б-олефиновый мономер (б-олефиновые мономеры) могут составлять от приблизительно 55 вес. % до приблизительно 95 вес. %, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 60 вес. % до приблизительно 90 вес. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 65 вес. % до приблизительно 85 вес. % сополимера. В случае применения других мономерных компонентов (например, (мет)акриловых мономеров без эпоксидных функциональных групп) они могут составлять от приблизительно 5 вес. % до приблизительно 35 вес. %, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 8 вес. % до приблизительно 30 вес. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 10 вес. % до приблизительно 25 вес. % сополимера. Один конкретный пример подходящего полиэпоксида, который можно применять в настоящем изобретении, является коммерчески доступным от Arkema под названием LOTADER® AX8950 или AX8900. LOTADER® AX8950, например, имеет показатель текучести расплава, составляющий от 70 до 100 г/10 мин., и характеризуется содержанием глицидилметакрилатного мономера, составляющим от 7 вес. % до 11 вес. %, содержанием метилакрилатного мономера, составляющим от 13 вес. % до 17 вес. %, и содержанием этиленового мономера, составляющим от 72 вес. % до 80 вес. %. Другой подходящий полиэпоксид является коммерчески доступным от DuPont под наименованием ELVALOY® PTW, который представляет собой тройной сополимер этилена, бутилакрилата и глицидилметакрилата и имеет показатель текучести расплава 12 г/10 мин.

Помимо регулирования типа и относительного содержания мономеров, применяемых для образования полиэпоксида, можно также регулировать общее весовое процентное содержание для достижения желаемых преимуществ. Например, если уровень модификации слишком низок, то желаемого увеличения прочности расплава и механических свойств можно не достичь. Однако авторы настоящего изобретения также обнаружили, что если уровень модификации слишком высок, то обработка может

быть затруднена вследствие сильных молекулярных взаимодействий (например, сшивания) и образования физической сети эпоксидными функциональными группами. Таким образом, полиэпоксид, как правило, применяют в количестве от приблизительно 0,05 вес. % до приблизительно 10 вес. %, в некоторых вариантах осуществления от 5 вес. % до приблизительно 0,1 вес. % до приблизительно 8 вес. %, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,5 вес. % до приблизительно 5 вес. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 1 вес. % до приблизительно 3 вес. % в пересчете на вес матричных полимеров, применяемых в композиции. Содержание полиэпоксида может также составлять от приблизительно 0,05 вес. % до 10 вес. %, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,05 вес. % до приблизительно 8 вес. %, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,1 вес. % до приблизительно 5 вес. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,5 вес. % до приблизительно 3 вес. % в пересчете на общий вес композиции.

В настоящем изобретении можно также применять другие реакционноспособные добавки-нановключения, такие как полимеры, функционализированные оксазолином, полимеры, функционализированные цианидом и т. д. В случае применения таких реакционноспособных добавок-нановключений, их можно применять в концентрациях, указанных выше для полиэпоксида. В одном конкретном варианте осуществления можно применять привитый оксазолином полиолефин, представляющий собой полиолефин, привитый мономером, содержащим оксазолиновое кольцо. Оксазолин может включать 2-оксазолин, например 2-винил-2-оксазолин (например, 2-изопропенил-2-оксазолин), 2-алифатический-алкил-2-оксазолин (например, получаемый из этаноламида олеиновой кислоты, линолевой кислоты, пальмитолеиновой кислоты, гадолеиновой кислоты, эруковой кислоты и/или арахидоновой кислоты) и их комбинации. В другом варианте осуществления оксазолин можно выбрать, например, из рицинолоксазолина малеината, ундецил-2-оксазолина, 2-оксазолина из сои, рицин-2-оксазолина и их комбинаций. В еще одном варианте осуществления оксазолин выбран из 2-изопропенил-2-оксазолина, 2-изопропенил-4,4-диметил-2-оксазолина и их комбинаций.

В определенных вариантах осуществления настоящего изобретения в комбинации можно применять множество добавок-нановключений. Например, первая добавка-нановключение (например, полиэпоксид) может быть диспергирована в виде доменов, характеризующихся средним размером поперечного сечения от приблизительно 50 до приблизительно 500 нанометров, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 60 до приблизительно 400 нанометров и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 80 до приблизительно 300 нанометров. Вторая добавка-нановключение может также быть диспергирована в форме доменов, меньших, чем в случае первой добавки-нановключения, таких как домены со средним размером в поперечном сечении от приблизительно 1 до приблизительно 50 нанометров, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 2 до приблизительно 45 нанометров и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 5 до приблизительно 40 нанометров. В случае использования первой и/или второй добавок-нановключений, они, как правило, составляют от приблизительно 0,05 вес. % до приблизительно 20 вес. %, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,1 вес. % до приблизительно 10 вес. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,5 вес. % до приблизительно 5 вес. % термопластичной композиции в пересчете на вес непрерывной фазы (матричного полимера (матричных полимеров)).

Концентрация первой и/или второй добавок-нановключений во всей термопластичной композиции может аналогичным образом составлять от приблизительно 0,01 вес. % до приблизительно 15 вес. %, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,05 вес. % до приблизительно 10 вес. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,1 вес. % до приблизительно 8 вес. % термопластичной композиции.

Для второй добавки-нановключения необязательно можно использовать нанонаполнители, примеры которых могут включать углеродную сажу, углеродные нанотрубки, углеродные нановолокна, наноглины, наночастицы металлов, нанокремнезем, наноглинозем и т. д. Наноглины являются особенно подходящими.

Термин «наноглина» обычно относится к наночастицам глинистого материала (встречающегося в природе минерала, органически модифицированного минерала или синтетического наноматериала), который обычно характеризуется пластинчатой структурой. Примеры наноглин включают, например, монтмориллонит (2:1 слоистая структура смектитовой глины), бентонит (филлосиликат алюминия, образованный главным образом из монтмориллонита), каолинит (1:1 алюмосиликат, имеющий пластинчатую структуру и эмпирическую формулу $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), галлуазит (1:1 алюмосиликат, имеющий трубчатую структуру и эмпирическую формулу $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) и т. д. Примером подходящей наноглины является Cloisite®, представляющий собой монтмориллонитную наноглину и коммерчески доступный от Southern Clay Products, Inc. Другие примеры синтетических наноглин включают без ограничения наноглину из смешанных гидроксидов металлов, наноглину из слоистого двойного гидроксида (например, сепиоцит), лапонит, гекторит, сапонит, индонит и т. д.

При необходимости наноглина может содержать средство для обработки поверхности, что способствует улучшению совместимости с матричным полимером (например, сложным полиэфиром). Средство для обработки поверхности может быть органическим или неорганическим. В одном варианте осуществления применяют органическое средство для обработки поверхности, получаемое посредством реакции органического катиона с глиной. Подходящие органические катионы могут включать, например, органические четвертичные аммониевые соединения, способные к катионному обмену с глиной, такие как диметил-бис[гидрогенизированный талловый]аммония хлорид (2M2HT), метилбензил-бис[гидрогенизированный талловый]аммония хлорид (MB2HT), метил-трис[гидрогенизированный талловый алкил]хлорид (M3HT) и т. д. Примеры коммерчески доступных органических наноглин могут включать, например, Dellite® 43B (Laviosa Chimica of Livorno, Италия), который представляет собой монтмориллонитную глину, модифицированную диметилбензилгидрогенизированной талловой аммониевой солью. Другие примеры включают Cloisite® 25A и Cloisite® 30B (Southern Clay Products) и Nanofil 919 (Syd Chemie). При необходимости нанонаполнитель можно смешать с полимерным носителем с образованием маточной смеси, повышающей совместимость добавки с другими полимерами в композиции. Особенно подходящие полимерные носители включают, например, сложные полиэфиры (например, полимолочную кислоту, полиэтилентерефталат и т. д.); полиолефины (например, полимеры этилена, полимеры пропилена и т. д.) и т. п., как описано более подробно выше.

Независимо от применяемого материала добавку-нановключение обычно выбирают с определенной вязкостью (или показателем текучести расплава) для того, чтобы обеспечить надлежащее поддержание дискретных доменов и получаемых пор. Например, если вязкость добавки-нановключения слишком низка (или показатель текучести расплава слишком высок), то она проявляет склонность к нерегулируемому растеканию

и диспергированию в непрерывной фазе. Это приводит к образованию многослойных пластинчатых доменов или совместных с непрерывной фазой структур, которые сложно поддерживать и которые также с большой вероятностью способны к преждевременному разрушению. Наоборот, если вязкость слишком высока (или показатель текучести расплава слишком низок), то она проявляет склонность к комкованию и образованию очень больших эллиптических доменов, которые трудно диспергировать при перемешивании. Это может вызвать неравномерное распределение добавки-нановключения во всей непрерывной фазе. Например, соотношение показателя текучести расплава полиолефина и показателя текучести расплава полимерной добавки-нановключения, например, может составлять от приблизительно 0,2 до приблизительно 8, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,5 до приблизительно 6 и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 1 до приблизительно 5. Добавка-нановключение может, например, иметь показатель текучести расплава (в пересчете на сухое вещество), составляющий от приблизительно 0,1 до приблизительно 100 грамм за 10 минут, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,5 до приблизительно 50 грамм за 10 минут и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 5 до приблизительно 15 грамм за 10 минут, определенный при нагрузке, составляющей 2160 грамм, и при температуре, по меньшей мере на приблизительно 40°C превышающей температуру плавления (например, при 190°C), в соответствии с ASTM D1238. Полиолефин аналогичным образом может иметь показатель текучести расплава (в пересчете на сухое вещество), составляющий от приблизительно 0,5 до приблизительно 80 грамм за 10 минут, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 1 до приблизительно 40 грамм за 10 минут и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 5 до приблизительно 20 грамм за 10 минут, определенный при нагрузке, составляющей 2160 грамм, и при температуре, по меньшей мере на приблизительно 40°C превышающей температуру плавления (например, при 230°C), в соответствии с ASTM D1238.

С. Добавка-микровключение

Хотя этого не требуется, в композиции согласно настоящему изобретению можно также использовать добавку-микровключение. В данном документе термин «добавка-микровключение» в целом относится к любому материалу, который можно диспергировать в полимерной матрице в виде дискретных микроразмерных доменов. Например, перед вытягиванием домены могут иметь средний размер в поперечном сечении от приблизительно 0,1 мкм до приблизительно 25 мкм, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,5 мкм до приблизительно 20 мкм и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 1 мкм до приблизительно 10 мкм. Авторы настоящего изобретения обнаружили, что в случае использования микроразмерных и наноразмерных фазовых доменов они способны взаимодействовать уникальным образом при воздействии деформации и удлиняющего натяжения (например, вытягивания) с созданием сети пор. А именно, полагают, что удлиняющее натяжение может инициировать образование зон интенсивного локального сдвига и/или зон интенсивности напряжения (например, нормальных напряжений) вблизи микроразмерных дискретных фазовых доменов в результате концентраций напряжений, обусловленных несовместимостью материалов. Эти зоны сдвига и/или интенсивности напряжения вызывают некоторое начальное нарушение адгезии в матричном полимере, прилегающем к микроразмерными доменам. Примечательно, однако, что зоны локального сдвига и/или интенсивности напряжения, создаваемые вблизи наноразмерных дискретных фазовых доменов, могут перекрываться с микроразмерными зонами,

вызывая возникновение еще большего нарушения адгезии в полимерной матрице, тем самым создавая значительное число нанопор, прилегающих к наноразмерным доменам и/или микроразмерным доменам.

Конкретная природа добавки-микровключения не критична и может включать
 5 жидкости, полутвердые вещества или твердые вещества (например, аморфные, кристаллические или полукристаллические). В определенных вариантах осуществления добавка-микровключение является полимерной по природе и обладает относительно
 10 высоким молекулярным весом, что способствует улучшению прочности расплава и стабильности термопластичной композиции. Как правило, полимер в добавке-микровключении в целом может быть несовместимым с матричным полимером. Таким образом, добавка может стать более диспергируемой в виде дискретных фазовых доменов в непрерывной фазе матричного полимера. Дискретные домены способны
 15 поглощать энергию, являющуюся результатом воздействия внешней силы, что увеличивает общее сопротивление разрыву и прочность получаемого волокна. Домены могут иметь множество различных форм, таких как эллиптическая, сферическая, цилиндрическая, пластинчатая, трубчатая и т. д. В одном варианте осуществления, например, домены имеют по сути эллиптическую форму. Физический размер отдельного домена обычно достаточно мал, чтобы минимизировать распространение трещин по
 20 волокну при приложении внешнего напряжения, но достаточно велик, чтобы инициировать микроскопическую пластическую деформацию и допустить образование зон сдвига в местах включения частиц и вокруг них.

Добавка-микровключение может иметь определенный показатель текучести расплава (или вязкость) для обеспечения надлежащего поддержания дискретных доменов и
 25 получаемых пор. Например, если показатель текучести расплава добавки слишком высок, то она проявляет склонность к нерегулируемому растеканию и диспергированию в непрерывной фазе. Это приводит к образованию многослойных пластинчатых доменов или совместных с непрерывной фазой структур, которые сложно поддерживать и которые также с большой вероятностью способны к преждевременному разрушению. Наоборот, если показатель текучести расплава добавки слишком низок, то она склонна
 30 к комкованию и образованию очень больших эллиптических доменов, которые трудно диспергировать при перемешивании. Это может вызвать неравномерное распределение добавки во всей непрерывной фазе. В связи с этим авторы настоящего изобретения обнаружили, что соотношение показателя текучести расплава добавки-микровключения и показателя текучести расплава матричного полимера составляет, как правило, от
 35 приблизительно 0,5 до приблизительно 10, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 1 до приблизительно 8 и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 2 до приблизительно 6. Добавка-микровключение может, например, характеризоваться показателем текучести расплава, составляющим от приблизительно 5 до приблизительно 200 грамм за 10 минут, в некоторых вариантах осуществления
 40 от приблизительно 20 до приблизительно 150 грамм за 10 минут и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 40 до приблизительно 100 грамм за 10 минут, определенный при нагрузке, составляющей 2160 грамм, и при температуре, по меньшей мере на приблизительно 40°C превышающей ее температуру плавления (например, при 210°C).

