

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **034999**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента

2020.04.15

(21) Номер заявки

201792322

(22) Дата подачи заявки

2016.04.20

(51) Int. Cl. **C08K 5/00** (2006.01)
C08K 5/13 (2006.01)
C08K 5/134 (2006.01)
C08K 5/14 (2006.01)
C08K 5/3415 (2006.01)
C08K 5/3432 (2006.01)
F16L 9/12 (2006.01)
C08K 5/10 (2006.01)
C08K 5/3492 (2006.01)
C08L 9/00 (2006.01)
C08L 63/08 (2006.01)
C08L 71/00 (2006.01)

**(54) ПОЛИОЛЕФИНОВАЯ ТРУБА, СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СШИТОЙ
ПОЛИОЛЕФИНОВОЙ ТРУБЫ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ**

(31) **1506876.0**(32) **2015.04.22**(33) **GB**(43) **2018.03.30**(86) **РСТ/EP2016/058812**(87) **WO 2016/170016 2016.10.27**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

ЮПОНОР ИННОВЕЙШН АБ (SE)

(72) Изобретатель:

Росен Патрик (SE)

(74) Представитель:

Медведев В.Н. (RU)

(56) DATABASE CA [Online] CHEMICAL ABSTRACTS SERVICE, COLUMBUS, OHIO, US; 27 December 2013 (2013-12-27), LIU, SHAOPING ET AL.: "Composite PE water supply pipe", XP002759702, retrieved from STN Database accession no. 2013:1990864 abstract -& CN 103 467 812 A (ANHUI DINGYUAN ZHENYUN PLASTICS CO LTD) 25 December 2013 (2013-12-25)

DATABASE CA [Online] CHEMICAL ABSTRACTS SERVICE, COLUMBUS, OHIO, US; 19 April 2013 (2013-04-19), LIU, JUNQING: "Method for preparing anticorrosive, antiwaxing and heat-resistant polyethylene pipe material for petroleum recovery", XP002759703, retrieved from STN Database accession no. 2013:606478 abstract - & CN 103 044 745 A (JINAN SAICHEN POLYMER MATERIAL CO LTD) 17 April 2013 (2013-04-17)
US-A-2958672

DATABASE CA [Online] CHEMICAL ABSTRACTS SERVICE, COLUMBUS, OHIO, US; 18 March 1990 (1990-03-18), YAMAMOTO, HISAO ET AL: "Rubber compositions for tire treads", XP002759704, retrieved from STN Database accession no. 1990:100501 abstract -& JP 01 178538 A (BRIDGESTONE CORP.; MITSUBISHI PETROCHEMICAL CO. LTD.) 14 July 1989 (1989-07-14)

WO-A1-2014177435

(57) Данное изобретение относится к полимерной трубе и более конкретно к полимерной трубе, где труба содержит сшитый полиолефин, образованный из экструдированного полиолефина, содержащего бисмалеимидный сшивающий агент. Данное изобретение относится к получению пластиковых труб и шлангов из полиолефиновых полимеров, таких как полиэтилен, с образованием поперечных сшивающих связей с помощью бисмалеимидного сшивающего агента для производства труб и шлангов из сшитого полиэтилена (PEX).

B1**034999****034999****B1**

Область техники

Данное изобретение относится к полимерной трубе и более конкретно к полимерной трубе, где труба содержит поперечно сшитый полиолефин, полученный из экструдированного полиолефина, содержащего бисмалеимидный поперечно сшивающий агент. Данное изобретение относится к изготовлению пластиковых труб и шлангов из полиолефиновых полимеров, таких как полиэтилен, с образованием сшивающих связей с помощью бисмалеимидного сшивающего агента для производства труб и шлангов из сшитого полиэтилена (РЕХ). Трубы предназначены для использования с холодной (например, питьевой) или с горячей водой.

Уровень техники

Экструдированные трубы, изготовленные из полиолефиновых полимеров, хорошо известны для различных промышленных применений. Как правило, они используются в строительной промышленности для бытовых (например, питьевых) водопроводных труб, радиаторных труб, напольных отопительных труб и для аналогичных применений, таких как судостроение. Такие полиолефиновые трубы могут также использоваться в качестве труб отопления, в качестве технологических трубопроводов в пищевой промышленности и т.д. Другие области применения включают транспортировку газообразных флюидов и суспензий.

Полиолефин, используемый в экструдированных трубах, зачастую сшит с образованием поперечных связей, так как это обеспечивает ряд преимуществ. Такие преимущества включают в себя, но не ограничиваются ими, долгосрочную стабильность, включая стойкость к окислению, которая помогает в соответствии с действующими правилами и стандартами для применения с питьевой водой, гибкости при установке, включая "эффект памяти" и т.д. Поперечно сшитый полиэтилен (РЕХ) обычно используется для пластиковых труб. Существует несколько разновидностей РЕХ, которые используют множество различных технологий поперечного сшивания и обработки. Различные марки РЕХ дополнительно содержат другие добавки, такие как антиоксиданты, и/или пакеты стабилизаторов, и/или вспомогательные средства для обработки в разных концентрациях и комбинациях. Три известных разновидности РЕХ для трубных применений представляют собой РЕХ-а, РЕХ-б и РЕХ-с.

В РЕХ-а процессе (например, полученного с помощью "способа Ангеля", метода солевой ванны "Понт-а-Муссон" или инфракрасного метода (IR)), сшивание индуцируется пероксидом. В способе Ангеля сшивание индуцируется пероксидом под воздействием тепла и высокого давления. В ИК-способе поперечное сшивание индуцируется пероксидом под воздействием тепла, приложенного ИК-излучением. Полученную композицию РЕХ-а поперечно сшивают через углерод-углеродные связи для образования поперечно сшитой полимерной сети. Процесс сшивания РЕХ-а происходит на стадии расплавления, в отличие от процессов первичной поперечной сшивки для РЕХ-б и РЕХ-с, где поперечное сшивание происходит при твердом состоянии полимера. Первичной реакцией является образование свободных радикалов при разложении пероксида, который должен присутствовать по определению для процесса РЕХ-а, а затем свободный радикал отнимает водороды от полимерных цепей РЕ. Последний дает новые углеродные радикалы, которые затем объединяются с соседними цепями РЕ для образования устойчивых углерод-углеродных связей, т.е. сшивания. Поперечное сшивание, которое считается гомогенным и однородным для РЕХ-а, дает степень сшивания (обычно называемую ССL) в диапазоне 70-90% для практических областей применения. В некоторых областях применения ССL должен быть выше 70% для РЕХ-а, как определено в стандарте ASTM для труб из сшитого полиэтилена (РЕХ), F 876-10 (утвержденном 1 февраля 2010) и/или в некоторых случаях ССL должен быть выше 70% для РЕХ-а, как определено в ISO 15875. РЕХ-а процесс, таким образом, может использоваться для получения труб хорошего качества.

В процессе РЕХ-б сшивание индуцируется при помощи влаги и тепла в течение увеличенного заранее определенного времени, которое обычно проводится в "атмосфере сауны". Наиболее часто используемые способы называются способами Sioplas (двухстадийные) и Monosil (одностадийные) соответственно. В способе Sioplas силан, такой как, например, винилсилан, прививается к смоле HDPE до экструзии труб. В способе Monosil силан смешивается с HDPE смолой во время экструзии труб. В обоих способах, которые химически различны на этапах предварительного сшивания, основной принцип фактического сшивания практически идентичен, т.е. сшивание происходит во вторичном постэкструзионном процессе, который ускоряется комбинацией тепла и влаги. Последняя комбинация представляет собой активный "агент", который участвует в первичной реакции гидролиза и конденсации. В принципе, экструдированная труба подвергается воздействию горячей воды и паровой бани. Фундаментальное отличие от РЕХ-а заключается в том, что для РЕХ-б результирующее сшивание не связано с углерод-углеродными связями, а вместо этого образуются ковалентные связи кислород-кремний (силоксановые "мостики"). По сравнению с РЕХ-а плотность сшивания (ССL) несколько ниже для РЕХ-б (65-70%), а сшивание также менее однородно. РЕХ-б обычно имеет минимальное требование ССL > 65%.