45 Помимо упомянутых выше свойств, для получения желаемой поровой сети можно также выбирать механические характеристики добавки-микровключения. Например, при нанесении с внешним усилием можно инициировать возникновение концентраций напряжений (например, включающих нормальные или сдвиговые напряжения) и

образование зон сдвига и/или пластической податливости в дискретных фазовых доменах и вокруг них в результате концентраций напряжений, обусловленных разницей модулей упругости добавки и матричного полимера. Большие концентрации напряжений вызывают более интенсивную локализованную пластическую деформацию на доменах, что позволяет им становиться значительно удлиненными при приложении напряжений. Эти удлиненные домены могут обеспечивать возможность проявления композицией более гибкого и мягкого поведения. Для усиления концентраций напряжений добавку-микровключение можно выбрать так, чтобы она имела относительно высокий модуль упругости Юнга по сравнению с матричным полимером. Например, соотношение модуля упругости добавки и такового у матричного полимера составляет обычно от приблизительно 1 до приблизительно 250, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 2 до приблизительно 100 и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 2 до приблизительно 50. Модуль упругости добавки-микровключения может, например, находиться в диапазоне от приблизительно 200 до приблизительно 3500 мегапаскалей (МПа), в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 300 до приблизительно 2000 МПа и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 400 до приблизительно 1500 МПа. В противоположном случае модуль упругости полиолефина может, например, находиться в диапазоне от приблизительно 100 до приблизительно 1500 МПа и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 200 до приблизительно 1000 МПа. В качестве альтернативы, модуль упругости добавки-микровключения может быть ниже, чем модуль упругости матричного полимера. Модуль упругости может, например, находиться в диапазоне от приблизительно 10 МПа до приблизительно 100 МПа и необязательно от приблизительно 20 МПа до приблизительно 80 МПа.

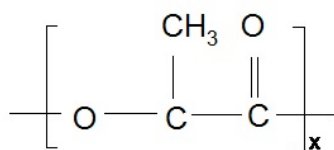
Хотя можно использовать широкий спектр добавок-микровключений, имеющих определенные выше свойства, особенно подходящие примеры таких добавок могут включать сополимеры стирола (например, стирол-бутадиен-стирол, стирол-изопрен-стирол, стирол-этилен-пропилен-стирол, стирол-этилен-бутадиен-стирол и т. д.); фторполимеры, такие как поливинилхлорид (PVC), политетрафторэтилен (PTFE), полихлортрифторэтилен (PCTFE) и т. д.; поливиниловые спирты; поливинилацетаты; сложные полиэферы, такие как сложные алифатические полиэферы, такие как поликапролактон, сложные полиамидоэферы, полимолочная кислота (PLA) и ее сополимеры, полигликолевая кислота, полиалкиленкарбонаты (например, полиэтиленкарбонат), поли-3-гидроксibuтират (PHB), поли-3-гидроксивалерат (PHV), сополимер 3-гидроксibuтирата и 4-гидроксibuтирата, сополимер 3-гидроксibuтирата и 3-гидроксивалерата (PHBV), сополимер 3-гидроксibuтирата и 3-гидроксигексаноата, сополимер 3-гидроксibuтирата и 3-гидроксioктаноата, сополимер 3-гидроксibuтирата и 3-гидроксидеканоата, сополимер 3-гидроксibuтирата и 3-гидроксioктадеканоата и алифатические полимеры на основе сукцината (например, полибутиленсукцинат, полибутиленсукцинат/адипат, полиэтиленсукцинат и т. д.); сложные алифатически-ароматические сополиэферы (например, полибутиленадипат/терефталат, полиэтиленадипат/терефталат, полиэтиленадипат/изофталат, полибутиленадипат/изофталат и т. д.); сложные ароматические полиэферы (например, полиэтилентерефталат, полибутилентерефталат и т. д.) и т. п.

Особенно подходящими являются добавки-микровключения, которые обычно являются жесткими по природе в том смысле, что они имеют относительно высокую температуру стеклования. Например, температура стеклования (« T_g ») может составлять приблизительно 0°C или больше, в некоторых вариантах осуществления от

приблизительно 5°C до приблизительно 100°C, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 30°C до приблизительно 80°C и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 50°C до приблизительно 75°C. Температуру стеклования можно определять с помощью динамического механического анализа в соответствии с ASTM E1640-09.

Одним особенно подходящим жестким сложным полиэфиром является полимолочная кислота, которая обычно может быть получена из мономерных блоков любого изомера молочной кислоты, такого как левовращающая молочная кислота («L-молочная кислота»), правовращающая молочная кислота («D-молочная кислота»), мезомолочная кислота или их смеси. Мономерные блоки могут также быть образованы из ангидридов любого изомера молочной кислоты, включая L-лактид, D-лактид, мезолактид или их смеси. Можно также использовать циклические димеры таких молочных кислот и/или лактидов. Для полимеризации молочной кислоты можно применять любой известный способ полимеризации, такой как поликонденсация или полимеризация с раскрытием кольца. Можно также использовать небольшое количество средства для удлинения цепи (например, диизоцианатного соединения, эпоксидного соединения или ангидрида кислоты). Полимолочная кислота может быть гомополимером или сополимером, например, содержащим мономерные блоки, полученные из L-молочной кислоты, и мономерные блоки, полученные из D-молочной кислоты. Хотя этого и не требуется, но уровень содержания одного из мономерных блоков, полученных из L-молочной кислоты, и мономерных блоков, полученных из D-молочной кислоты, составляет предпочтительно приблизительно 85 мол. % или больше, в некоторых вариантах осуществления приблизительно 90 мол. % или больше и в некоторых вариантах осуществления приблизительно 95 мол. % или больше. Можно смешивать несколько полимолочных кислот, каждая из которых имеет различное соотношение мономерных блоков, полученных из L-молочной кислоты, и мономерных блоков, полученных из D-молочной кислоты, при произвольном процентном содержании. Разумеется, полимолочную кислоту можно также смешивать с другими типами полимеров (например, полиолефинами, сложными полиэфирами и т. д.).

В одном конкретном варианте осуществления полимолочная кислота имеет следующую общую структуру:



Один конкретный пример подходящего полимера на основе полимолочной кислоты, который можно применять в настоящем изобретении, является коммерчески доступным от Biomer, Inc., Крайлинг, Германия под названием BIOMER™ L9000. Другие подходящие полимеры на основе полимолочной кислоты коммерчески доступны от Natureworks LLC, Миннетонка, Миннесота (NATUREWORKS®) или Mitsui Chemical (LACEA™). Другие подходящие формы полимолочной кислоты могут быть описаны в патентах США №№ 4797468; 5470944; 5770682; 5821327; 5880254 и 6326458, которые включены в данный документ посредством ссылки в полном объеме для всех целей.

Полимолочная кислота, как правило, характеризуется среднечисловым молекулярным весом («M_n») в диапазоне от приблизительно 40000 до приблизительно 180000 грамм на моль, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 50000 до приблизительно 160000 грамм на моль и в некоторых вариантах осуществления от

приблизительно 80000 до приблизительно 120000 грамм на моль. Аналогично полимер также, как правило, характеризуется средневесовым молекулярным весом ($\langle M_w \rangle$) в диапазоне от приблизительно 80000 до приблизительно 250000 грамм на моль, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 100000 до приблизительно 200000 грамм на моль и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 110000 до приблизительно 160000 грамм на моль. Соотношение средневесового молекулярного веса и среднечислового молекулярного веса ($\langle M_w/M_n \rangle$), т. е.

«коэффициент полидисперсности», также является достаточно низким. Например, коэффициент полидисперсности, как правило, находится в диапазоне от приблизительно 1,0 до приблизительно 3,0, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 1,1 до приблизительно 2,0 и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 1,2 до приблизительно 1,8. Значения средневесового и среднечислового молекулярного веса можно определить с помощью способов, известных специалистам в данной области техники.

Некоторые типы чистых сложных полиэфиров (например, полимолочная кислота) могут поглощать воду из окружающей среды так, что содержание влаги в них составляет от приблизительно 500 до 600 частей на миллион («ppm») или даже больше в пересчете на сухой вес исходной полимолочной кислоты. Содержание влаги можно определять с помощью ряда способов, известных в уровне техники, например, в соответствии с ASTM D 7191-05, как описано ниже. Поскольку присутствие воды при формовании из расплава может приводить сложный полиэфир к гидролитическому разложению и снижению его молекулярного веса, иногда желательно высушивать сложный полиэфир перед смешиванием. В большинстве вариантов осуществления, например, желательно, чтобы возобновляемый сложный полиэфир имел содержание влаги, составляющее приблизительно 300 частей на миллион («ppm») или меньше, в некоторых вариантах осуществления приблизительно 200 ppm или меньше, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 1 до приблизительно 100 ppm перед смешиванием с добавкой-микровключением. Высушивание сложного полиэфира может проходить, например, при температуре, составляющей от приблизительно 50°C до приблизительно 100°C и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 70°C до приблизительно 80°C.

Независимо от используемых материалов относительное процентное содержание добавки-микровключения в термопластичной композиции выбирают для достижения желаемых свойств без значительного влияния на получаемую композицию. Например, добавку-микровключение обычно применяют в количестве от приблизительно 1 вес. % до приблизительно 30 вес. %, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 2 вес. % до приблизительно 25 вес. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 5 вес. % до приблизительно 20 вес. % термопластичной композиции в пересчете на вес матричного полимера, применяемого в композиции. Концентрация добавки-микровключения во всей термопластичной композиции может аналогичным образом составлять от приблизительно 0,1 вес. % до приблизительно 30 вес. %, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,5 вес. % до приблизительно 25 вес. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 1 вес. % до приблизительно 20 вес. %.

Д. Другие компоненты

В композиции можно использовать широкий спектр ингредиентов по ряду различных причин. Например, в одном конкретном варианте осуществления в термопластичной композиции можно применять модификатор поверхности раздела фаз для

способствования снижению степени трения и связности между добавками-нановключениями и/или микровключениями и матричным полимером, и для повышения, таким образом, степени и однородности нарушения адгезии. Таким образом, поры могут быть распределены более однородно по всей композиции. Модификатор может находиться в жидкой или полутвердой форме при комнатной температуре (например, 25°C), вследствие чего он обладает относительно низкой вязкостью, что позволяет ему легче включаться в состав термопластичной композиции и беспрепятственно перемещаться к поверхностям полимеров. При снижении физических сил на границах раздела матричного полимера и добавки считается, что низкая вязкость, гидрофобная природа модификатора могут содействовать нарушению адгезии. В данном документе термин «гидрофобный», как правило, относится к материалу, имеющему краевой угол смачивания водой в воздухе, составляющий приблизительно 40° или больше, а в некоторых случаях приблизительно 60° или больше. Наоборот, термин «гидрофильный», как правило, относится к материалу, имеющему краевой угол смачивания водой в воздухе менее приблизительно 40°. Одним подходящим испытанием для измерения краевого угла смачивания является изложенное в ASTM D5725-99 (2008).

Хотя этого и не требуется, модификатор поверхности раздела фаз может быть особенно подходящим в вариантах осуществления, в которых используют добавку-микровключение, и в которых добавка-нановключение является твердым веществом (например, полимерным материалом). Подходящие гидрофобные модификаторы поверхности раздела фаз низкой вязкости могут включать, например, жидкости и/или полутвердые вещества, указанные выше. Одним особенно подходящим модификатором поверхности раздела фаз является простой полиэфир с концевыми гидроксильными группами, как, например, коммерчески доступный под торговым наименованием PLURIOL® WI от BASF Corp. Другим подходящим модификатором является частично возобновляемый сложный эфир, как, например, коммерчески доступный под торговым наименованием HALLGREEN® IM от Hallstar.

В случае применения модификатора поверхности раздела фаз он может составлять от приблизительно 0,1 вес. % до приблизительно 20 вес. %, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,5 вес. % до приблизительно 15 вес. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 1 вес. % до приблизительно 10 вес. % термопластичной композиции в пересчете на вес матричного полимера непрерывной фазы. Концентрация модификатора поверхности раздела фаз во всей термопластичной композиции может аналогичным образом составлять от приблизительно 0,05 вес. % до приблизительно 20 вес. %, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,1 вес. % до приблизительно 15 вес. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,5 вес. % до приблизительно 10 вес. %. В количествах, указанных выше, модификатор поверхности раздела фаз имеет характеристики, позволяющие ему легко перемещаться к поверхности раздела полимеров и содействовать нарушению адгезии без нарушения общих свойств расплава термопластичной композиции. Например, показатель текучести расплава термопластичной композиции может также быть аналогичным таковому у матричного полимера. Например, показатель текучести расплава композиции (в пересчете на сухое вещество) может составлять от приблизительно 0,1 до приблизительно 250 грамм за 10 минут, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,5 до приблизительно 200 грамм за 10 минут и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 5 до приблизительно 150 грамм за 10 минут, определенный при нагрузке, составляющей 2160 грамм, и при 190°C в соответствии с ASTM D1238.

Можно также использовать средства улучшения совместимости, которые улучшают межфазную адгезию и снижают поверхностное натяжение на границе раздела между доменом и матрицей, тем самым обеспечивая образование меньших доменов при перемешивании. Примеры подходящих средств улучшения совместимости могут включать, например, сополимеры, функционализированные химическими фрагментами на основе эпоксидной группы или малеинового ангидрида. Примером средства улучшения совместимости на основе малеинового ангидрида является полипропилен с привитым малеиновым ангидридом, коммерчески доступный от Arkema под торговыми наименованиями Orevac™ 18750 и Orevac™ CA 100. В случае применения средств улучшения совместимости их содержание может составлять от приблизительно 0,05 вес. % до приблизительно 10 вес. %, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,1 вес. % до приблизительно 8 вес. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,5 вес. % до приблизительно 5 вес. % термопластичной композиции в пересчете на вес матрицы непрерывной фазы.

При необходимости также можно применять полимер на основе бутена (гомополимер или сополимер), который может действовать на матричный полимер в качестве пластификатора, улучшая тем самым его текучесть и эластичность, и, в свою очередь, его пригодность к обработке при относительно высоких скоростях без значительной степени разрыва. В случае применения таких полимеров на основе бутена их содержание обычно составляет от приблизительно 0,01 вес. % до приблизительно 15 вес. %, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,1 вес. % до приблизительно 12 вес. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,5 вес. % до приблизительно 10 вес. % в пересчете на вес непрерывной фазы (например, матричного полимера (матричных полимеров)). Полимеры на основе бутена также могут быть применены в количестве от приблизительно 0,01 вес. % до приблизительно 15 вес. %, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,1 вес. % до приблизительно 12 вес. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,5 вес. % до приблизительно 10 вес. % в пересчете на общий вес композиции.

Термин «полимер на основе бутена» в целом относится к гомо- или сополимеру на основе алкенового мономера, имеющему четыре атома углерода, в том числе 1-бутен (α -бутилен), 2-бутен (цис- β -бутилен или транс- β -бутилен), 2-метилпропен (изобутилен), циклобутен, а также их комбинации. Полимер на основе бутена также может содержать другие мономеры, такие как пропен. В одном варианте осуществления, например, полимер на основе бутена может представлять собой гомополимер бутена-1 (также называемый «полибутиленом»). Другие подходящие полимеры могут включать гомополимеры изобутилена (также называемого «полиизобутиленом») и сополимеры 1-бутена, 2-бутена и/или изобутилена (также называемого «полибутиленом»). В одном конкретном варианте осуществления, например, полимер на основе бутена может представлять собой полибутилен (также известный как поли-1-бутен). Полибутилен можно получить путем полимеризации Циглера-Натта 1-бутена при низком давлении, такой как осуществление полимеризации 1-бутена с катализаторами в виде TiCl_3 , $\text{TiCl}_3\text{AlCl}_3$ и/или $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}$. Несмотря на то, что молекулярный вес полимера на основе бутена может меняться в зависимости от типа полимера и степени полимеризации, обычно требуется, чтобы полимер на основе бутена характеризовался относительно низким молекулярным весом, таким как среднечисловой молекулярный вес от приблизительно 10000 грамм на моль или меньше, в некоторых вариантах осуществления приблизительно 5000 грамм на моль или меньше, в некоторых вариантах осуществления приблизительно 2000 грамм на моль или меньше, и в некоторых

вариантах осуществления от приблизительно 100 до приблизительно 1000 грамм на моль. Разумеется, следует понимать, что также можно применять полимеры с более высоким молекулярным весом, такие как характеризующиеся среднечисловым молекулярным весом от приблизительно 10000 до приблизительно 250000 грамм на моль. Плотность полимера на основе бутена обычно составляет приблизительно 0,910 грамма на кубический сантиметр или меньше, в некоторых вариантах осуществления приблизительно 0,900 грамма на кубический сантиметр или меньше и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,810 до приблизительно 0,890 грамма на кубический сантиметр, что определено в соответствии с ASTM D4052-11. Кинематическая вязкость полимера на основе бутена аналогично может составлять от приблизительно 50 до приблизительно 2000 сантистоксов («сСт»), в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 100 до приблизительно 1500 сСт и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 200 до приблизительно 1000 сСт, как определено при температуре 40°C в соответствии с ASTM D445-14e2.

Другие подходящие материалы, которые также можно применять в термопластичной композиции, такие как катализаторы, антиоксиданты, стабилизаторы, поверхностно-активные вещества, воски, твердые растворители, зародышеобразователи, материалы в форме частиц, нанонаполнители и другие материалы, добавляют для улучшения обрабатываемости и механических свойств термопластичной композиции. Тем не менее, один благоприятный аспект настоящего изобретения состоит в том, что можно обеспечить хорошие свойства без необходимости в различных традиционных добавках, таких как газообразователи (например, хлорфторуглероды, гидрохлорфторуглероды, углеводороды, диоксид углерода, сверхкритический диоксид углерода, азот и т. д.) и наполнители, инициирующие образование пор (например, карбонат кальция). В действительности термопластичная композиция может в целом не содержать газообразователей и/или наполнителей, инициирующих образование пор. Например, такие газообразователи и/или наполнители могут присутствовать в количестве, составляющем не более чем приблизительно 1 вес. %, в некоторых вариантах осуществления не более чем приблизительно 0,5 вес. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,001 вес. % до приблизительно 0,2 вес. % термопластичной композиции. Кроме того, благодаря своим свойствам побеления при воздействии напряжения, как описано подробнее ниже, получаемая композиция может достигать непрозрачного цвета (например, белого) без необходимости в традиционных красителях, таких как диоксид титана. В определенных вариантах осуществления, например, красители могут присутствовать в количестве, составляющем не более приблизительно 1 вес. %, в некоторых вариантах осуществления не более приблизительно 0,5 вес. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,001 вес. % до приблизительно 0,2 вес. % термопластичной композиции.

II. Смешивание

Для образования термопластичной композиции компоненты, как правило, смешивают вместе с применением любой из ряда известных методик. В одном варианте осуществления, например, компоненты можно подавать по отдельности или в комбинации. Например, компоненты можно сначала смешивать вместе в сухом виде с образованием практически однородной сухой смеси, и их аналогичным образом можно подавать либо одновременно, либо последовательно в устройство для формования из расплава, в котором происходит диспергирующее смешивание материалов. Можно применять методики периодического и/или непрерывного формования из расплава. Например, для смешивания и формования из расплава материалов можно использовать

смеситель/месильную машину, смеситель типа Бенбери, смеситель непрерывного действия Farrel, одношнековый экструдер, двухшнековый экструдер, вальцовую дробилку и т. д. Особенно подходящим устройством для формования из расплава может быть двухшнековый экструдер с вращающимися в одном направлении шнеками (например, 5 экструдер ZSK-30, доступный от Werner & Pfleiderer Corporation, Рэмси, Нью-Джерси, или экструдер Thermo Prism™ USALAB 16, доступный от Thermo Electron Corp., Стоун, Англия). Такие экструдеры могут содержать загрузочные и выпускные отверстия и обеспечивать высокоинтенсивное распределительное и диспергирующее перемешивание. Например, компоненты можно подавать в одно и то же или различные подающие 10 отверстия двухшнекового экструдера и смешивать в расплаве с образованием по сути однородной расплавленной смеси. При необходимости другие добавки можно также вводить в полимерный расплав и/или отдельно подавать в экструдер в другой точке вдоль его длины.

Независимо от выбранной конкретной методики обработки получаемая путем 15 смешивания в расплаве композиция, как правило, содержит наноразмерные домены добавки-нановключения и необязательно микроразмерные домены добавки-микровключения. Степень сдвига/давления и нагрев можно регулировать для обеспечения достаточной дисперсии, но не настолько высокой, чтобы неблагоприятно 20 снизить размер доменов до такой степени, что они будут непригодны для достижения желаемых свойств. Например, смешивание, как правило, происходит при температуре, составляющей от приблизительно 180°C до приблизительно 300°C, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 185°C до приблизительно 250°C и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 190°C до приблизительно 240°C. Аналогичным образом, кажущаяся скорость сдвига при формовании из расплава 25 может находиться в диапазоне от приблизительно 10 секунд⁻¹ до приблизительно 3000 секунд⁻¹, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 50 секунд⁻¹ до приблизительно 2000 секунд⁻¹ и в некоторых вариантах осуществления от 30 приблизительно 100 секунд⁻¹ до приблизительно 1200 секунд⁻¹. Кажущаяся скорость сдвига может быть равна $4Q/R^3$, где Q представляет собой объемный расход («м³/с») полимерного расплава, и R представляет собой радиус («м») капилляра (например, 35 экструзионной головки) через который течет расплавленный полимер. Разумеется, для достижения желаемой степени однородности можно также регулировать другие параметры, такие как время пребывания при формовании из расплава, которое обратно пропорционально скорости пропускания материала.

Для достижения желаемых условий сдвига (например, скорости течения, времени 40 пребывания, скорости сдвига, температуры формования из расплава и т. д.) можно выбирать скорость вращения шнека (шнеков) экструдера в определенном диапазоне. Обычно с увеличением скорости шнека наблюдается увеличение температуры продукта вследствие дополнительного подвода в систему механической энергии. Например, 45 скорость шнека может находиться в диапазоне от приблизительно 50 до приблизительно 600 оборотов в минуту («об./мин.»), в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 70 до приблизительно 500 об./мин. и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 100 до приблизительно 300 об./мин. Это может обуславливать температуру, достаточно высокую для диспергирования добавки-нановключения без неблагоприятного влияния на размер получаемых доменов. Скорость сдвига расплава и, в свою очередь, степень, в которой диспергированы 50 добавки, можно также увеличивать посредством применения одного или нескольких

распределительных и/или диспергирующих смешивающих элементов в смесительном отсеке экструдера. Подходящие распределительные смесители для одношнековых экструдеров могут включать, например, смесители Saxon, Dulmage, Cavity Transfer и т. д. Аналогичным образом, подходящие диспергирующие смесители могут включать смесители Blister ring, Leroy/Maddock, CRD и т. д. Как хорошо известно в уровне техники, перемешивание можно дополнительно улучшить путем применения штырей в цилиндре, которые создают складчатость и переориентацию полимерного расплава, таких как применяемые в экструдерах месильных машин Buss, роторно-полостных смесителях и вихревых смесителях со штырями, находящимися в зацеплении (VIP).

III. Образование волокна

В данном документе термин «волокно», как правило, относится к удлинённому экструдату, образуемому посредством прохождения полимера через формообразующее выходное отверстие, такое как в головке. Если не указано иное, термин «волокно» включает как дискретные волокна, имеющие определенную длину, так и практически непрерывные элементарные нити. По сути, элементарные нити могут, например, иметь длину, которая значительно больше их диаметра, как, например, отношение длины к диаметру («отношение сторон») больше приблизительно 15000 к 1 и в некоторых случаях больше приблизительно 50000 к 1. При необходимости волокно может быть «полым» до такой степени, что оно содержит пустую полость, проходящую вдоль по меньшей мере части волокна в продольном направлении. В некоторых случаях полость может проходить вдоль всей длины волокна.

Волокна, образованные из термопластичной композиции, обычно могут иметь любую требуемую конфигурацию, включая однокомпонентную и многокомпонентную (например, конфигурацию «оболочка-сердцевина», конфигурацию «бок-о-бок», конфигурацию «сегментированный пирог», конфигурацию «остров-в-море» и так далее), формованные волокна (например, с несколькими лепестками) и т. д. Можно применять полые волокна (однокомпонентные и/или многокомпонентные), как например, описано в патенте США № 6642429, выданном Carter и соавт. В некоторых вариантах осуществления волокна могут содержать один или несколько дополнительных полимеров в качестве компонента (например, двухкомпонентное) или составляющей (например, двусоставное) для дальнейшего улучшения прочности, обрабатываемости и/или других свойств. Например, термопластичная композиция может образовывать компонент ядра двухкомпонентного волокна типа оболочка/ядро, тогда как дополнительный полимер может образовывать оболочечный компонент, или наоборот. Дополнительный полимер может быть каким-либо желаемым полимером, таким как сложные полиэфиры, например, полимолочная кислота, полиэтилентерефталат и т. д.; полиолефины, например, полиэтилен, полипропилен, полибутилен и так далее; политетрафторэтилен; поливинилацетат; поливинилхлоридацетат; поливинилбутираль; акриловые смолы, например, полиакрилат, полиметилакрилат, полиметилметакрилат и так далее; полиамиды, например, нейлон; поливинилхлорид; поливинилиденхлорид; полистирол; поливиниловый спирт и полиуретаны.

Независимо от их конкретной конфигурации можно применять любой из множества способов для формования полых волокон согласно настоящему изобретению. Например, волокна можно формовать с применением способа, в котором термопластичную композицию экструдуют через систему головок (или фильеру), которая может содержать корпус, содержащий фильерный комплект, имеющий множество пластин, уложенных одна поверх другой, и имеющий конфигурацию капилляров, расположенных для создания путей потоков для направления термопластичной композиции. Как видно

из фиг. 2, например, на ней более подробно показан один вариант осуществления способа образования волокон. В данном конкретном варианте осуществления термопластичную композицию согласно настоящему изобретению можно подавать в экструдер 12 из загрузочной воронки 14. Смесь можно подавать к загрузочной воронке 14 с применением любой традиционной методики. Экструдер 12 нагревают до температуры, достаточной для экструдирования расплавленного полимера. Композицию обычно образуют из расплава при температуре от приблизительно 180°C до приблизительно 300°C, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 200°C до приблизительно 260°C и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 210°C до приблизительно 250°C.

Затем экструдированную композицию пропускают через трубопровод для полимера 16 в фильеру 18, имеющую отверстия, расположенные в один или несколько рядов. Отверстия образуют полотно экструдированных сверху вниз элементарных нитей при экструдировании полимеров через них. В способе 10 также используют охлаждающую воздуходувку 20, расположенную в непосредственной близости к полотну волокон, выходящих из фильеры 18. Воздух из охлаждающей воздуходувки 20 охлаждает волокна, выходящие из фильеры 18. Охлаждающий воздух можно направлять с одной стороны полотна волокон, как показано на фиг. 2, или с обеих сторон полотна волокон. Для образования волокна желаемой длины охлажденные волокна, как правило, вытягивают из расплава, например, с применением блока 22 для вытягивания волокна, как показано на фиг. 2. Блоки для вытягивания волокна, или аспираторы, для использования в формовании из расплава полимера хорошо известны из уровня техники. Подходящие блоки для вытягивания волокна для применения в способе согласно настоящему изобретению включают линейный аспиратор для волокна типа, показанного в патентах США № 3802817 и № 3423255. Блок 22 для вытягивания волокна, как правило, содержит удлиненный вертикальный канал, через который волокна вытягивают всасываемым воздухом, поступающим с боков канала и протекающим сверху вниз по каналу. Нагреватель или воздуходувка 24 подают всасываемый воздух в блок 22 для вытягивания волокон. Всасываемый воздух протягивает расплав волокон и воздух из окружающей среды через блок 22 для вытягивания волокон. Поток газа обуславливает вытягивание из расплава или утончение волокон, что повышает молекулярную ориентацию или степень кристалличности полимеров, образующих волокна. При использовании блока для вытягивания волокон можно выбирать «коэффициент вытягивания» для способствования достижению желаемой длины волокна. «Коэффициент вытягивания» представляет собой линейную скорость движения волокон после вытягивания (например, линейную скорость вращения прядильного вальца 42 или перфорированной поверхности (не показано), деленную на линейную скорость движения волокон после экструзии). Например, коэффициент вытягивания при вытягивании из расплава можно рассчитать следующим образом:

Коэффициент вытягивания = A/B ,

где

A представляет собой линейную скорость движения волокна после вытягивания из расплава (например, скорость вращения прядильного вальца) и измеряется непосредственно; и

B представляет собой линейную скорость движения экструдированного волокна и может быть рассчитано следующим образом:

Линейная скорость движения экструдированного волокна = $C/(25 \cdot \rho \cdot D \cdot E^2)$,

где

С представляет собой пропускную способность одного отверстия (граммов в минуту);

D представляет собой плотность расплава полимера (граммов на кубический сантиметр) и

Е представляет собой диаметр выходного отверстия (в сантиметрах), через которое
 5 экструдировать волокно. В определенных вариантах осуществления коэффициент
 вытягивания может составлять от приблизительно 5:1 до приблизительно 4000:1, в
 некоторых вариантах осуществления от приблизительно 10:1 до приблизительно 2000:
 1, и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 15:1 до приблизительно
 1000:1, и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 20:1 до
 10 приблизительно 800:1.

После образования волокна можно пропускать через выпускное отверстие блока
 22 для вытягивания волокон и укладывать на прядильный валец 42. При необходимости
 волокна, собранные на прядильном валце 42, можно необязательно подвергать
 дополнительным этапам обработки и/или превращения в линии (не показано), что
 15 будет понятно специалистам в данной области техники. Например, волокна можно
 собирать и после этого извивать, текстурировать и/или разрезать со средней длиной
 волокна в диапазоне от приблизительно 3 до приблизительно 80 миллиметров, в
 некоторых вариантах осуществления от приблизительно 4 до приблизительно
 65 миллиметров и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 5 до
 20 приблизительно 50 миллиметров.