В процессе РЕХ-с сшивание обычно именуется как "холодный" способ. В процессе РЕХ-с никакие химикаты не нужны для облегчения процесса сшивания, но вместо этого используется облучение электронным лучом высокой энергии (ЕВ) для создания свободных радикалов, необходимых для отъема водорода и последующего сшивания. Электронные пучки высоких энергий являются неселективными, т.е. химические связи расщепляются неконтролируемым образом. Последнее имеет следствием создание

побочных реакций вместе с направленной реакцией, то есть для сшивания HDPE. Плотность сшивания PEХ-с обычно находится в диапазоне 70-75% (минимальное требование >60%), и должны быть приняты меры предосторожности при облучении, поскольку слишком долгое время воздействия может привести к обесцвечиванию продуктов и/или к их хрупкости. PEХ-с был успешно использован на протяжении многих лет, несмотря на несколько сложные условия производства.

Одна из проблем, которая происходит со всеми экструдированными трубами, используемыми для питьевой воды, является потенциальная проблема с выщелачиванием добавок из матрицы полимерной трубы. Добавки, в том числе инициаторы, стабилизаторы, со-агенты, вспомогательные вещества, антиоксиданты, их продукты разложения и т.д., могут выщелачиваться из полимерной матрицы с течением времени и могут стать доступными для загрязнения флюидов, которые протекают внутри трубы. Эта проблема является особой проблемой в таких случаях как применение труб для питьевой воды, и существуют отраслевые стандарты, которые количественно определяют допустимые уровни выщелачивания материалов из труб в течение определенного периода времени для таких областей применения. Кроме того, выщелачивание добавок, продуктов разложения добавок и/или сшивающих побочных продуктов может привести к тому, что трубы не пройдут испытания на полный органический углерод (ТОС) или испытания на вкус и запах. Различные добавки могут потребоваться для присутствия в трубе при ее изготовлении, чтобы облегчить обработку трубы при экструзии полимера исходного материала, а также для обеспечения структурной целостности и устойчивости к старению и т.д. готовой трубы. Аналогично обычно требуются сшивающие агенты для получения трубы с требуемым уровнем сшивания. В то же время само присутствие добавок, продуктов разложения и сшивающих побочных продуктов представляет собой проблему, поскольку эти материалы могут выщелачиваться из полимерной матрицы в течение определенного периода времени.

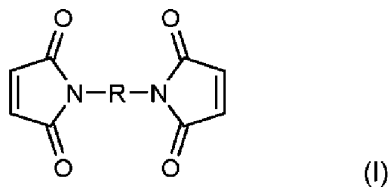
Очевидно, что известные экструдированные трубы и способы изготовления таких труб могут быть субъектами ряда ограничений. Поэтому существует потребность в новых способах производства и/или новых комбинациях химических компонентов для улучшения способов производства и/или свойств полиолефиновых труб.

Цель настоящего изобретения заключается в создании материалов для формирования труб, которые могут быть использованы в областях применения холодной и/или горячей воды, например, в бытовом применении холодной и/или горячей воды. Также целью является обеспечение материалов для производства труб для промышленного применения. Целью является производство труб, устойчивых к выщелачиванию одного или нескольких компонентов с течением времени. Еще одна цель заключается в том, чтобы производить трубы для бытовых областей применения, которые соответствуют или превышают текущие стандарты для одного или нескольких ТОС, вкуса и запаха. Настоящее изобретение удовлетворяет всем или некоторым из этих целей.

Сущность изобретения

Настоящее изобретение относится к трубе, которая получает преимущество из-за сниженного уровня выщелачивания химических остатков при сведении к минимуму или при отсутствии дополнительной обработки после экструзии, чтобы уменьшить указанное выщелачивание. Трубы согласно изобретению обеспечивают ряд преимуществ. Например, трубы могут соответствовать или превышать текущие стандарты для одного или нескольких ТОС, вкуса и запаха без необходимости стадий дополнительной обработки после экструзии, например дополнительного времени термической обработки.

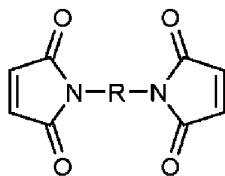
Один аспект изобретения обеспечивает полимерную трубу, выполненную из полиолефинового структурного полимера; а также бисмалеимидного сшивающего агента в количестве от 0,02 до 5 вес.%, где бисмалеимидный сшивающий агент представляет собой соединение формулы (I):



где R является -C₂-C₂₄ алкилом.

Другой аспект настоящего изобретения обеспечивает способ получения трубы из сшитого полиолефина, включающий

- получение содержащей смеси;
- экструдирование смеси с получением экструдированной трубы; и
- сшивание полиолефинового структурного полимера путем нагрева экструдированной трубы, причем смесь получают путем смешивания компонентов, содержащих полиолефиновый структурный полимер и бисмалеимидный сшивающий агент в количестве от 0,02 до 5 мас.%, где бисмалеимидный сшивающий агент представляет собой соединение формулы (I):



(I)

где R является - C₂-C₂₄ алкилом.

Третий аспект настоящего изобретения предусматривает использование бисмалеимидного сшивающего агента формулы (I), как определено в настоящем описании для производства полиолефиновой трубы.

Четвертый аспект предусматривает использование трубы по изобретению или трубы, полученной в соответствии со способом, или использование изобретения для транспортировки воды. В одном варианте способа осуществления вода представляет собой питьевую воду.

Подробное описание

В описании и формуле изобретения настоящей спецификации слова "заключают в себе" и "содержат" и вариации из них означают "включая, но не ограничиваясь ими", и они не предназначены для исключения (и не исключают) других фрагментов, добавок, компонентов, систем или стадий. Всюду в описании и в формуле изобретения этой спецификации единственное число охватывает множественное число, если контекст не требует иного. В частности, где используется неопределенный артикль, спецификация должна пониматься как рассмотрение, как множественности, так и сингулярности, если контекст не требует иного.

Особенности, системы, характеристики, соединения, химические фрагменты или группы, описанные в сочетании с конкретным аспектом, вариантом способа осуществления или примером настоящего изобретения, следует понимать, что они применимы к любому другому аспекту, варианту способа осуществления или примеру, описанному в настоящем документе, до тех пор, пока они совместимы с ним. Все функции, раскрытые в этом описании (включая любые сопровождающие пункты формулы изобретения, реферат и чертежи) и/или все стадии любого раскрытого способа или процесса могут быть объединены в любой комбинации, за исключением комбинаций, в которых, по меньшей мере, некоторые из таких функций и/или стадии являются взаимоисключающими. Изобретение не ограничено деталями любых вышеприведенных вариантов способа осуществления. Изобретение распространяется на любой новый признак или комбинацию признаков, раскрытых в этом описании (включая любые сопроводительные формулы, реферат и чертежи), или на любой новый признак или любую новую комбинацию этапов любого раскрытого способа или процесса.

Внимание читателя направляется на все статьи и документы, которые поданы одновременно или ранее в данном описании в связи с данной заявкой и которые являются открытыми для всеобщего ознакомления с данной спецификацией, и содержание всех таких статей и документов включено в настоящий документ в качестве ссылки.

Во избежание сомнений, настоящим утверждается, что ранее раскрытая информация в этой спецификации под заголовком "Уровень техники" имеет отношение к изобретению и должна рассматриваться как часть раскрытия изобретения.

Полимерные трубы по данному изобретению могут быть использованы для различных применений, например для транспортировки горячей и/или холодной питьевой воды, подогрева пола путем излучения, или для сточных вод, а также для использования в противопожарных спринклерах, технологических трубопроводах в таких отраслях как пищевая промышленность, а также для транспортировки флюидов, отличных от воды, таких как газы и суспензии, среди других областей применения. В некоторых вариантах способа осуществления эти полимерные трубы включают основную трубу с одним или несколькими слоями, расположенными на основной трубе. Примеры различных слоев, которые могут быть расположены на полимерной основной трубе, включены в US 2010/0084037 под названием "Способы и композиции для покрытия труб", который включен в качестве ссылки в полном объеме. В других вариантах способа осуществления полимерная труба включает основную трубу без слоев, расположенных на основной трубе, то есть труба будет состоять из единого (то есть одного) слоя.

Стандарты и сертификации труб

Стандарты труб и стандартные процедуры испытаний, указанные в настоящем изобретении, включают следующее:

международный стандарт ASTM для поперечно сшитых полиэтиленовых (PEX) труб, F 876-10, одобренный 1 февраля 2010 г. (ASTM F876);

EN ISO 15875, системы пластмассовых трубопроводов для установок горячей и холодной воды - сшитый полиэтилен (PE-X);

Руководство для гигиенической оценки органических материалов при контакте с питьевой водой (руководство KTW) Федеральной экологической службы (UBA), английская версия издана 7 октября 2008 года ("Руководство KTW");

анализ воды 1484 EN: "Руководящие принципы для определения общего органического углерода (TOC) и растворенного органического углерода (DOC)", изданные в мае 1997 года (EN 1484);

EN 1622:2006 "Качество воды": определение порогового количества запаха (TON) и порогового количества вкуса (TFN) (EN 1622).

Содержимое всех этих стандартов включено в настоящий документ посредством ссылки.

Упомянутые здесь испытания являются известными стандартами в промышленности и доступны специалистам в данной области техники. Поэтому мы лишь кратко ссылаемся на них в интересах краткости. Однако содержание этих стандартов является неотъемлемой частью изобретения в той степени, в которой трубы в соответствии с изобретением могут соответствовать или превосходить требования стандартов. Следовательно, содержание этих стандартов явно включено в настоящее изобретение посредством ссылки.

ASTM F876 (Северная Америка) и EN ISO 15875 (Европа): перед запуском продукта сертифицированные трубы, как правило, должны пройти все необходимые испытания в соответствии с этими двумя стандартами соответственно.

Степень сшивания может быть количественно определена в соответствии со следующей цитатой из ASTM F876: "6.8. Степень сшивания при проведении испытания в соответствии с 7.9, степень сшивания для материала труб PEX должна быть в диапазоне от 65 до 89% включительно. В зависимости от используемого процесса должны достигаться следующие минимальные значения сшивания: 70% при помощи пероксида (PEX-a), 65% при помощи азо соединений, 65% при помощи электронного луча (PEX-c) или 65% при помощи соединений силана (PEX-b)".

Согласно стандарту EN ISO для электронно-лучевых (PEX-c) и азо соединений значение процента сшивания, которое должно быть достигнуто, составляет 60%.

В идеальном случае трубы должны иметь высокий, то есть по меньшей мере 50% (предпочтительно по меньшей мере 60%) уровень сшивания в соответствии со стандартом. Однако в некоторых областях применения приемлема более низкая степень сшивания.

Руководство KTW может быть использовано для проведения гигиенической оценки органических материалов в контакте с питьевой водой. Общий органический углерод (TOC) может быть определен в соответствии с протоколами испытаний миграции, изложенными в 2.1.1 и 2.1.2 руководства KTW. Испытания на запах и вкус могут проводиться в соответствии с протоколами, установленными пп. 2.2.1 и 2.2.2 "Руководства KTW".

Определения

Следующие пояснения терминов и методов представлены для лучшего описания настоящего открытия и для руководства обычных специалистов в данной области техники в практике настоящего изобретения.

Термины "алкил", "C₁-C₁₀ алкил" и "C_x-C_y алкил" (где x составляет по меньшей мере 1 и менее 10 и y представляет собой число, большее 10), используемые здесь, включают ссылку на алкильную группу с прямой или разветвленной цепью, имеющую, например, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 или 10 атомов углерода. Этот термин включает ссылку, например, на метил, этил, пропил (н-пропил или изопропил), бутил (н-бутил, втор-бутил или трет-бутил), пентил, гексил и т.п. В частности, алкил может быть "C₁-C₆ алкилом", то есть алкилом, имеющим 1, 2, 3, 4, 5 или 6 углеродных атомов; или "C₁-C₄ алкилом", то есть алкилом, имеющим 1, 2, 3 или 4 атома углерода. Термин "низший алкил" включает ссылку на алкильные группы, имеющие 1, 2, 3 или 4 атома углерода.

Термины "алкенил", "C₂-C₁₀ алкенил" и "C_x-C_y алкенил" (где x составляет по меньшей мере 2 и меньше чем 10 и y представляет собой число, большее 10), используемые в настоящем изобретении, включают ссылки на алкильные фрагменты с прямой или разветвленной цепью, имеющие, например, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 или 10 атомов углерода и, кроме того, по меньшей мере одну двойную связь, как E, так и Z стереохимии, где это применимо. Этот термин включает в себя ссылки, например, на этенил, 2-пропенил, 1-бутенил, 2-бутенил, 3-бутенил, 1-пентенил, 2-пентенил, 3-пентенил, 1-гексенил, 2-гексенил и 3-гексенил и т.п. В частности, алкенил может быть "C₂-C₆ алкенилом", то есть алкенилом, имеющим 2, 3, 4, 5 или 6 атомов углерода; или "C₂-C₄ алкенилом", то есть алкенилом, имеющим 2, 3 или 4 атома углерода.

Термины "алкинил", "C₂-C₁₀ алкинил" и "C_x-C_y алкинил" (где x составляет по меньшей мере 2 и меньше 10 и y представляет собой число, большее 10), используемый в настоящем изобретении, включает ссылку на алкильную часть с прямой или разветвленной цепью, имеющей, например, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 или 10 атомов углерода и, кроме того, по меньшей мере одну тройную связь. Этот термин включает в себя ссылки, например, на этинил, 2-пропинил, 1-бутинил, 2-бутинил, 3-бутинил, 1-пентинил, 2-пентинил, 3-пентинил, 1-гексинил, 2-гексинил и 3-гексинил и т.п. В частности, алкинил может быть "C₂-C₆ алкинилом", то есть алкинилом, имеющим 2, 3, 4, 5 или 6 атомов углерода; или "C₂-C₄ алкинилом", то есть алкинилом, имеющим 2, 3 или 4 атома углерода.

В случае когда соединение, фрагмент, процесс или продукт описан как "необязательно" имеющий свойство, то изобретение включает такое соединение, фрагмент, процесс или продукт, имеющее такое свойство, а также такое соединение, фрагмент, процесс или продукт, не имеющее этого свойства. Таким

образом, когда фрагмент характеризуется как "необязательно замещенный", то изобретение включает незамещенный фрагмент и замещенный фрагмент.