Множество полученных волокон в последствии можно представить в пучке. По
 меньшей мере часть, если не все волокна в пучке образованы из термопластичной
 композиции согласно настоящему изобретению. Пучок обычно содержит
 приблизительно 5 или более волокон, в некоторых вариантах осуществления
 25 приблизительно 50 или более волокон, в некоторых вариантах осуществления от
 приблизительно 100 до приблизительно 1000 волокон и в некоторых вариантах
 осуществления от приблизительно 200 до приблизительно 800 волокон. Общая толщина
 пучка волокна в денье может также находиться в диапазоне от приблизительно 1 до
 приблизительно 30 килограмм на 9000 метров, в некоторых вариантах осуществления
 30 от приблизительно 2 до приблизительно 20 килограмм на 9000 метров и в некоторых
 вариантах осуществления от приблизительно 5 до приблизительно 15 килограмм на
 9000 метров.

Волокна в пучке обычно ориентированы в основном вдоль продольной оси. Волокна
 могут быть разделены или необязательно скручены вместе вокруг продольной оси. В
 35 случае применения природу скручивания можно изменять, как требуется. В
 определенных вариантах осуществления для образования пучка волокон можно
 применять, например, спиральное скручивание (например, коническую спираль, круглую
 спираль и т. д.). В случае применения угол спирального скручивания можно изменять
 от приблизительно $0,1^\circ$ до приблизительно 20° , в некоторых вариантах осуществления
 40 от приблизительно $0,2^\circ$ до приблизительно 10° и в некоторых вариантах осуществления
 от приблизительно $0,5^\circ$ до приблизительно 5° . Шаг, который представляет собой
 линейное расстояние для пучка, чтобы сделать полный оборот вокруг продольной оси,
 можно аналогичным образом изменять от приблизительно 1 до приблизительно
 300 оборотов на метр, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 2 до
 45 приблизительно 200 оборотов на метр и в некоторых вариантах осуществления, от
 приблизительно 5 до приблизительно 100 оборотов на метр. Обычно можно применять
 любую из множества различных методик для скручивания волокон. В одном варианте
 осуществления, например, скручивание можно создавать посредством разматывания

волокон с верхнего конца бобины, как известно из уровня техники. Кроме того, можно также применять другие методики для скручивания комплексных нитей, известные из уровня техники, например, такие как дублирование, перемежение и т. д.

IV. Вытягивание

5 После образования пучок волокон пропускают через многостадийную вытягивающую систему, которая включает по меньшей мере первую стадию жидкостного вытягивания и вторую стадию жидкостного вытягивания. Более конкретно, как отмечено выше, на первой стадии вытягивания применяют первую жидкую среду, имеющую первую температуру, а на второй стадии вытягивания применяют вторую жидкую среду,
10 имеющую вторую температуру. Ссылаясь на фиг. 3, например, показан один пример такой многостадийной вытягивающей системы 100, в которой применяют две последовательные стадии вытягивания. Более конкретно, пучок 102 волокон сначала подают в первый бак 110, а затем во второй бак 410, расположенный ниже по потоку относительно первого бака 110. Хотя в этом варианте осуществления это показано
15 непосредственно после первой стадии вытягивания, следует понимать, что это не является обязательным и что при необходимости между первой и второй стадиями вытягивания могут быть предусмотрены одна или несколько промежуточных стадий вытягивания.

Первый бак 110 содержит первую жидкую среду 120, а второй бак 410 содержит
20 вторую жидкую среду 420. Жидкая среда в каждом баке может быть одной и той же или разной. Примеры подходящих жидких сред могут включать, например, воду, водные растворы, содержащие воду и один или несколько дополнительных растворителей (например, спирты), неводные растворы, которые не содержат воду и т. д. Желательно, в качестве жидкой среды в каждом из баков применяют воду. Первая жидкая среда
25 имеет первую температуру, а вторая жидкая среда имеет вторую температуру. Как первая, так и вторая температура ниже, чем температура плавления матричного полимера и необязательно других компонентов композиции (например, добавки-нановключения или добавки-микровключения), например, по меньшей мере на приблизительно 10°C, в некоторых вариантах осуществления по меньшей мере на
30 приблизительно 20°C и в некоторых вариантах осуществления по меньшей мере на приблизительно 30°C ниже температуры плавления. Примечательно, однако, что первая температура выше, чем вторая температура. Например, первая температура может быть по меньшей мере на приблизительно 10°C, в некоторых вариантах осуществления по меньшей мере на приблизительно 15°C и в некоторых вариантах осуществления по
35 меньшей мере на приблизительно 20°C выше второй температуры. Первая температура может, например, составлять от приблизительно 20°C до приблизительно 90°C и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 25°C до приблизительно 60°C, тогда как вторая температура может быть от приблизительно -10°C до приблизительно 20°C и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0°C до приблизительно
40 15°C.

Следует понимать, что при необходимости можно применить более двух стадий вытягивания. Как показано на фиг. 4, например, в системе 500 могут быть применены первый бак 110, второй бак 410 и третий бак 510, содержащий третью жидкую среду 520. В таких вариантах осуществления третья жидкая среда 520, как правило, имеет
45 третью температуру, которая ниже температуры плавления матричного полимера и необязательно других компонентов композиции, например, по меньшей мере на приблизительно 10°C, в некоторых вариантах осуществления по меньшей мере на приблизительно 20°C, и в некоторых вариантах осуществления по меньшей мере на

приблизительно 30°C ниже температуры плавления. Подобным образом, вторая температура, как правило, выше, чем третья температура, так что температура каждого бака последовательно уменьшается во время процесса вытягивания. Например, вторая температура может быть по меньшей мере на приблизительно 5°C, в некоторых вариантах осуществления по меньшей мере на приблизительно 10°C и в некоторых вариантах осуществления по меньшей мере на приблизительно 15°C выше третьей температуры. Третья температура может, например, составлять от приблизительно -10°C до приблизительно 20°C и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0°C до приблизительно 15°C.

Вне зависимости от количества применяемых стадий общая скорость вытягивания может управляться регулированием относительной скорости между одним или несколькими подающими валиками (не показаны) и одним или несколькими наматывающими валиками (не показаны). Например, наматывающий валик (наматывающие валики) обычно вращается (вращаются) со скоростью, большей, чем скорость вращения подающего валика (подающих валиков). Получаемый коэффициент вытягивания после вытягивания на каждой стадии может, таким образом, составлять от приблизительно 1,1 до приблизительно 25, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 1,5 до приблизительно 15, и в некоторых вариантах осуществления, от приблизительно 2 до приблизительно 10. Скорость вытягивания можно также изменять с целью способствования достижению желаемых свойств, например, в диапазоне от приблизительно 5% до приблизительно 1500% за минуту деформации, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 20% до приблизительно 1000% за минуту деформации и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 25% до приблизительно 850% за минуту деформации.

При необходимости способ вытягивания пучка волокон на каждой стадии также можно выборочно регулировать, чтобы способствовать образованию стабильной поровой сети. Например, на одной или нескольких стадиях вытягивающей системы пучок волокон может необязательно быть пропущен над одним или несколькими вытягивающими валами. Вытягивающие валы могут быть стационарными или способными вращаться и могут быть образованы из широкого спектра материалов, таких как резина, металлы (например, сталь) и т. д. Несмотря на это, вытягивающий вал (вытягивающие валы) в целом находится (находятся) в контакте с жидкой средой. Специфическую конфигурацию вытягивающих валов можно менять, что будет понятно специалистам в данной области техники. Ссылаясь на фиг. 5-7, например, более подробно показан один вариант осуществления первого бака 110, впрочем следует понимать, что во втором баке 420 и/или третьем баке 520 также могут быть применены показанные элементы. В изображенном варианте осуществления первый бак 110 содержит камеру 112, внутри которой расположены первый и второй вытягивающие валы 132 и 134. Следует понимать, что согласно настоящему изобретению обычно можно применять любое количество вытягивающих валов. В некоторых вариантах осуществления, например, можно применять только один вытягивающий вал. В еще нескольких вариантах осуществления можно применять более двух вытягивающих валов. В случае применения многочисленных валов относительное расстояние между валами можно выборочно регулировать, чтобы способствовать получению требуемой поровой сети. Как показано на фиг. 5, например, валы 132 и 134 можно разместить отдельно на расстоянии «D», которое можно иногда менять от приблизительно 0,4 до приблизительно 50 миллиметров, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,5 до приблизительно 25 миллиметров и в некоторых вариантах

осуществления от приблизительно 1 до приблизительно 10 миллиметров. Общую ширину (например, внешний диаметр) вала (валов) можно также менять, например, от приблизительно 1 до приблизительно 50 миллиметров, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 2 до приблизительно 40 миллиметров и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 5 до приблизительно 25 миллиметров.

При необходимости один или несколько вытягивающих валов можно также обеспечить одной или несколькими канавками. Как видно на фиг. 7, например, каждый из вытягивающих валов 132 и 134 может содержать множество канавок 140, которые обычно ориентированы в направлении, параллельном продольному направлению пучка волокон (также известном как «машинное направление»). В определенных случаях пучок волокон можно пропустить через канавку для улучшения сцепления между волокнами, что может способствовать уменьшению появления сужений и разрывов волокон. В случае применения количество канавок 140, содержащихся на валу, обычно находится в диапазоне от 2 до 15 канавок, в некоторых вариантах осуществления от 3 до 12 канавок и в некоторых вариантах осуществления от 4 до 10 канавок. Канавки 140 также могут характеризоваться определенной глубиной, которая обычно находится в диапазоне от приблизительно 0,1 до приблизительно 3,0 миллиметра и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,2 до приблизительно 2 миллиметров. Кроме того, межпиковое расстояние «Р» между канавками 140 обычно составляет от приблизительно 0,1 до приблизительно 3,0 миллиметра и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,2 до приблизительно 2 миллиметров.

При необходимости один или несколько вытягивающих валов также можно нагреть до более высокой температуры, чем температура жидкой среды. Такой нагретый вытягивающий вал (такие нагретые вытягивающие валы) может (могут) способствовать регулированию вытягивания посредством создания локализованных мягких точек в пучке волокна, увеличивая, таким образом, вероятность того, что деформация/сужение волокна будет возникать в мягкой точке. Например, вытягивающий вал (вытягивающие валы) можно нагреть до температуры, которая по меньшей мере на приблизительно 5°C выше, в некоторых вариантах осуществления по меньшей мере на приблизительно 10°C выше и в некоторых вариантах осуществления на от приблизительно 15°C до на приблизительно 40°C выше, чем температура жидкой среды. Например, температура вытягивающего вала (вытягивающих валов) может составлять от приблизительно 0°C до приблизительно 100°C, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 10°C до приблизительно 80°C и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 20°C до приблизительно 70°C.

Независимо от конкретной примененной конфигурации вытягивающий вал (вытягивающие валы) расположен (расположены) так, что он (они) находится (находятся) в контакте с жидкой средой 120. Хотя это не обязательно требуется, обычно желательно, чтобы вытягивающие валы 132 и 134 полностью погружались в жидкую среду, как показано на фиг. 5. Чтобы начать процесс вытягивания пучок 102 волокон можно размотать с подающего валика 150. При необходимости множество подающих валиков также можно применять так, что пучок будет в некоторой степени подвергнут вытягиванию перед входением в жидкостную вытягивающую систему 100. Несмотря на это, пучок 102 подают в жидкостную вытягивающую систему 100 на входе 105. Как показано на фиг. 6, в камере 112 на входе 105 может быть обеспечен канал 125. Таким образом, пучок 102 волокон можно ввести в жидкую среду без подвергания существенному изменению направления. При необходимости вытягивающая система 100 также может включать лоток 114 (фиг. 5) на входе 105 для сохранения любой

жидкой среды, которая потенциально может вытечь из камеры 112 во время операции вытягивания.

От входа пучок 102 пропускают через жидкую среду, пока он не достигнет первого вытягивающего вала 132. Как проиллюстрировано, пучок 102 последовательно пропускают через первый вытягивающий вал 132 и затем второй вытягивающий вал 132. Относительная ориентация вытягивающих валов 132 и 134 обычно определяет поток, по которому следует пучок 102, когда его пропускают через него. В иллюстративном варианте осуществления, например, валы 132 и 134 расположены в «S-образной» конфигурации так, что пучок 102 сходит со второго вала 134 под углом, который составляет приблизительно 180° относительно его положения при вхождении на первый вал 132. Разумеется, этот угол можно менять, например, от приблизительно 45° до приблизительно 250° , в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 60° до приблизительно 200° и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 90° до приблизительно 180° . В иллюстративном варианте осуществления валы 132 и 134 помещены между зажимами 162 и 164 (фиг. 7). Применение таких зажимов может обеспечить более простое расположение валов под требуемым углом.

Степень растягивания, обеспечиваемую во время стадии вытягивания, можно контролировать посредством множества факторов, включая относительный размер бака, через который пропускают пучок. Ссылаясь снова на фиг. 5, например, длина «L» камеры 112 может находиться в диапазоне от приблизительно 10 до приблизительно 800 сантиметров, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 30 до приблизительно 500 сантиметров и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 50 до приблизительно 300 сантиметров. Длина «L₁» камеры, через которую волокно 102 контактирует с жидкой средой 120 перед первым контактированием с вытягивающими валами, обычно представляет собой существенную часть всей длины камеры, такой как приблизительно 60% или больше, в некоторых вариантах осуществления приблизительно 70% или больше и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 80% до приблизительно 95% всей длины камеры. Например, длина «L₁» может находиться в диапазоне от приблизительно 6 до приблизительно 600 сантиметров, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 20 до приблизительно 400 сантиметров и в некоторых вариантах осуществления, от приблизительно 40 до приблизительно 200 сантиметров.

После пропускания над вытягивающими валами 132 и 134 пучок 102 волокон можно выпустить из камеры 112 на выходе 107 и затем подать во второй бак 410 (не показан на фиг. 5). При необходимости вытягивающая система 100 может также содержать лоток 116 на выходе 107 для сохранения любой жидкой среды, которая потенциально может вытечь из камеры 112. Хотя это и не изображено, можно применять воздушный шабер на выходе 107 для способствования удалению воды из пучка при его выходе из водяной бани.

Вытягивание вышеописанным образом может привести к образованию стабильной поровой сети без значительной степени разрыва в волокнах. Например, средний процентный объем, занимаемый пораами внутри заданного единичного объема волокна, может составлять от приблизительно 15% до приблизительно 80% на см³, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 20% до приблизительно 70% и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 30% до приблизительно 60% на кубический сантиметр материала. С таким объемом пор данное волокно (например, полиолефиновое волокно) может иметь относительно низкую плотность, такую как приблизительно

1,1 грамма на кубический сантиметр (г/см^3) или меньше, в некоторых вариантах осуществления приблизительно $0,90 \text{ г/см}^3$ или меньше, в некоторых вариантах осуществления приблизительно $0,85 \text{ г/см}^3$ или меньше, в некоторых вариантах осуществления приблизительно $0,80 \text{ г/см}^3$ или меньше, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно $0,10 \text{ г/см}^3$ до приблизительно $0,75 \text{ г/см}^3$ и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно $0,20 \text{ г/см}^3$ до приблизительно $0,70 \text{ г/см}^3$. Значительная часть пор в поровой сети также имеет «наноразмерный» размер («нанопоры»), как например, поры со средним размером поперечного сечения приблизительно 800 нанометров или меньше, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 5 до приблизительно 700 нанометров и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 10 до приблизительно 500 нанометров. Термин «размер поперечного сечения» обычно относится к характеристическому размеру (например, ширине или диаметру) поры, который, по существу, перпендикулярен ее главной оси (например, длине) и также, как правило по существу, перпендикулярен направлению напряжения, прилагаемого во время вытягивания. Нанопоры могут также иметь средний осевой размер в диапазоне от приблизительно 100 до приблизительно 5000 нанометров, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 50 до приблизительно 2000 нанометров и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 100 до приблизительно 1000 нанометров. «Осевой размер» представляет собой размер в направлении главной оси (например, длину), которая обычно расположена в направлении вытягивания. Такие нанопоры могут, например, составлять приблизительно 15 об. % или больше, в некоторых вариантах осуществления приблизительно 20 об. % или больше, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 30 об. % до 100 об. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 40 об. % до приблизительно 90 об. % от общего объема пор в волокне.