Если два или более фрагментов описаны как "независимо друг от друга" или "каждый независимо друг от друга" выбранные из списка атомов или групп, это означает, что эти фрагменты могут быть одинаковыми или различными. Идентичность каждого фрагмента поэтому не зависит от идентичности одного или нескольких других фрагментов.

Термин "CCL" относится к плотности сшивания, как правило, выраженной в процентах. "CCL" поэтому представляет собой количественную оценку уровня сшивания. На протяжении описания и формулы изобретения настоящего описания фразы "степень сшивания", "уровень сшивания" и "плотность сшивания" или аналогичные означают CCL.

Термин "ТОС" относится к общему количеству органического углерода.

Трубы

Если не указано иное, в данном описании любая ссылка на конкретный компонент (например, полиолефиновый структурный полимер, фотоинициатор, реактивные образцы экструзии, со-агент, затрудненный аминный светостабилизатор, антиоксидант или любую дополнительную добавку) в количестве "вес.%" является ссылкой на компонент как на процент его веса относительно общего веса слоя трубы, в котором он присутствует.

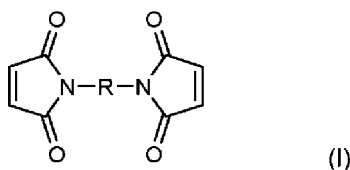
Полимерные трубы по настоящему изобретению включают полиолефиновый структурный полимер. Хотя структурным полимером может быть полиэтилен (PE), специалисты в данной области техники понимают, что вместо полиэтилена можно использовать различные другие структурные полимеры. Например, структурный полимер может представлять собой полиолефин, такой как полиэтилен (например, PE-повышенной температуры или PE-RT), полипропилен (PP), полибутилены (PB); любые их сополимеры; полиолефиновые сополимеры, такие как поли(этилен-со-малеиновый ангидрид), среди других полимеров. Например, структурный полимер может представлять собой полиэтилен, полипропилен, полибутилен и высшие олефиновые полимеры; сополимеры этилена, пропилена, 1-бутена, 2-бутена, 1-пентена, 1-гексена, 1-гептена и 1-октена и их изомеры друг с другом и с другими ненасыщенными мономерами. Также включены блок-сополимеры и полимерные смеси полимеризованных мономеров любого из вышеуказанных полимеров. Полимерные трубы могут иметь по крайней мере 85 вес.% полиолефинового структурного полимера, по крайней мере 90 вес.% полиолефинового структурного полимера или по меньшей мере 95 вес.% полиолефинового структурного полимера.

Предпочтительные полиолефиновые структурные полимеры для использования в настоящем изобретении включают полиэтилен, полипропилен и их смеси.

Полиэтилен (PE) подразделяется на несколько различных категорий в зависимости, главным образом, от его плотности и ветвления. Конечная продуктивность и механические свойства существенно зависят от таких переменных, как степень и тип разветвления, кристалличность, плотность и молекулярный вес и его распределение. Как уже упоминалось, трубы PEX, безусловно, наиболее часто изготавливаются из полиэтилена высокой плотности (HDPE), однако это изобретение применимо, когда любой тип полиолефина или полиэтилена используется для производства однослойных или многослойных пластиковых труб, такой как, но не ограничиваясь ими, полиэтилен низкой плотности (LDPE), полиэтилен средней плотности (MDPE), PE 100, PE 80, PE-RT, очень высокомолекулярный (VHMWPE) и сверхвысокомолекулярный полиэтилен (UHMWPE) или их комбинации. Примеры коммерчески доступных PE, которые могут быть использованы в трубах по настоящему изобретению, включают Basell Q 456, Basell Q 456B, Basell New Resin, Basell Q 471 (все три из которых доступны от Equistar Chemicals, LP Lyondell Basell Company, Clinton Iowa, США), Borealis HE 1878, Borealis HE 1878 E, Borealis HE 2550 (все три из которых доступны от Borealis AG).

Полимерные трубы по настоящему изобретению могут содержать сшитый полиэтилен (PEX) в качестве полиолефинового структурного полимера, и в этом случае труба может представлять собой трубу PEX. Структурный полимер в такой трубе может содержать или состоять из любой из упомянутых здесь разновидностей полиэтилена, которые были сшиты, предпочтительно действием бисмалеимидного сшивающего агента, как описано в настоящем документе. Трубы по настоящему изобретению также включают трубы, в которых сшивающий агент состоит по меньшей мере из одного (например, из 1, 2, 3 или 4, например 1 или 2) бисмалеимидных сшивающих агентов, как описано в настоящем документе.

Полимерные трубы по настоящему изобретению могут включать в себя бисмалеимидные сшивающие агенты формулы (I):



где R является C₂-C₂₄ алкилом. R также может быть, как далее определено в настоящем документе. К примеру, R может быть C₄-C₁₈ алкилом, например C₄-C₁₀ алкилом. R могут быть -C₂, -C₃, -C₄, -C₅, -C₆,

-C₇, -C₈, -C₉, -C₁₀, -C₁₁, -C₁₂, -C₁₃, -C₁₄, -C₁₅, -C₁₆, -C₁₇ или -C₁₈ алкилом, например R может быть -C₆ алкилом. Например, полимерные трубы по настоящему изобретению могут содержать один или несколько бисмалеимидных сшивающих агентов формулы (I), например, по меньшей мере 1, по меньшей мере 2, по меньшей мере 3, по меньшей мере 4 или по меньшей мере 5 бисмалеимидных сшивающих агентов, как определено в настоящем документе. Бисмалеимидный сшивающий агент может присутствовать в количестве от 0,02 до 5 вес.%, например от 0,2 до 4 вес.%, например, бисмалеимидный сшивающий агент может присутствовать в количестве от 0,2 до 3 вес.%, от 0,2 до 2 вес.% или от 0,5 до 2,5 вес.%. Например, бисмалеимидный сшивающий агент может присутствовать в количестве от 0,5 до 5 вес.% или в количестве от 1 до 4 вес.%, например, в количестве от 1 до 3 вес.% или от 1,5 до 2,5 вес.%. Например, бисмалеимидный сшивающий агент может присутствовать в количестве от 0,3 до 2,5 мас.%, от 0,5 до 2,5 вес.% или от 1 до 2 вес.%; например, около 1 вес.%, около 1,2 вес.%, около 1,5 вес.%, около 1,7 вес.% или примерно 2 вес.%.

Не желая быть связанными какой-либо теорией, полагают, что бисмалеимидный сшивающий агент по формуле (I) представляет собой активируемый при нагревании сшивающий агент, который после активации может быть ковалентно включен в сшитый полимер. Это может обеспечить преимущества по сравнению с другими типами сшивающего агента, используемого в полиолефиновых трубах. Например, трубы, изготовленные способом РЕХ-а, могут потребовать дополнительной обработки после обработки, чтобы удовлетворить требованиям вкуса и запаха для труб для питьевой воды из-за наличия побочных продуктов пероксидных инициаторов, обычно используемых в процессе РЕХ-а. Трубы по настоящему изобретению обычно позволяют избегать (или, по меньшей мере, уменьшать) эту дополнительную обработку после обработки из-за отсутствия (или сниженных уровней) пероксидного инициатора.

Полимерные трубы по настоящему изобретению могут содержать пероксидный инициатор, например, один или несколько пероксидных инициаторов; например по меньшей мере 1, по меньшей мере 2, по меньшей мере 3, по меньшей мере 4 или по меньшей мере 5 пероксидных инициаторов, как определено в настоящем документе. Пероксидный инициатор может присутствовать в количестве от 0 до 2 вес.%, например 0,02 до 2 вес.%, например, пероксидный инициатор может присутствовать в количестве от 0,05 до 1,5 вес.% или от 0,1 до 1,5 вес.%. Например, пероксидный инициатор может присутствовать в количестве от 0,05 до 1 вес.%, от 0,1 до 1 вес.% или 0,2 до 1 вес.%. Пероксидный инициатор может присутствовать в количестве от 0,05 до 0,75 вес.%, от 0,1% до 0,5 вес.% или от 0,2 до 0,5 вес.%. В одном варианте способа осуществления полимерная труба может не содержать пероксидного инициатора, то есть пероксидный инициатор может присутствовать в количестве примерно 0 вес.%.

Подходящие пероксидные инициаторы включают органические пероксиды, например органические пероксиды, которые совместимы с полиолефиновыми мономерами. Примеры таких органических пероксидов включают алкил пероксиды, алкилпероксиды, алкилпероксиды. Образцовые органические пероксиды, которые могут быть использованы в полимерных трубах по настоящему изобретению, включают ди-трет-бутилпероксид (Trigonox В), 2,5-диметил-2,5-ди(трет-бутилперокси)гексин-3 (Trigonox 145), 3,3,5,7,7-пентаметил-1,2,4-триоксепан (Trigonox 311), 2,5-диметил-2,5-ди(трет-бутилперокси)гексан (Trigonox 101) и 3,6,9-триэтил-3,6,9-триметил-1,4,7-трипероксан (Trigonox 301).

Полимерные трубы по настоящему изобретению могут содержать дополнительный агент, например один или более со-агентов; например, по меньшей мере 1, по меньшей мере 2, по меньшей мере 3, по меньшей мере 4 или по меньшей мере 5 со-агентов, как определено в настоящем документе. Выбранные со-агенты (мономеры и/или олигомеры), используемые в составах по настоящему изобретению, содержат по меньшей мере одну полимеризуемую двойную связь или реакционноспособную группу, со-агент обеспечивает дополнительное сшивание между полиолефиновыми цепями полиолефинового структурного полимера. Со-агент, таким образом, способствует повышению эффективности процесса сшивания, например, когда полиолефиновый структурный полимер представляет собой полиэтилен, сопутствующий агент усиливает сшивание полиэтиленовых цепей с получением РЕХ. Со-агент (или общее количество со-агентов) может присутствовать в количестве от 0,02 до 10 вес.%. Например, сопутствующий агент может присутствовать в количестве от 0,1 до 5 вес.%, от 0,2 до 1 вес.%, от 0,3 до 0,7 вес.%, например около 0,5 вес.%.

Сопутствующий со-агент может быть выбран из сопутствующих агентов, включающих реактивные группы, например акрилатов, аллиловых эфиров, полибутадиенов, виниловых эфиров, а также ненасыщенных растительных масел, таких как соевое масло.

Например, со-агент может быть выбран из акрилатов, аллиловых эфиров, полибутадиенов и простых виниловых эфиров. со-агент может содержать реакционноспособную углерод-углеродную двойную связь. Реакционная углерод-углеродная двойная связь может представлять собой углерод-углеродную двойную связь, которая является концевой углерод-углеродной связью. Реакционная углерод-углеродная двойная связь может представлять собой углерод-углеродную двойную связь, где один из атомов углерода содержит два атома водорода, присоединенных к одному и тому же атому углерода.

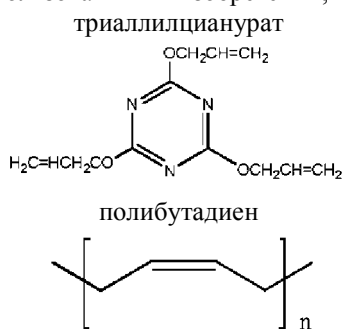
Со-агент может содержать несколько двойных связей. Это может повысить уровень сшивания. В рамках настоящего изобретения могут быть использованы полимерные со-агенты, такие как полибутадиены или любая полимерная основа, содержащая ненасыщенные фрагменты.

Например, большое разнообразие акрилатов может быть использовано в качестве со-агентов и включает в себя: 1,6-гександиолдиакрилат, диакрилат 1,3-бутиленгликоля, диакрилат диэтиленгликоля, триакрилат триметилпропана, диакрилат неопентилгликоля, полиэтиленгликоля 200 диакрилат, диакрилат тетраэтиленгликоля, триэтилен-диакрилат, тетраакрилат пентаэритриола, диакрилат трипропиленгликоля, диакрилат этоксилированного бисфенола-А, пропиленгликоля (моно)диметакрилат, триметилпропан диакрилат, дитриметилпропан тетраакрилат, триакрилат трис(гидроксиэтил) изоцианурата, дипентаэритритол гидроксипентаакрилата, пентаэритритол триакрилат, этоксилированный триметилпропан триакрилат, триметиленгликоль диметакрилат, диметакрилат триэтиленгликоля, диметакрилат этиленгликоля, тетраэтиленгликоля диметакрилат, полиэтиленгликоля-200 диметакрилат, 1,6-гександиол диметакрилат, диметакрилат неопентилгликоля, диметакрилат полиэтиленгликоля-600, 1,3-бутиленгликольдиметакрилат, диметилакрилат этоксилированного бисфенола-А, триметакрилат триметилпропана, диакрилат 1,4-бутандиола, диметакрилат диэтиленгликоля, диметакрилат пентаэритрита, диметакрилат глицерина, диметакрилат триметилпропана, триметакрилат пентаэритритола, диметакрилат пентаэритритола, диакрилат пентаэритритола, аминокласт(мет)акрилаты, акрилатные масла, такие как из льняного семени, масла соевых бобов, касторового масла и т.д. Другие применимые полимеризуемые соединения включают метакриламиды, малеимиды, винилацетат, винилкапролактан, тиолы и полиолы. Производные стирола также легко применимы в рамках настоящего изобретения.

Со-агент может быть олигомером или преполимером. Например, со-агент может быть олигомером или преполимером, имеющим акрилатную функциональность, например, выбранным из акрилатов полиуретана, эпоксидных акрилатов, силиконовых акрилатов и полиэфирных акрилатов. Другие со-агенты включают (мет)акрилатные эпоксиды, (мет)акрилатные сложные полиэфиры, (мет)акрилатные силиконы, (мет)акрилатные уретаны/ полиуретаны, (мет)акрилатные полибутадienes, (мет)акрилатные акриловые олигомеры и полимеры и т.п. и любые их комбинации.

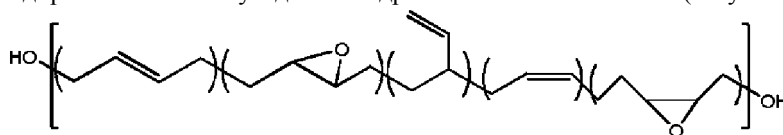
Например, со-агент представляет собой олигомер или преполимер, который представляет собой полиуретан-акрилат, например преполимер Krasol NN (доступен от Cray Valley, Inc., Exton, PA, США).

Другие примеры со-агентов, использованных в изобретении, включают следующее:



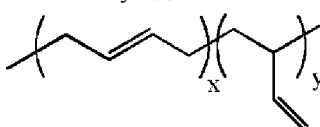
где n выбрано таким образом, что средний молекулярный вес составляет примерно от 2000 примерно до 10000 г/моль, предпочтительно примерно от 4000 до 7000 г/моль, например, средняя молекулярная масса может быть 3000 или 5000 г/моль.

Эпоксидированный полибутадиеи с гидроксильным окончанием (Poly BD 600E)



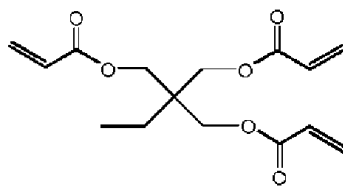
имеющий среднюю молекулярную массу около 2100 г/моль.