При вытягивании также могут образовываться микропоры, которые имеют средний размер в поперечном сечении приблизительно 0,2 микрометра или более, в некоторых вариантах осуществления приблизительно 0,5 микрометра или более и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,5 микрометра до приблизительно 5 микрометров. В некоторых случаях осевой размер микропор и/или нанопор может быть больше размера поперечного сечения для того, чтобы отношение сторон (отношение осевого размера к размеру поперечного сечения) составляло от приблизительно 1 до приблизительно 30, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 1,1 до приблизительно 15 и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 1,2 до приблизительно 5. Например, осевой размер микропор может составлять 1 микрометр или более, в некоторых вариантах осуществления приблизительно 1,5 микрометра или более и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 2 до приблизительно 30 микрометров.

Авторы настоящего изобретения обнаружили, что независимо от их конкретного размера поры (например, нанопоры, микропоры или и те и другие) могут быть распределены практически однородно по всей композиции. Например, поры могут быть распределены колонками, ориентированными в направлении, обычно перпендикулярном направлению, в котором прилагают напряжение. Эти колонки, как правило, могут быть параллельными друг другу по всей ширине композиции. Не ограничиваясь теорией, полагают, что наличие такой однородно распределенной поровой сети может приводить к хорошим механическим свойствам (например,

рассеиванию энергии под нагрузкой и прочности при ударе). Это кардинально отличается от традиционных методик для создания пор, включающих применение порообразующих средств, результатом чего является возникновение тенденции к неконтролируемому распределению пор и неудовлетворительным механическим

5 свойствам.

Помимо образования поровой сети, вытягивание может также значительно увеличить осевой размер определенных дискретных доменов так, чтобы они имели в целом линейную, удлиненную форму. Например, удлиненные микроразмерные домены могут иметь осевой размер, на приблизительно 10% или более, в некоторых вариантах

10 осуществления на от приблизительно 20% до приблизительно 500% и в некоторых вариантах осуществления на от приблизительно 50% до приблизительно 250% больший, чем осевой размер доменов до вытягивания. Осевой размер (например, длина) после вытягивания может, например, находиться в диапазоне от приблизительно 1 мкм до приблизительно 400 мкм, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно

15 5 мкм до приблизительно 200 мкм и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 10 мкм до приблизительно 150 мкм. Микроразмерные домены могут также быть относительно тонкими и поэтому имеют малый размер в поперечном сечении, такой как от приблизительно 0,02 до приблизительно 20 микрометров, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,1 до приблизительно

20 10 микрометров и в некоторых вариантах осуществления от 0,4 до приблизительно 5 микрометров. Это может обуславливать соотношение сторон для доменов (соотношение осевого размера и размера, перпендикулярного осевому размеру) от приблизительно 2 до приблизительно 150, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 3 до приблизительно 100 и в некоторых вариантах осуществления от

25 приблизительно 4 до приблизительно 50. Благодаря своему малому размеру наноразмерные домены обычно не удлиняются таким же образом, как микроразмерные домены. Поэтому наноразмерные домены могут сохранять средний осевой размер (например, длину) от приблизительно 1 до приблизительно 1000 нанометров, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 5 до приблизительно

30 800 нанометров, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 10 до приблизительно 500 нанометров и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 20 до приблизительно 200 нанометров.

Даже при очень низких плотностях, достигаемых в соответствии с настоящим изобретением, получаемые волокна не являются хрупкими и, таким образом, при

35 приложении натяжения могут деформироваться, а не разрушаться. Таким образом, волокна могут продолжать функционировать в качестве несущего нагрузку элемента даже после того, как волокно будет характеризоваться значительным удлинением. В связи с этим волокна по настоящему изобретению способны характеризоваться

40 улучшенными свойствами «максимального удлинения», т. е. процентом удлинения волокна при его максимальной нагрузке. Например, волокна согласно настоящему изобретению могут демонстрировать максимальное удлинение, составляющее приблизительно 50% или больше, в некоторых вариантах осуществления приблизительно 100% или больше, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 200% до

45 приблизительно 1500% и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 400% до приблизительно 800%, так как определили в соответствии с ASTM D638-10 при 23°C. Таких значений удлинения можно достичь для волокон, характеризующихся широким спектром значений средних диаметров таких, как в диапазоне от приблизительно 0,1 до приблизительно 50 микрометров, в некоторых вариантах

осуществления от приблизительно 1 до приблизительно 40 микрон, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 2 до приблизительно 25 микрон и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 5 до приблизительно 15 микрон.

Хотя волокна по настоящему изобретению обладают способностью удлиняться при натяжении, они могут также оставаться относительно прочными. Например, волокна могут характеризоваться максимальным растягивающим напряжением, составляющим от приблизительно 25 до приблизительно 600 мегапаскалей («МПа»), в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 50 до приблизительно 450 МПа и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 60 до приблизительно 350 МПа так, как определили в соответствии с ASTM D638-10 при 23°C. Другим параметром, отражающим относительную прочность волокон по настоящему изобретению, является «прочность на разрыв», указывающая на прочность волокна на растяжение, выраженную в виде силы на единицу линейной плотности. Например, волокна по настоящему изобретению могут иметь прочность на разрыв от приблизительно 0,75 до приблизительно 7,0 грамма-силы («г_c») на денье, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 1,0 до приблизительно 6,0 г_c на денье и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 1,5 до приблизительно 5,0 г_c на денье.

Номера волокон в денье могут варьировать в зависимости от желаемого применения. Как правило, образуют волокна, имеющие толщину элементарной нити в денье (т. е. единицу линейной плотности, равную массе 9000 метров волокна в граммах) менее приблизительно 15, в некоторых вариантах осуществления менее приблизительно 12 и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 0,5 до приблизительно 6.

V. Волокнистый Материал

После вытягивания пучок волокон можно разделить так, что отдельные волокна можно применять в различных способах применения. В качестве альтернативы пучок волокон можно самостоятельно применять в требуемом способе применения. Волокна и/или пучок волокон можно применять в отдельности или дополнительно перерабатывать в волокнистый материал такой, как тканый материал, трикотажная ткань, нетканое полотно и т. д. Например, отдельные волокна, полученные из вытянутого пучка волокон, можно преобразовать в структуру когерентного нетканого полотна путем произвольного укладывания волокон на формующую поверхность (необязательно с помощью вакуума) и затем связывания полученного полотна с применением какой-либо известной методики.

Нетканое полотно затем можно соединить с применением какой-либо традиционной методики, например, с помощью клея или самопроизвольно (например, посредством сплавления и/или аутогезии волокон без нанесения внешнего клея). Самопроизвольное соединение, например, может достигаться посредством приведения в контакт волокон, пока они являются полурасплавленными или клейкими, или попросту путем смешивания смолы, повышающей клейкость, и/или растворителя с полимером, применяемым для образования волокон. Подходящие методики самопроизвольного соединения могут включать ультразвуковую сварку, термическую сварку, соединение путем воздушной набивки, каландровое соединение и т. д. Например, полотно можно дополнительно соединить или на нем можно выполнить тиснение рисунком посредством термомеханического способа, при котором полотно пропускают между нагретым гладким опорным вальцом и нагретым вальцом для тиснения. Валец для тиснения может иметь любой рельефный рисунок, который обеспечивает желаемые свойства или внешний

вид полотна. В соответствии с необходимостью на вальце для тиснения определяется рельефный рисунок, который определяет множество мест соединения, которые определяют площадь соединения от приблизительно 2% до 30% от общей площади вальца. Приводимые в качестве примера рисунки для соединения включают, например, описанные в патенте США № 3855046, выданном Hansen и соавт., патенте США № 5620779, выданном Levy и соавт., патенте США № 5962112, выданном Haynes и соавт., патенте США № 6093665, выданном Sayovitz и соавт., а также патентах США на промышленный образец № 428267, выданном Romano и соавт.; № 390708, выданном Brown; № 418305, выданном Zander и соавт.; № 384508, выданном Zander и соавт.; № 384819, выданном Zander и соавт.; № 358035, выданном Zander и соавт.; и № 315990, выданном Blenke и соавт. Давление между вальцами может составлять от приблизительно 5 до приблизительно 2000 фунтов на погонный дюйм. Давление между вальцами и температуру вальцов балансируют для получения желаемых свойств или внешнего вида полотна, сохраняя при этом свойства тканеподобного материала. Как хорошо известно специалистам в данной области техники, необходимые температура и давление могут варьироваться в зависимости от многих факторов, включающих без ограничения площадь соединения рисунком, свойства полимеров, свойства волокон и свойства нетканого материала.

В дополнение к полотнам спанбонд, из термопластичной композиции в соответствии с настоящим изобретением также можно образовать ряд других нетканых полотен, таких как полотна мелтблаун, соединенные кардочесанные полотна, полотна, полученные влажным холстоформованием, полотна, полученные аэродинамическим холстоформованием, полотна коформ, гидравлически сплетенные полотна и т. д. Например, термопластичную композицию можно экструдировать через множество мелких капиллярных головок в сходящиеся высокоскоростные потоки газа (например, воздуха), которые утончают волокна с уменьшением их диаметра. После этого волокна мелтблаун переносятся высокоскоростным потоком газа и осаждаются на принимающую поверхность с образованием полотна из распределенных случайным образом волокон мелтблаун. В качестве альтернативы, из полимера можно образовать кардочесанное полотно путем помещения кип волокон, образованных из термопластичной композиции, в трепальную машину, которая разделяет волокна. Затем волокна пропускают через блок гребнечесания или кардного прочеса, в котором волокна дополнительно разъединяются и выравниваются в продольном направлении с тем, чтобы образовать ориентированное в продольном направлении волокнистое нетканое полотно. После образования нетканое полотно, как правило, стабилизируют посредством одной или нескольких известных методик соединения, описанных выше, с образованием соединенного кардочесанного полотна.

При необходимости нетканое полотно также может представлять собой композиционный материал, который содержит комбинацию волокон по настоящему изобретению и других типов волокон (например, штапельных волокон, элементарных нитей и т. д.). Например, можно использовать дополнительные синтетические волокна, такие как образованные из полиолефинов, например, полиэтилена, полипропилена, полибутилена и т. п.; политетрафторэтилена; сложных полиэфиров, например, полиэтилентерефталата и т. п.; поливинилацетата; поливинилхлоридацетата; поливинилбутираля; акриловых смол, например, полиакрилата, полиметилакрилата, полиметилметакрилата и т. п.; полиамидов, например, нейлона; поливинилхлорида; поливинилиденхлорида; полистирола; поливинилового спирта; полиуретанов; полимолочной кислоты и т. д. При необходимости можно также использовать

возобновляемые полимеры. Некоторые примеры известных синтетических волокон включают двухкомпонентные волокна в конфигурации «оболочка-сердцевина», доступные от KoSa Inc., Шарлотт, Северная Каролина, под названиями T-255 и T-256, в обоих из которых применяется полиолефиновая оболочка, или T-254, которое имеет легкоплавкую оболочку на основе сложного сополиэфира. Другие известные двухкомпонентные волокна, которые можно применять, включают волокна, доступные от Chisso Corporation, Морияма, Япония или Fibervisions LLC, Уилмингтон, Делавэр. Можно также использовать штапельные волокна на основе полимолочной кислоты, такие как коммерчески доступные от Far Eastern Textile, Ltd., Тайвань.

Композиционный материал также может содержать волокна целлюлозной массы, такие как волокна целлюлозной массы с большой средней длиной, волокна целлюлозной массы с малой средней длиной или их смеси. Один пример подходящих волокон целлюлозного ворса с большой средней длиной включает волокна крафт-целлюлозы из мягкой древесины. Волокна крафт-целлюлозы из мягкой древесины получают из хвойных деревьев, и они включают волокна целлюлозной массы, как, например, без ограничения, из мягкой древесины северных видов, западных видов и южных видов, включающих секвойю вечнозеленую, тую складчатую, болиголов, лжетсугу тиссолистную, настоящие пихты, сосну (например, южные сосны), ель (например, ель черную), бамбук, их комбинации и т. п. Волокна крафт-целлюлозы из мягкой древесины северных видов можно применять в настоящем изобретении. Пример коммерчески доступных волокон крафт-целлюлозы из мягкой древесины южных видов, подходящих для применения в настоящем изобретении, включает волокна, доступные от Weyerhaeuser Company с офисами в Федерал Уэй, Вашингтон, под торговым названием «NF-405». Другая целлюлозная масса, подходящая для применения в настоящем изобретении, представляет собой беленую сульфатную древесную целлюлозу, содержащую главным образом волокна мягкой древесины, которая доступна от Bowater Corp. с офисами в Гринвилле, Южная Каролина, под торговым наименованием «целлюлозная масса CoosAbsorb S». Волокна с малой средней длиной также можно применять в настоящем изобретении. Примером подходящих волокон целлюлозной массы с малой средней длиной являются волокна крафт-целлюлозы из твердой древесины. Волокна крафт-целлюлозы из твердой древесины получают из лиственных деревьев, и они включают волокна целлюлозной массы, например, но без ограничения, из эвкалипта, клена, березы, осины и т. д. Волокна крафт-целлюлозы из эвкалипта могут быть особенно желательными для увеличения мягкости, усиления яркости, увеличения непрозрачности и изменения пористой структуры листа для увеличения его водоотводящей способности. Также можно использовать волокна из бамбука или хлопчатника.