Полибутадиеи-Рикон

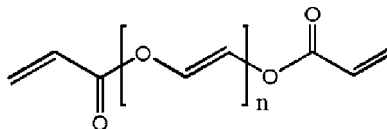


где x и y выбираются таким образом, что средний молекулярный вес составляет примерно от 1000 примерно до 10000 г/моль, предпочтительно примерно от 2000 примерно до 7000 г/моль. Например, полибутадиеи-Рикон 142 со средней молекулярной массой 4100 г/моль (CAS № 9003-17-2). Полибутадиеи-Рикон 152 со средней молекулярной массой 2900 г/моль (CAS № 9003-17-2). Полибутадиеи-Рикон 156 со средней молекулярной массой 2900 г/моль. Полибутадиеи-Рикон 157 со средней молекулярной массой 1800 г/моль.

Триметилпропан триакрилат (ТМРТА)



Поли(этиленгликоля) диакрилат (CAS № 26570-48-9)



где n выбирается таким образом, что средний молекулярный вес составляет около 575 г/моль.

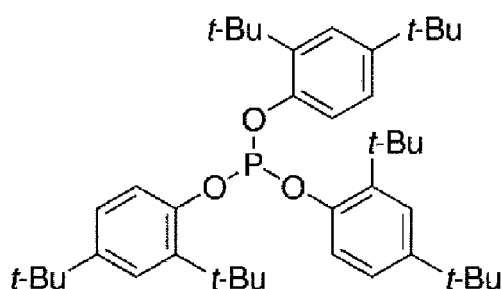
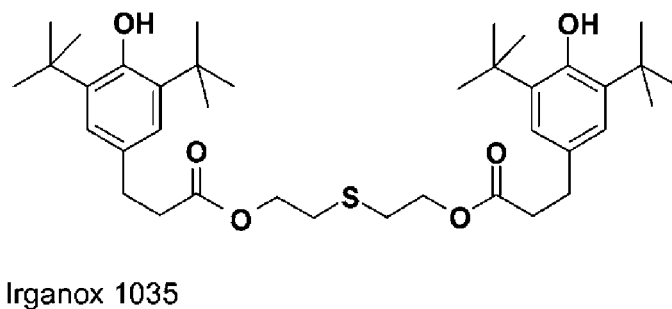
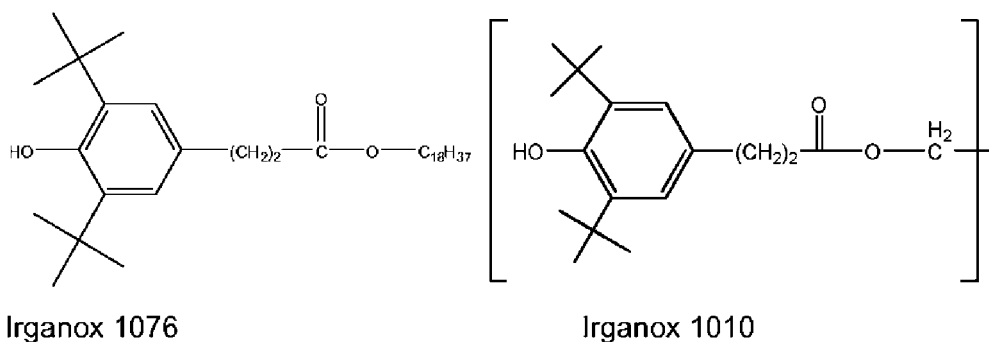
Полибутадиена диакрилат (CAS№ 9003-17-2) со средним молекулярным весом 2200 г/моль.

Krasol® NN полиуретановый преполимер (доступно из Cray Valley, Inc., Exton, Пенсильвания, США), например Krasol® NN 32 (9% NCO, на основе MDI, содержание винила 56%, вязкость 12000 сПз при 25°C и/или Krasol® NN 35.

Полимерные трубы по настоящему изобретению могут содержать антиоксидант, например один или более фенольных антиоксидантов; например, по меньшей мере 1, по меньшей мере 2, по меньшей мере 3, по меньшей мере 4 или, по меньшей мере 5 антиоксидантов, как определено в настоящем документе. Антиоксиданты могут использоваться для сохранения смеси полимера в процессе производства, например, когда полимерная смесь подвергается воздействию повышенной температуры и давления в процессе экструзии. В частности, механические свойства некоторых структурных полимеров, таких как PE, будут склонны ухудшаться вследствие окислительного разрушения при воздействии тепла и давления. Например, в некоторых случаях ухудшение будет свидетельствовать о формировании более коротких цепей, эффективно уменьшая среднюю молекулярную массу структурного полимера и изменяя характеристики структурного полимера. Антиоксиданты действуют для предотвращения или ограничения такого ухудшения.

Антиоксиданты могут также способствовать поддержанию свойств труб с течением времени, особенно когда труба подвергается воздействию хлора или других окислителей. В одном примере флюид (например, питьевая вода), который присутствует в трубе, может содержать окислители, такие как хлор, которые досрочно могут иметь тенденцию к окислению и разрушению структурного полимера 5, такого как полиэтилен. Такое окисление может вызвать ухудшение свойств структурного полимера и готовой трубы. В некоторых примерах антиоксиданты имеют тенденцию сохранять свойства структурного полимера в присутствии окислительной среды. Общее количество антиоксиданта (например, любого одного или нескольких описанных здесь антиоксидантов) может составлять от 0,1 до 2 вес.%, от 0,1 до 1,5 вес.%, от 0,2 до 1,25 вес.%, от 10 до 0,2 вес.%, от 0,25 до 0,75 вес.%, от 0,2 до 0,6 вес.% или примерно 0,5 вес.%.

Подходящие антиоксиданты включают фенольные антиоксиданты. Примеры таких антиоксидантов описаны в WO 2010/138816 A1, которая включена сюда путем ссылки в полном объеме. К примеру, WO 2010/138816 A1 раскрывает в параграфе на страницах с 12 по 14 антиоксиданты, которые могут быть использованы в трубах по настоящему изобретению. Образцовые антиоксиданты, которые могут быть использованы в полимерных трубах по настоящему изобретению, включают:

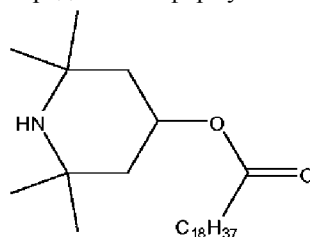


Полимерные трубы согласно настоящему изобретению могут включать светостабилизатор на основе стерически затрудненного амина (HALS), например один или несколько HALS; например, по меньшей мере 1, по меньшей мере 2, по меньшей мере 3, по меньшей мере 4 или 5, по меньшей мере 5 HALS, как определено в настоящем документе. HALS представляют собой соединения, в которых аминогруппа стерически затруднена смежными функциональными группами. Физические свойства структурных полимеров, таких как PE, могут, как правило, со временем ухудшаться под воздействием света с ультрафиолетовой (UF) длиной волны. Использование HALS в полимерной смеси препятствует этому разрушению и облегчает поддержание свойств структурного полимера более чем в 10 раз. Общее количество HALS (например, любого одного или более HALS, описанных здесь) может составлять от 0,05 до 1 вес.%, от 0,05 до 0,5 вес.%, от 0,07 до 0,3 вес.%, от 0,1 до 0,25 вес.% или от 0,1 до 0,2 вес.%; или примерно от 0,1 вес.%, или примерно 0,15 вес.%.

Примеры таких антиоксидантов описаны в WO 2010/138816 A1, которая включена сюда путем ссылки в полном объеме. Например, WO 2010/138816 A1 раскрывает в параграфе на страницах с 15 по 17 HALS, которые могут использоваться в трубах по изобретению.

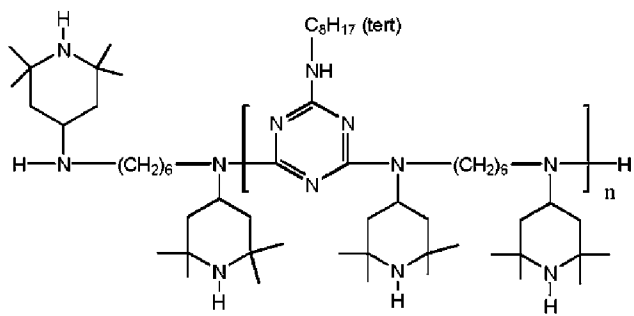
Другие примеры использования HALS в настоящем изобретении являются следующими.

Suasorb 3853, который может быть представлен формулой



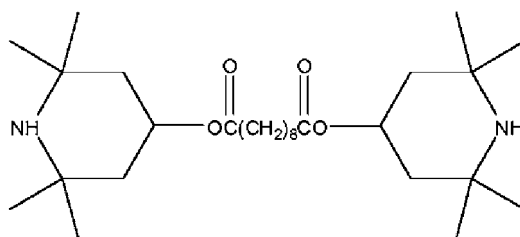
который имеет молекулярный вес 379 г/моль.

Chimassorb 944LD, который может быть представлен формулой



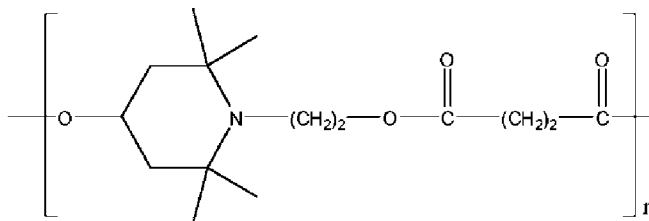
имеет молекулярный вес от 2000 до 3100 г/моль.

Tinuvin 770, который может быть представлен формулой



имеет молекулярную массу 481 г/моль.

Tinuvin 622, который может быть представлен формулой



имеет молекулярную массу от 3100 до 4000 г/моль.

Трубы по настоящему изобретению могут включать дополнительные добавки, например трубы могут содержать одну или более технологических добавок, наполнителей или пигментов. Например, трубы по настоящему изобретению могут содержать наполнители, например наночастицы, нановолокна или другие органические наполнители, неорганические наполнители, волокна или частицы. Например, трубы могут содержать вспомогательные вещества, например фторполимеры. Например, трубы по настоящему изобретению могут содержать фторполимер, который выбран из добавок 3M™ Dynaflex™ для обработки полимера, например 3M™ Dynaflex™ добавки для обработки полимера FX 9613 (доступна от 3M Center, St. Paul, MN). Когда труба содержит по крайней мере одно вспомогательное вещество, то вспомогательное вещество может присутствовать на уровне от 0,01 до 1 вес.%, например от 0,01 до 0,5 вес.%; например от 0,02 до 0,4 вес.%, от 0,02 до 0,1 вес.%.

Методы

Трубы могут быть изготовлены в соответствии со способом или процессом изобретения. Процесс настоящего изобретения основывается на способе РЕХ-а производства. Компоненты, которые используются для формирования трубы, а именно полиолефиновый структурный полимер и другие компоненты, такие как бисмалеимидный сшивающий агент, как определено здесь, и/или пероксидный инициатор, и/или со-агент, и/или антиоксидант, и/или светостабилизатор на основе стерически затрудненного амина и необязательно дополнительные добавки обычно смешивают вместе, например в сухом виде, смешанные в блендере/смесителе, с получением смеси. Затем смесь вводится в экструдер (например, в противоротационные двухшнековые экструдеры), экструдирована и непосредственно после экструзии (например, на линии) нагревается с помощью инфракрасной (IR) печи для формирования сшитых труб.

По сравнению с типичным методом РЕХ-а, используемым для производства труб для питьевой воды, способы по настоящему изобретению обеспечивают ряд преимуществ. Например, способы настоящего изобретения обычно не требуют (или, по меньшей мере, уменьшают необходимость) дополнительной последующей стадии обработки, которая, например, может потребоваться для РЕХ-а для удовлетворения требований гигиены. Это упрощает процесс производства и может также улучшить совместимость с нижестоящим технологическим процессом.

Кроме того, следует понимать, что трубы по настоящему изобретению могут быть изготовлены в соответствии со способами для изготовления полимерных труб, содержащих полиолефины, которые из-

вестны в данной области техники, например, путем применения таких методов, чтобы сформировать трубу согласно изобретению из компонентов, описанных в настоящем документе, которые используются для формирования трубы.

Анализы

Трубы по настоящему изобретению могут быть оценены по отношению к числу параметров с помощью стандартных анализов, которые должны быть известны специалисту в данной области техники. Ниже описан ряд подходящих анализов, и другие подходящие анализы были описаны ранее под заголовком "Стандарты и сертификаты труб".

(А) Анализ сшивания.

Степень сшивания может быть измерена в соответствии с протоколом испытаний, изложенным в ASTM F 876 при 7.9. Степень сшивания также может испытываться в соответствии с протоколом испытаний, изложенным в ISO 15875. При проведении испытания в соответствии с ASTM F 876 или ISO 15875 труба по изобретению может иметь степень сшивания примерно от 60 примерно до 90%, например примерно от 65 примерно до 89%. Например, степень сшивания может быть измерена примерно от 70 примерно до 80%, например примерно от 70 примерно до 75%. Степень сшивания может составлять около 73%, например $73 \pm 1\%$ или $73 \pm 0,5\%$.

(В) ТОС анализ.

ТОС может быть измерено в соответствии с протоколами тестирования миграции, изложенными в "Руководстве КТВ" по 2.1.1 и 2.1.2, с ТОС-образцами миграционной воды, определяемыми в соответствии с EN 1484. При испытании в соответствии с "Руководством КТВ" труба по изобретению может иметь ТОС не более $2,5 \text{ мг/дм}^2 \cdot \text{д}$, например не более $2 \text{ мг/дм}^2 \cdot \text{д}$, например не более $1,5 \text{ мг/дм}^2 \cdot \text{д}$.

(С) Анализ на вкус и запах.

Вкус и запах могут быть измерены в соответствии с протоколами тестирования на запах и вкус, изложенными в "Руководстве КТВ" по 2.2.1 и 2.2.2. При испытании в соответствии с "Руководством КТВ" труба по изобретению может иметь измерение вкуса и запаха не более 5, например измерение вкуса и запаха не более 4. Например, труба по изобретению может иметь измерение вкуса и запаха по меньшей мере 1 и не более 5, например по меньшей мере 2 и не более 4.

(D) Анализ компонентов.

Компоненты, присутствующие в полимерной трубе могут быть оценены путем выполнения анализа, который включает в себя отбор сечения трубы, экстракцию сечения трубы с органическим растворителем в контролируемых условиях и анализ соединений, экстрагированных в растворителе с использованием аналитической методики, такой как GC/MS.

Подходящий протокол для органической экстракции обеспечивается следующим способом. 1 г образца трубы помещают в 2 мл ксилола и выдерживают при 70°C в течение 24 ч. После этого оставшийся образец твердой трубы удаляют (например, путем фильтрации), получая экстракт, содержащий ксилол и компоненты, извлеченные из образца трубы. Если используется другой образец трубы, количество ксилола может варьироваться пропорционально количеству образца трубы.