Нетканые композиционные материалы можно образовать с помощью ряда известных методик. Например, нетканый композиционный материал может представлять собой «материал коформ», который содержит смесь или стабилизированную матрицу волокон из термопластичной композиции и впитывающий материал. В качестве примера, материалы коформ можно получать с помощью способа, в котором по меньшей мере одна экструзионная головка для получения материала мелтблаун расположена возле желоба, по которому впитывающие материалы добавляют к полотну в процессе его образования. Такие впитывающие материалы могут включать без ограничения волокна целлюлозной массы, сверхвпитывающие частицы, неорганические и/или органические впитывающие материалы, обработанные полимерные штапельные волокна и т. п. Относительные значения процентного содержания впитывающего материала можно варьировать в широком диапазоне в зависимости от желаемых характеристик нетканого

композиционного материала. Например, нетканый композиционный материал может содержать от приблизительно 1 вес. % до приблизительно 60 вес. %, в некоторых вариантах осуществления от 5 вес. % до приблизительно 50 вес. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 10 вес. % до приблизительно 40 вес. % волокон из термопластичной композиции. Нетканый композиционный материал аналогичным образом может содержать от приблизительно 40 вес. % до приблизительно 99 вес. %, в некоторых вариантах осуществления от 50 вес. % до приблизительно 95 вес. % и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 60 вес. % до приблизительно 90 вес. % впитывающего материала. Некоторые примеры таких материалов коформ раскрыты в патентах США № 4100324, выданном Anderson и соавт.; № 5284703, выданном Everhart и соавт.; и № 5350624, выданном Georger и соавт.

В настоящем изобретении также можно образовать нетканые слоистые материалы, в которых один или несколько слоев образованы из термопластичной композиции.

Например, нетканое полотно одного слоя может представлять собой материал спанбонд, который содержит термопластичную композицию, при этом нетканое полотно другого слоя содержит термопластичную композицию, другой возобновляемый полимер (другие возобновляемые полимеры) и/или любой другой полимер (например, полиолефины).

В одном варианте осуществления нетканый слоистый материал содержит слой материала мелтблаун, расположенный между двумя слоями материала спанбонд с образованием слоистого материала спанбонд/мелтблаун/спанбонд («SMS»). При необходимости слой (слои) материала спанбонд можно образовать из термопластичной композиции. Слой материала мелтблаун можно образовать из термопластичной композиции, другого возобновляемого полимера (других возобновляемых полимеров) и/или любого другого

полимера (например, полиолефинов). Различные методики образования слоистых материалов SMS описаны в патентах США № 4041203, выданном Brock и соавт.; № 5213881, выданном Timmons и соавт.; № 5464688, выданном Timmons и соавт.; № 4374888, выданном Bornslaeger; № 5169706, выданном Collier и соавт.; и № 4766029, выданном Brock и соавт., а также в публикации заявки на патент США № 2004/0002273,

выданном Fitting и соавт. Разумеется, нетканый слоистый материал может иметь другую конфигурацию и содержать любое желаемое количество слоев материалов мелтблаун и спанбонд, как, например, в слоистых материалах спанбонд/мелтблаун/мелтблаун/спанбонд («SMMS»), слоистых материалах спанбонд/мелтблаун («SM») и т. д. Хотя основной вес нетканого слоистого материала можно приспособить к желаемому

применению, он, как правило, находится в диапазоне от приблизительно 10 до приблизительно 300 граммов на квадратный метр («г/м²»), в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 25 до приблизительно 200 г/м² и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 40 до приблизительно 150 г/м².

Также можно образовать нетканые пленочные слоистые материалы. В таких вариантах осуществления пленка, как правило, является непроницаемой для жидкости и паропроницаемой либо паронепроницаемой. Пленки, которые являются непроницаемыми для жидкости и паропроницаемыми, зачастую называют «воздухопроницаемыми», и они, как правило, характеризуются скоростью проникновения водяного пара («WVTR»), составляющей приблизительно 100 граммов на квадратный метр за 24 часа (г/м²/24 часа) или больше, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 500 до приблизительно 20000 г/м²/24 часа и в

некоторых вариантах осуществления от приблизительно 1000 до приблизительно 15000 г/м²/24 часа. Воздухопроницаемая пленка также может представлять собой микропористую или монолитную пленку. Микропористые пленки, как правило, получают путем включения наполнителя (например, карбоната кальция) в состав полимерной матрицы и последующего растягивания пленки с созданием пор. Примеры таких пленок описаны, например, в патентах США №№ 5843057, выданном McCormack; 5855999, выданном McCormack; 5932497, выданном Morman и соавт.; 5997981, выданном McCormack и соавт.; 6002064, выданном Kobylyvker и соавт.; 6015764, выданном McCormack и соавт.; 6037281, выданном Mathis и соавт.; 6111163, выданном McCormack и соавт.; и 6461457, выданном Taylor и соавт.

При необходимости волокна, нетканое полотно и т. д. также можно подвергать отжигу для способствования обеспечению сохранения ими желаемой формы. Отжиг обычно происходит при температурах от приблизительно 40°C до приблизительно 120°C, в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 50°C до приблизительно 110°C и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 80°C до приблизительно 100°C. Также можно обрабатывать поверхность волокон с применением любой из ряда известных методик для улучшения их свойств. Например, высокоэнергетические пучки (например, плазменные пучки, рентгеновские лучи, электронные пучки и т. д.) можно применять для удаления или уменьшения каких-либо наружных слоев, которые образуются на волокнах, для изменения полярности поверхности, придания хрупкости поверхностному слою и т. д. При необходимости такую обработку поверхности можно применять до и/или после образования полотна, а также до и/или после холодного вытягивания волокон.

VI. Изделия

Волокна согласно настоящему изобретению могут также быть применены в широком спектре различных изделий. В одном варианте осуществления, например, волокна могут быть применены во впитывающем изделии. Впитывающее изделие способно впитывать воду или другие жидкости. Примеры некоторых впитывающих изделий включают без ограничения впитывающие изделия для личной гигиены такие, как подгузники, трусы для приучения к горшку, впитывающие трусы, изделия для взрослых, применяемые при недержании, гигиенические продукты для женщин (например, гигиенические прокладки), купальные костюмы, детские салфетки, салфетки для рук и т. д., медицинские впитывающие изделия такие, как предметы одежды, материалы для фенестрации, подкладные пеленки, перевязочные материалы, впитывающие хирургические салфетки и медицинские салфетки; салфетки для использования в сфере общественного питания; швейные изделия и т. п. Независимо от предполагаемого применения впитывающее изделие обычно содержит впитывающий элемент (например, сердцевинный слой, слой приема выброса, слой задержки переноса, оберточный лист, вентиляционный слой и т. д.) расположенный между тыльным листом и верхним листом. Примечательно, что впитывающий элемент, тыльный лист и/или верхний лист, а также один или несколько других компонентов впитывающего изделия (например, ушки, герметичные отвороты, боковые секции, ленты для талии или ног и т. д.) могут содержать волокна согласно настоящему изобретению по отдельности либо в виде нетканого полотна, содержащего такие волокна.

В связи с этим будут описаны различные приводимые в качестве примера варианты осуществления впитывающего изделия. Как видно из фиг. 1, например, на ней показан один конкретный вариант осуществления впитывающего изделия 201 в форме подгузника. Однако, как указано выше, настоящее изобретение может быть воплощено

в других видах впитывающих изделий, таких как изделия, применяемые при недержании, гигиенические прокладки, трусы-подгузники, женские прокладки, трусы для приучения к горшку и т. п. В иллюстративном варианте осуществления показано впитывающее изделие 201, имеющее форму песочных часов в расстегнутом виде. Однако, разумеется, можно использовать другие формы, такие как в целом прямоугольная форма, Т-образная форма или I-образная форма. Как показано, впитывающее изделие 201 содержит основу 202, образованную различными компонентами, в том числе тыльным листом 217, верхним листом 205 и впитывающим элементом, который содержит впитывающий сердцевинный слой 203 и слой 207 приема выброса. Однако следует понимать, что в настоящем изобретении можно также применять другие слои. Аналогичным образом, в определенных вариантах осуществления настоящего изобретения можно также исключить один или несколько слоев, указанных на фиг. 1.

Как указано выше, тыльный лист 217 может содержать волокна согласно настоящему изобретению, необязательно в виде нетканого полотна. Например, нетканое полотно может быть расположено таким образом, что оно определяет обращенную к одежде поверхность 333 впитывающего изделия 201. Впитывающее изделие 201 также содержит верхний лист 205. Верхний лист 205, как правило, предназначен для контакта с телом пользователя и является проницаемым для жидкости. Например, верхний лист 205 может определять обращенную к телу поверхность 218, которая обычно является эластичной, мягкой на ощупь и не вызывает раздражение кожи носящего. При необходимости верхний лист 205 может содержать волокна согласно настоящему изобретению, необязательно в виде нетканого полотна. Например, при необходимости нетканое полотно может быть расположено таким образом, что оно определяет обращенную к телу поверхность 218. Верхний лист может окружать впитывающий сердцевинный слой 203 таким образом, что он полностью покрывает впитывающее изделие. В качестве альтернативы, верхний лист 205 и тыльный лист 217 могут выступать за пределы впитывающего элемента и на периферии могут быть соединены друг с другом полностью либо частично с помощью известных методик, таких как адгезионное соединение, ультразвуковая сварка и т. д. Как указано выше, верхний лист 205 может содержать нетканое полотно, образованное согласно настоящему изобретению. Верхний лист 205 может также содержать традиционное нетканое полотно (например, полотно спанбонд, полотно мелтблаун или соединенное кардочесанное полотно). Другие приводимые в качестве примеров конструкции верхнего листа, которые содержат нетканое полотно, описаны в патентах США №№ 5192606; 5702377; 5931823; 6060638 и 6150002, а также в публикациях заявок на патент США №№ 2004/0102750, 2005/0054255 и 2005/0059941. Верхний лист 205 может также содержать множество отверстий, образованных в нем с целью обеспечения более легкого прохождения биологической жидкости во впитывающий сердцевинный слой 203. Отверстия могут быть в произвольном порядке или равномерно распределены по всему верхнему листу 205 или они могут быть расположены только на узкой продольной линии или полосе, расположенной вдоль продольной оси впитывающего изделия. Отверстия обеспечивают быстрое проникновение биологической жидкости вниз во впитывающий элемент. Размер, форму, диаметр и количество отверстий можно изменять для соответствия конкретным требованиям.

Впитывающее изделие также содержит впитывающий элемент, расположенный между верхним листом и тыльным листом. Впитывающий элемент может быть образован из одного впитывающего слоя или композиционного материала, содержащего отдельный и отличный впитывающий слой. Однако следует понимать, что в настоящем изобретении

можно использовать любое количество впитывающих слоев. На фиг. 1, например, впитывающий элемент содержит впитывающий сердцевинный слой 203 и слой 207 приема выброса, который способствует замедлению распространения и рассеиванию выбросов или излияний жидкости, которые могут быстро поступать во впитывающий сердцевинный слой 203. Желательно, чтобы слой 207 приема выброса быстро принимал и временно удерживал жидкость перед ее высвобождением в части впитывающего сердцевинного слоя 203 для хранения или удерживания. В иллюстративном варианте осуществления, например, слой 207 приема выброса размещен между обращенной внутрь поверхностью 216 верхнего листа 205 и впитывающим сердцевинным слоем 203. В качестве альтернативы, слой 207 приема выброса может быть расположен на обращенной наружу поверхности 218 верхнего листа 205. Слой 207 приема выброса обычно выполнен из высокопроницаемых для жидкости материалов. Подходящие материалы могут включать пористые тканые материалы, пористые нетканые материалы и пленки с отверстиями. В одном варианте осуществления принимающий слой 207 может содержать волокна согласно настоящему изобретению, необязательно в виде нетканого полотна. Другие примеры подходящих слоев приема выброса описаны в патентах США № 5486166, выданном Ellis и соавт., и № 5490846, выданном Ellis и соавт.

При необходимости впитывающий элемент может также содержать слой задержки переноса, расположенный вертикально ниже слоя приема выброса. Слой задержки переноса может содержать материал, который является менее гидрофильным, чем другие впитывающие слои, и может в целом характеризоваться как, по сути, гидрофобный. Например, слой задержки переноса может представлять собой нетканое полотно (например, полотно спанбонд), образованное из волокон согласно настоящему изобретению. Волокна могут быть круглыми, трехлепестковыми или многолепестковыми по форме поперечного сечения, и они могут быть полыми или цельными по структуре. Как правило, полотна соединены, как, например, с помощью термической сварки, на площади от приблизительно 3% до приблизительно 30% площади полотна. Другие примеры подходящих материалов, которые можно применять для слоя задержки переноса, описаны в патентах США № 4798603, выданном Meyer и соавт., и № 5248309, выданном Serbiak и соавт. Для корректировки эффективности настоящего изобретения слой задержки переноса можно также обработать выбранным количеством поверхностно-активного вещества для увеличения его изначальной смачиваемости.

Слой задержки переноса в целом может иметь любой размер, как, например, длину от приблизительно 150 мм до приблизительно 300 мм. Как правило, длина слоя задержки переноса приблизительно равна длине впитывающего изделия. Слой задержки переноса может также быть равным по ширине слою приема выброса, но обычно является более широким. Например, ширина слоя задержки переноса может составлять от приблизительно 50 мм до приблизительно 75 мм и, в частности, приблизительно 48 мм. Как правило, слой задержки переноса имеет меньший базовый вес, чем таковой у других впитывающих элементов. Например, базовый вес слоя задержки переноса составляет, как правило, менее приблизительно 150 грамм на квадратный метр (г/м^2) и в некоторых вариантах осуществления от приблизительно 10 г/м^2 до приблизительно 100 г/м^2 . При необходимости слой задержки переноса может содержать волокна согласно настоящему изобретению, необязательно в виде нетканого полотна.

Помимо вышеупомянутых компонентов, впитывающее изделие 201 может также содержать различные другие компоненты, известные из уровня техники. Например,

впитывающее изделие 201 может также содержать, по сути, гидрофильный оберточный лист (не проиллюстрирован), который способствует поддержанию целостности волокнистой структуры впитывающего сердцевинного слоя 203. Оберточный лист обычно размещен вокруг впитывающего сердцевинного слоя 203 по меньшей мере
 5 поверх его двух основных лицевых поверхностей и состоит из впитывающего целлюлозного материала, такого как крепированная вата или ткань с высокой влагонепроницаемостью. Оберточный лист может быть выполнен с возможностью создания водоотводящего слоя, который способствует быстрому распределению жидкости по всей массе впитывающих волокон впитывающего сердцевинного слоя 203. Материал
 10 оберточного листа с одной стороны впитывающей волокнистой массы может быть соединен с оберточным листом, расположенным на противоположной стороне волокнистой массы, для эффективного удерживания впитывающего сердцевинного слоя 203. Кроме того, впитывающее изделие 201 может также содержать вентиляционный слой (не показан), расположенный между впитывающим сердцевинным слоем 203 и
 15 тыльным листом 217. В случае использования вентиляционного слоя он может способствовать изоляции тыльного листа 217 от впитывающего сердцевинного слоя 203, снижая тем самым влажность в тыльном листе 217. Примеры таких вентиляционных слоев могут включать нетканое полотно, наложенное на воздухопроницаемую пленку, как, например, описано в патенте США № 6663611, выданном Blaney и соавт. При
 20 необходимости оберточный лист и/или вентиляционный слой может содержать волокна согласно настоящему изобретению, необязательно в виде нетканого полотна.

В некоторых вариантах осуществления впитывающее изделие 201 может также содержать пару ушек (не показаны), которые проходят от боковых кромок 232 впитывающего изделия 201 к одному из участков, прилегающих к талии. Ушки могут
 25 быть образованы как единое целое с выбранным компонентом подгузника. Например, ушки могут быть образованы как единое целое с тыльным листом 217 или выполнены из материала, применяемого для создания верхней поверхности, который может содержать волокна согласно настоящему изобретению, необязательно в виде нетканого
 30 полотна. В альтернативных конфигурациях ушки могут быть представлены элементами, соединенными и собранными с тыльным листом 217, верхней поверхностью, расположенными между тыльным листом 217 и верхней поверхностью или в различных других конфигурациях. Как указано выше, ушки могут содержать волокна согласно
 настоящему изобретению, необязательно в виде нетканого полотна.

Как иллюстративно показано на фиг. 1, впитывающее изделие 201 может также
 35 содержать пару герметичных отворотов 212, которые выполнены с возможностью создания барьера и сдерживания растекания выделений организма в поперечном направлении. Герметичные отвороты 212 могут быть размещены вдоль противоположных в поперечном направлении боковых кромок 232 верхнего листа 205 и прилегать к
 боковым кромкам впитывающего сердцевинного слоя 203. Герметичные отвороты 212
 40 могут проходить в продольном направлении по всей длине впитывающего сердцевинного слоя 203 или могут проходить по длине впитывающего сердцевинного слоя 203 лишь частично. Если герметичные отвороты 212 имеют меньшую длину, чем впитывающий сердцевинный слой 203, они могут быть избирательно расположены в любом месте вдоль боковых кромок 232 впитывающего изделия 201 в участке 210,
 45 прилегающем к промежности. В одном варианте осуществления герметичные отвороты 212 проходят вдоль всей длины впитывающего сердцевинного слоя 203 для лучшего сдерживания выделений организма. Такие герметичные отвороты 212, как правило, хорошо известны специалистам в данной области техники. Например, подходящие

конструкции и варианты расположения герметичных отворотов 212 описаны в патенте США № 4704116, выданном Enloe. При необходимости герметичные отвороты могут содержать волокна согласно настоящему изобретению, необязательно в виде нетканого полотна.

- 5 Впитывающее изделие 201 может содержать различные упругие или растягиваемые материалы, такие как пара упругих элементов 206 для ног, прикрепленных к боковым кромкам 232, для дополнительного предотвращения просачивания выделений организма и для поддержания впитывающего сердцевинного слоя 203. Кроме того, пара упругих элементов 208 для талии может быть прикреплена к противоположащим в продольном
- 10 направлении кромкам, прилегающим к талии, 215 впитывающего изделия 201. Упругие элементы 206 для ног и упругие элементы 208 для талии, как правило, приспособлены для плотного облегающего ног и талии носящего при применении для поддержания положительной контактной связи с носящим и для эффективного снижения или устранения просачивания выделений организма из впитывающего изделия 201.
- 15 Впитывающее изделие 201 может также содержать одну или несколько застежек 230. Например, две гибких застежки 130, проиллюстрированные на фиг. 1 на противоположных боковых кромках участков, прилегающих к талии, предусмотрены для создания отверстия для талии и пары отверстий для ног носящего. Форма застежек 230, как правило, может варьировать, но может включать, например, в целом
- 20 прямоугольные формы, квадратные формы, округлые формы, треугольные формы, овальные формы, линейные формы и т. п. Застежки могут включать, например, материал с крючками. В одном конкретном варианте осуществления каждая застежка 230 включает отдельный кусок материала с крючками, прикрепленный к внутренней поверхности гибкой подкладки. При необходимости эластичные элементы (например,
- 25 для ног, для талии и т. д.) и/или крепления могут содержать волокна согласно настоящему изобретению, необязательно в виде нетканого полотна.

- Различные участки и/или компоненты впитывающего изделия 201 могут быть собраны вместе с помощью какого-либо известного механизма скрепления, такого как адгезионное соединение, ультразвуковая сварка, термическая сварка и т. д. Подходящие
- 30 адгезивы могут включать, например, термопластичные адгезивы, адгезивы, склеивающие при надавливании и т. п. При использовании адгезива его можно наносить в виде равномерного слоя, структурированного слоя, рисунка распыления или в виде любых из отдельных линий, спиралей или точек. В иллюстративном варианте осуществления, например, тыльный лист 217 и верхний лист 205 собраны друг с другом и с впитывающим
- 35 сердцевинным слоем 203 с помощью адгезива. В качестве альтернативы, впитывающий сердцевинный слой 203 может быть соединен с тыльным листом 217 с помощью традиционных застежек, таких как кнопки, крючки и застежки петлевого типа, застежки типа клейкой ленты и т. п. Аналогично, другие компоненты подгузника, такие как упругие элементы 206 для ног, упругие элементы 208 для талии и застежки 230, также
- 40 могут быть собраны во впитывающее изделие 201 с помощью любого механизма скрепления.

- Хотя выше были описаны различные конфигурации подгузника, следует понимать, что другие конфигурации подгузника и впитывающего изделия также включены в объем настоящего изобретения. Кроме того, настоящее изобретение никоим образом не
- 45 ограничено подгузниками. В действительности какие-либо другие впитывающие изделия можно образовывать согласно настоящему изобретению, включая без ограничения другие впитывающие изделия для личной гигиены, такие как трусы для приучения к горшку, впитывающие трусы, изделия для взрослых, страдающих недержанием,

гигиенические продукты для женщин (например, гигиенические прокладки), купальные костюмы, детские салфетки и т. п.; медицинские впитывающие изделия такие, как предметы одежды, материалы для фенестрации, подкладные пеленки, перевязочные материалы, впитывающие хирургические салфетки и медицинские салфетки; салфетки для использования в сфере общественного питания; швейные изделия и т. п.

Следующие примеры будут способствовать большему пониманию настоящего изобретения.

Способы испытания

Показатель текучести расплава

Показатель текучести расплава («MFR») представляет собой вес полимера (в граммах), продавливаемого через выходное отверстие экструзионного пластометра (диаметр 0,0825 дюйма) при воздействии нагрузки, составляющей 2160 грамм, в течение 10 минут, обычно при 190°C, 210°C или 230°C. Если не указано иное, показатель текучести расплава измеряют в соответствии со способом испытания ASTM D1238-13 с помощью экструзионного пластометра Tinius Olsen.

Термические свойства

Температуру стеклования (T_g) можно определять с помощью динамического механического анализа (DMA) в соответствии с ASTM E1640-09. Можно применять прибор Q800 от TA Instruments. Экспериментальные прогоны можно выполнять с использованием конфигурации натяжение/натяжение в режиме сканирования с температурой в диапазоне от -120°C до 150°C со скоростью нагревания 3°C/мин. Частоту для амплитуды натяжения во время испытания можно поддерживать постоянной (2 Гц). Можно проводить испытания трех (3) независимых образцов для получения средней температуры стеклования, которую определяют по максимальному значению кривой $\tan \delta$, где $\tan \delta$ определяют как соотношение модуля потерь и модуля накопления ($\tan \delta = E''/E'$).

Температуру плавления можно определять с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии (DSC). Дифференциальный сканирующий калориметр может представлять собой дифференциальный сканирующий калориметр DSC Q100, оснащенный вспомогательным устройством для охлаждения с помощью жидкого азота и аналитическим программным обеспечением UNIVERSAL ANALYSIS 2000 (версия 4.6.6), оба из которых доступны от T.A. Instruments Inc., Нью-Касл, Делавэр. Во избежание непосредственного контакта с образцами применяют щипцы или другие инструменты. Образцы помещают в алюминиевую чашку и взвешивают с точностью до 0,01 миллиграмма на аналитических весах. Чашку с образцом материала закрывают обжимной крышкой. Обычно гранулы смолы размещают непосредственно в весовой чашке.

Дифференциальный сканирующий калориметр калибруют с применением в качестве стандарта металлического индия, и выполняют корректировку базовой линии, как описано в руководстве по эксплуатации дифференциального сканирующего калориметра. Образец материала помещают в испытательную камеру дифференциального сканирующего калориметра для испытания, а в качестве эталона применяют пустую чашку. Все испытания проводят с продувкой испытательной камеры азотом (промышленным) при расходе 55 кубических сантиметров в минуту. Для образцов гранул смолы программа нагрева и охлаждения представляет собой 2-цикловое испытание, начинающееся с уравнивания камеры до -30°C, с последующим первым периодом нагревания со скоростью нагревания 10°C в минуту до температуры 200°C, с последующим уравниванием образца при 200°C в течение 3 минут, с последующим

первым периодом охлаждения со скоростью охлаждения 10°C в минуту до температуры -30°C, с последующим уравниванием образца при -30°C в течение 3 минут, а затем вторым периодом нагревания со скоростью нагревания 10°C в минуту до температуры 200°C. Все испытания проводят с продувкой испытательной камеры азотом

(промышленным) при расходе 55 кубических сантиметров в минуту.

Результаты оценивают с помощью аналитического программного обеспечения UNIVERSAL ANALYSIS 2000, с помощью которого идентифицировали и определяли количественно температуру стеклования (T_g) в точке перегиба, эндотермические и экзотермические пики и площади под пиками на графиках DSC. Температуру стеклования идентифицировали как участок на линии графика, где происходит выраженное изменение наклона, а температуру плавления определяли с помощью автоматического расчета точек перегиба.

Свойства при растяжении

Свойства при растяжении можно определить в соответствии с ASTM 638-10 при 23 °C. Например, отдельные образцы волокон можно вначале укоротить (например, обрезать ножницами) до длины 38 миллиметров и поместить по отдельности на черную бархатную ткань. Таким образом можно собрать от 10 до 15 образцов волокон. Затем образцы волокон можно зафиксировать в практически выпрямленном состоянии на прямоугольной бумажной раме, имеющей внешние размеры 51 миллиметр × 51 миллиметр и внутренние размеры 25 миллиметров × 25 миллиметров. Концы каждого образца волокна можно функционально прикрепить к раме, осторожно закрепляя концы волокон на сторонах рамы липкой лентой. Для каждого образца волокна можно измерить его внешний, относительно меньший, поперечный размер волокна, используя традиционный лабораторный микроскоп, который можно откалибровать должным образом и установить на увеличение 40X. Поперечный размер волокна можно записать как диаметр отдельного образца волокна. Рама помогает зафиксировать концы образцов волокна в верхнем и нижнем зажимах прибора для испытания на растяжение с постоянной скоростью удлинения способом, предотвращающим избыточное повреждение образцов волокон.

Для испытания можно использовать прибор для испытания на растяжение с постоянной скоростью удлинения и соответствующий датчик нагрузки. Датчик нагрузки (например, 10 Н) можно выбрать таким образом, чтобы испытательное значение попадало в пределы 10-90% полной шкалы нагрузки. Прибор для испытания на растяжение (т. е. MTS SYNERGY 200) и датчик нагрузки можно приобрести у MTS Systems Corporation, Иден-Прери, Мичиган. Образцы волокон в раме в сборе можно затем зафиксировать между зажимами прибора для испытания на растяжение таким образом, чтобы концы волокон можно было функционально удерживать зажимами прибора для испытания на растяжение. Затем стороны бумажной рамы, проходящие параллельно длине волокна, можно отрезать или иным образом отделить так, чтобы прибор для испытания на растяжение прикладывал испытательное усилие только к волокнам. Волокна можно подвергать испытанию на разрыв при скорости вытягивания и скорости движения зажима 12 дюймов в минуту. Полученные данные можно анализировать с помощью программного обеспечения TESTWORKS 4 от MTS Corporation со следующими настройками для испытания:

Входные данные для расчетов		Входные данные для испытаний	
Падение нагрузки, свидетельствующее о разрыве	50%	Чувствительность к разрыву	90%
Удлинение, свидетельствующее о разрыве	0,1 дюйма	Пороговая разрывная нагрузка	10 гс
Номинальная рабочая длина	1 дюйм	Частота сбора данных	10 Гц
Предварительная нагрузка без натяжения	1 фунтс	Длина, соответствующая денье	9000 м
Длина сегмента для наклона	20%	Плотность	1,25 г/см ³
Условный предел текучести	0,20%	Начальная скорость	12 дюймов/мин.
Длина сегмента для текучести	2%	Вторичная скорость	2 дюйма/мин.

Значения прочности на разрыв можно выражать в единицах грамм-силы на денье. Можно также измерять максимальное удлинение (% натяжения при разрыве) и максимальное напряжение.

Максимальную нагрузку полотна можно определять, используя полоску размером 2 дюйма на 6 дюймов, вырезанную вдоль направления длины (MD) и ширины (CD).

Испытание можно проводить в универсальном приборе для испытания на растяжение, оснащенном двумя покрытыми резиной зажимами размером 1 дюйм на 3 дюйма. Рабочая длина может составлять 76 ± 1 мм ($3 \pm 0,04$ дюйма).

Объем пор в процентах

Для определения объема пор в процентах вначале можно измерить ширину (W_i) и толщину (T_i) образца перед вытягиванием. Длину (L_i) до вытягивания можно также определить путем измерения расстояния между двумя отметками на поверхности образца. После этого образец можно вытягивать для инициирования порообразования. Затем можно измерить ширину (W_f), толщину (T_f) и длину (L_f) образца с точностью до 0,01 мм, используя электронно-цифровой штангенциркуль (Mitutoyo Corporation). Объем (V_i) до вытягивания можно рассчитать по формуле $W_i \times T_i \times L_i = V_i$. Объем (V_f) после вытягивания также можно рассчитать по формуле $W_f \times T_f \times L_f = V_f$.

Плотность волокна

Для измерения плотности волокна поместили в растворы известной плотности при окружающих условиях. Если волокна держались на поверхности данного раствора, то плотность определяли как меньшую, чем у данного раствора. Если волокна опускались ко дну в данном растворе, то плотность определяли как большую, чем у данного раствора. В таблице ниже приведены растворы, примененные во время испытания, где плотность каждого раствора была определена с применением ареометров.

РАСТВОР	Плотность (г/см ³)
100 об. % гексана	0,66
25 об. % 2-пропанола / 75% гексана	0,69
50 об. % 2-пропанола / 50% гексана	0,72
75 об. % 2-пропанола / 25% гексана	0,75
100 об. % 2-пропанола	0,78
85% 2-пропанола 15% воды	0,83
70% 2-пропанола 30% воды	0,87

Испытание гидростатическим давлением («на высоту гидростатического давления»)

Испытание гидростатическим давлением представляет собой измерение устойчивости материала к проникновению жидкой воды под статическим давлением, и его выполняют в соответствии со способом испытания AATCC 127-2008. Результаты для каждого образца можно усреднить и записать в сантиметрах (см). Более высокое значение означает более высокую устойчивость к проникновению воды.

Скорость проникновения водяного пара («WVTR»)

Испытание, применяемое для определения WVTR материала, можно варьировать в зависимости от природы материала. Одной из методик измерения значения WVTR является процедура В ASTM E96/96M-12. Другой способ включает применение процедуры испытания INDA IST-70.4 (01). Процедура испытания INDA кратко изложена далее. Сухую камеру отделяют от влажной камеры с известной температурой и влажностью несменяемой предохранительной пленкой и материалом образца, подлежащим испытанию. Задачей предохранительной пленки является ограничение заданного воздушного зазора и обеспечение спокойствия или неподвижности воздуха в воздушном зазоре при получении характеристик воздушного зазора. Сухая камера, предохранительная пленка и влажная камера образуют диффузионную ячейку, в которой герметизируют испытываемую пленку. Держатель образца известен как PermTRAN-W модели 100K, изготовленный Mocon/Modem Controls, Inc., Миннеаполис, Миннесота. Первое испытание проводят для определения WVTR предохранительной пленки и воздушного зазора между ней и испарительным узлом, создающим 100% относительную влажность. Водяной пар диффундирует через воздушный зазор и предохранительную пленку и затем смешивается с потоком сухого газа, который пропорционален концентрации водяного пара. Электрический сигнал направляется в компьютер для обработки. Компьютер рассчитывает скорость проникновения для воздушного зазора и предохранительной пленки и сохраняет значение для последующего применения.

Скорость проникновения для предохранительной пленки и воздушного зазора сохраняется в компьютере как CalC. Затем в испытательной ячейке герметизируют материал образца. Водяной пар вновь диффундирует через воздушный зазор к предохранительной пленке и испытываемому материалу и затем смешивается с потоком сухого газа, обдувающего испытываемый материал. Данная смесь также вновь переносится к датчику пара. Затем компьютер рассчитывает скорость проникновения для комбинации воздушного зазора, предохранительной пленки и испытываемого материала. Затем данная информация применяется для расчета скорости проникновения, с которой влага проходит через испытываемый материал, согласно уравнению:

$TR_{\text{Испытуемый материал}} = TR_{\text{Испытуемый материал, предохранительная пленка, воздушный зазор}}$
 - $TR_{\text{предохранительная пленка, воздушный зазор}}^{-1}$

Скорость проникновения водяного пара («WVTR») затем рассчитывают следующим образом:

$$WVTR = \frac{F \rho_{\text{sat}}(T) RH}{A P_{\text{sat}}(T) (1 - RH)}$$

где

F = расход водяного пара в см^3 в минуту;

$\rho_{\text{sat}}(T)$ = плотность воды в насыщенном воздухе при температуре T ;

RH = относительная влажность в указанных местах в ячейке;

A = площадь поперечного сечения ячейки и

$P_{\text{sat}}(T)$ = давление насыщенного пара для водяного пара при температуре T .

Пористость по Frazier

Пористость по Frazier измеряли в приборе для определения воздухопроницаемости с низким перепадом давлений Frazier® (FAP-LP) путем нарезания полоски образца размером 8 дюймов (измеренной вдоль машинного направления) и складывания образца гармошкой (в поперечном направлении) с получением шести слоев.

ПРИМЕР 1

Формовали двухкомпонентные волокна, которые содержат сердцевину, образованную из смеси 93 вес. % изотактического полипропилена (M3661, Total Petrochemicals) и 7 вес. % LOTADER® AX8900 (Arkema), и оболочку, образованную из 100 вес. % ASPUNTM 6835A (LLDPE, от Dow Chemical). Сердцевина составляет 70 об. % волокна, а оболочка составляет 30 об. %. Образовали пучок, содержащий 288 волокон. Общая толщина нитей пучка в денье составляла приблизительно 11 килограмм на 9000 метров. Пучок скручивали до 50 оборотов на метр с применением традиционного оборудования для кольцевого скручивания. Скрученный пучок подавали на растягивающую линию через стол с пятью валиками при установленной скорости подачи, составляющей 15 метров в минуту (м/мин). Пучок пропускают через систему с двумя водяными банями. Первая водяная баня имела длину приблизительно 150 сантиметров и содержала вытягивающие валы в конфигурации с s-оборачиванием, расположенные в 145 сантиметрах от входа в первую водяную баню. Вторая водяная баня составляла приблизительно 55 сантиметров в длину и была расположена непосредственно после первой. Пучок пропускают через первую водяную баню, вытягивающие валы и вторую водяную баню. Температура первой водяной бани составляла 29°C. Вторая водяная баня была при 8,5°C. Скорость вытягивания пучка составляла 90 метров в минуту с получением коэффициента вытягивания, составляющего 6,00. Вытянутые волокна имели плотность $0,71 \pm 0,02$ грамма на кубический сантиметр.

ПРИМЕР 2

Волокна также формовали, как описано в примере 1, за исключением того, что скорость вытягивания составляла 85 метров в минуту с получением коэффициента вытягивания, составляющего 5,67. Вытянутое волокно имело плотность $0,71 \pm 0,02$ грамма на кубический сантиметр.

ПРИМЕР 3

Волокна также формовали, как описано в примере 2, за исключением того, что вторая водяная баня была при 29°C. Вытянутое волокно имело плотность $0,77 \pm 0,02$ грамма на кубический сантиметр.

ПРИМЕР 4

Волокна также формовали, как описано в примере 3, за исключением того, что скорость вытягивания составляла 90 метров в минуту с получением коэффициента вытягивания, составляющего 6,00. Вытянутое волокно имело плотность $0,75 \pm 0,03$ грамма на кубический сантиметр.

Несмотря на то, что настоящее изобретение было подробно описано относительно его конкретных вариантов осуществления, следует понимать, что специалисты в данной области техники при достижении понимания вышеизложенного смогут легко представить себе изменения, вариации и эквиваленты этих вариантов осуществления. Соответственно, объем настоящего изобретения следует определять как объем прилагаемой формулы изобретения и любых ее эквивалентов.

(57) Формула изобретения

1. Способ формования пористых волокон, при этом способ включает:

подачу пучка волокон в вытягивающую систему, содержащую первый бак и второй бак, расположенный ниже по потоку относительно первого бака, причем по меньшей мере часть волокон формируют из термопластичной композиции, содержащей непрерывную фазу, содержащую матричный полимер и добавку нановключение, диспергированную в непрерывной фазе в виде дискретных доменов, и при этом дополнительно первый бак содержит первую жидкую среду, имеющую первую температуру, и второй бак содержит вторую жидкую среду, имеющую вторую температуру, при этом первая и вторая температуры ниже, чем температура плавления матричного полимера, и первая температура выше, чем вторая температура, причем первая температура составляет от 20°C до 90°C, а вторая температура составляет от -10°C до 20°C;

и вытягивание пучка волокон через первый и второй баки, образуя таким образом в волокнах поровую сеть, содержащую множество нанопор.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что первая жидкая среда и вторая жидкая среда представляют собой воду.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что первая температура по меньшей мере на приблизительно 10°C выше второй температуры.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что первый бак содержит первый и второй вытягивающие валы, погруженные в первую жидкую среду.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что второй бак содержит первый и второй вытягивающие валы, погруженные во вторую жидкую среду.

6. Способ по п. 4, отличающийся тем, что вытягивающие валы располагают так, что пучок сходит со второго вытягивающего вала под углом, составляющим приблизительно 180° относительно пучка при начальном контакте с первым вытягивающим валом.

7. Способ по п. 1, отличающийся тем, что пучок волокон вытягивают до коэффициента от приблизительно 1,1 до приблизительно 25.

8. Способ по п. 1, отличающийся тем, что пучок содержит приблизительно 5 или более волокон.

9. Способ по п. 1, отличающийся тем, что нанопоры имеют средний размер в поперечном сечении приблизительно 800 нанометров или менее.

10. Способ по п. 1, отличающийся тем, что матричный полимер имеет показатель текучести расплава, составляющий от приблизительно 0,5 до приблизительно 80 грамм за 10 минут, определенный при нагрузке, составляющей 2160 грамм, и при 230°C в соответствии с ASTM D1238-13.

11. Способ по п. 1, отличающийся тем, что матричный полимер представляет собой сложный полиэфир.

12. Способ по п. 1, отличающийся тем, что матричный полимер представляет собой полиолефин.

5 13. Способ по п. 12, отличающийся тем, что матричный полимер представляет собой по сути изотактический гомополимер или сополимер полипропилена, содержащий по меньшей мере приблизительно 90% по весу пропилена.

14. Способ по п. 1, отличающийся тем, что непрерывная фаза составляет от приблизительно 60 вес. % до приблизительно 99 вес. % термопластичной композиции, 10 а добавка-нановключение составляет от приблизительно 0,05 вес. % до приблизительно 20 вес. % композиции в пересчете на вес непрерывной фазы.

15. Способ по п. 1, отличающийся тем, что добавка-нановключение включает функционализированный полиолефин.

16. Способ по п. 15, отличающийся тем, что функционализированный полиолефин 15 представляет собой полиэпоксид.

17. Способ по п. 1, отличающийся тем, что добавка-нановключение имеет показатель текучести расплава, составляющий от приблизительно 0,1 до приблизительно 100 грамм за 10 минут, определенный при нагрузке 2160 грамм и при температуре, по меньшей мере на приблизительно 40°C превышающей температуру плавления, в соответствии 20 с ASTM D1238-13.

18. Способ по п. 1, отличающийся тем, что композиция дополнительно содержит добавку-микровключение, диспергированную в непрерывной фазе в форме дискретных доменов.

19. Способ по п. 18, отличающийся тем, что добавка-микровключение представляет 25 собой полимолочную кислоту.

20. Способ по п. 18, отличающийся тем, что добавка-микровключение имеет температуру стеклования, составляющую приблизительно 0°C или больше.

21. Способ по п. 1, отличающийся тем, что термопластичная композиция дополнительно содержит модификатор поверхности раздела фаз.

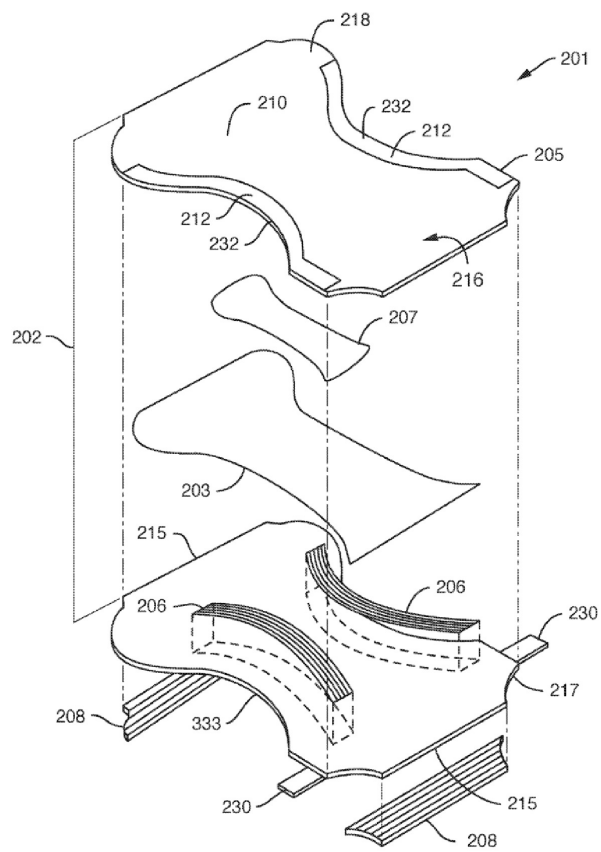
30 22. Способ по п. 1, отличающийся тем, что поровая сеть дополнительно содержит микропоры.

23. Способ по п. 1, отличающийся тем, что пучок волокон представляет собой пучок экструдированных волокон.

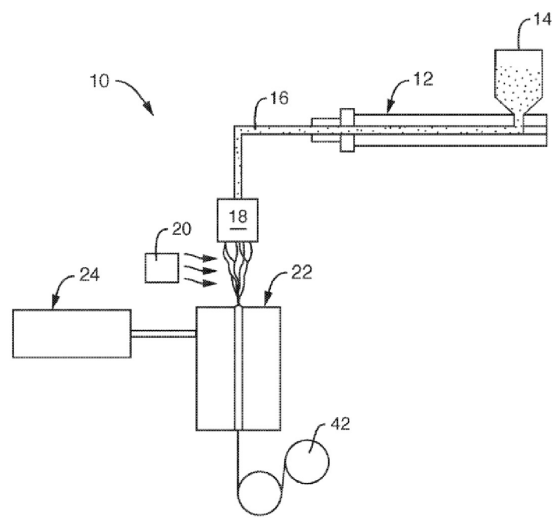
35

40

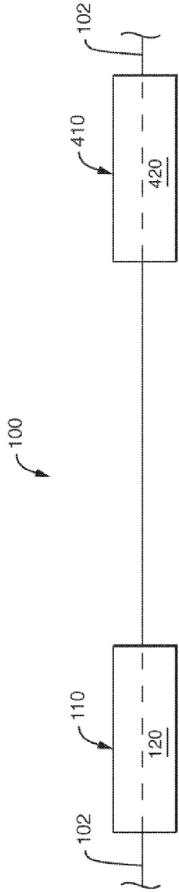
45



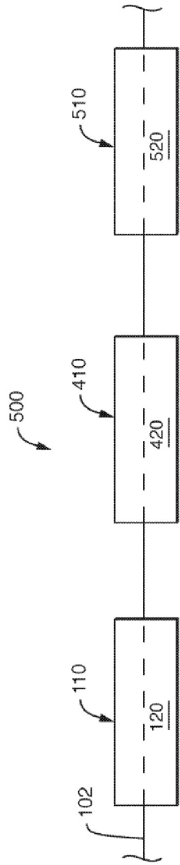
Фиг. 1



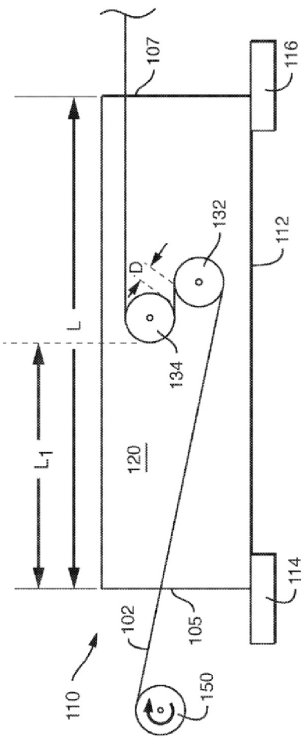
Фиг. 2



Фиг. 3

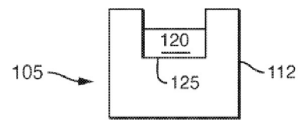


Фиг. 4

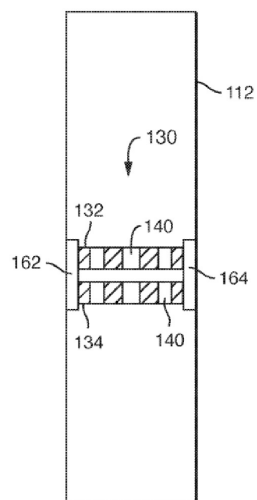


Фиг. 5

5/5



Фиг. 6



Фиг. 7