Экстракт может быть затем проанализирован с помощью GC/MS для определения компонентов, извлеченных из трубы с использованием стандартных методов. Соответствующий стандартный метод анализа GC/MS представлен в международном стандарте NSF/Американском национальном стандарте по добавкам для питьевой воды 61-2011, 10 июня 2011 г. (NSF 61) в В.7.4.2 "Газовая хроматография/масс-спектрометрия (GC/MS)" и далее уточняется в подзаголовках В.7.4.2.1 - В.7.4.2.4 на страницах В14-В16, содержание которых включено в настоящий документ путем ссылки.

Пример 1.

Состав.

Труба была изготовлена из полиэтилена Vogealis 1878E с составом, содержащим гексаметилен-1,6-дималеимид (CAS 4856-87-5) в количестве 1,75%.

Обработка.

Состав был тщательно смешан в сухом виде в блендере/смесителе перед подачей в экструдер. Трубу обрабатывали с использованием двухшнекового экструдера Weber DS7. Нагревание трубы для активации процесса сшивания осуществлялось с использованием печи IR5, расположенной непосредственно после экструдера. Экструзию проводили со скоростью 75 кг/ч с получением трубы диаметром $20 \times 2,8 \text{ мм}$.

Результаты.

Была изготовлена сшитая труба. Уровень химического сшивания составлял 60,5%.

ТОС при комнатной температуре, при измерении в соответствии с "Руководством КТВ" и EN 1484: 1,3 (требование $< 2,5$).

Вкус и запах при 60°C , измеряемый в соответствии с "Руководством КТВ": 2-4 (требование < 4).

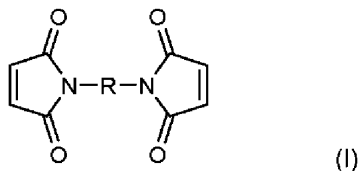
Этот состав, следовательно, соответствует ТОС при комнатной температуре и требованиям к вкусу и запаху. Напротив, для трубы РЕХ-а или РЕХ-б обычно требуется послеэкструзионный процесс, прежде чем труба будет соответствовать требованиям ТОС к вкусу и запаху.

Пример 2.

Процедура примера 1 была повторена, но с составом, содержащим гексаметилен-1,6-дималеимид (CAS 4856-87-5) в количестве 2,0%. Уровень химического сшивания был таким же, как уровень химического сшивания, полученный в примере 1 (60,5%).

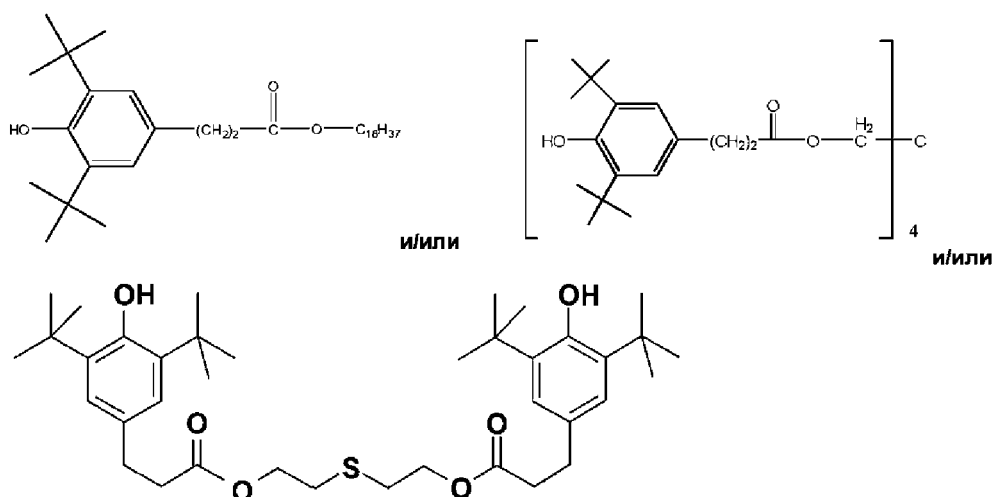
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Полимерная труба, выполненная из смеси, включающей полиолефиновый полимер и бисмалеимидный сшивающий агент в количестве от 0,02 до 5 мас.%, где бисмалеимидный сшивающий агент представляет собой соединение формулы (I):



где R является C₂-C₂₄ алкилом.

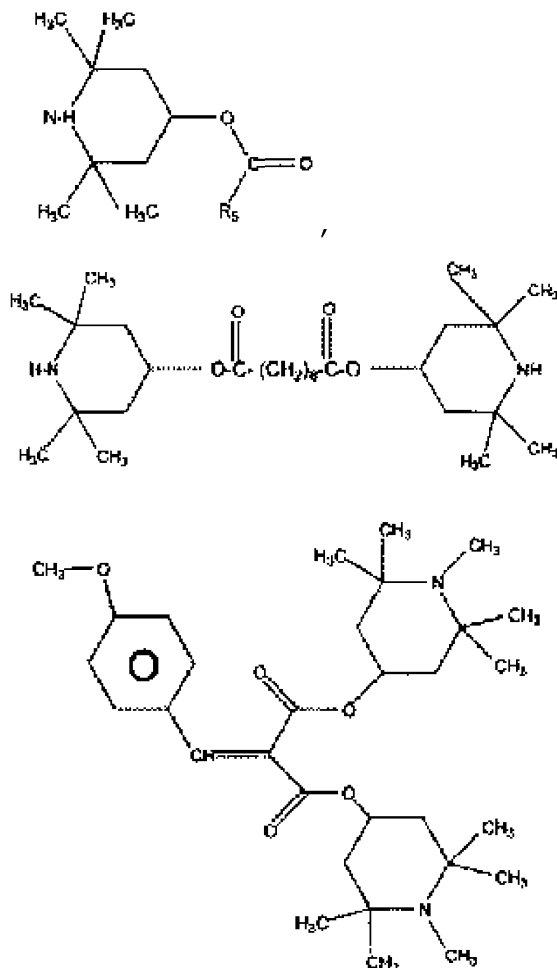
2. Труба по п.1, в которой полиолефиновый полимер выбран из полиэтилена, полипропилена, полибутилена и любых их сополимеров.
3. Труба по п.1, в которой полиолефиновый полимер выбран из полиэтилена, полипропилена и их смесей.
4. Труба по п.2 или 3, в которой полиэтилен представляет собой полиэтилен высокой плотности (HDPE) с индексом текучести расплава (MFI) по меньшей мере 2.
5. Труба по любому из предшествующих пунктов, где R является C₄-C₁₈ алкилом.
6. Труба по любому из предшествующих пунктов, где R является C₄-C₁₀ алкилом.
7. Труба по любому из предшествующих пунктов, где R является C₆ алкилом.
8. Труба по любому из предшествующих пунктов, где бисмалеимидный сшивающий агент является или включает гексаметилен-1,6-дималеимид.
9. Труба по любому из предшествующих пунктов, где бисмалеимидный сшивающий агент содержит по меньшей мере два соединения формулы 1.
10. Труба по любому из предшествующих пунктов, где бисмалеимидный сшивающий агент находится в количестве от 0,2 до 2 мас.%
11. Труба по любому из предшествующих пунктов, где смесь дополнительно включает пероксидный инициатор в количестве от 0,02 до 2 мас.%
12. Труба по п.11, где пероксидным инициатором является по меньшей мере один органический пероксид.
13. Труба по п.11 или 12, где органический пероксид выбран из или содержит ди-трет-бутилпероксид (Trigonox B), 2,5-диметил-2,5-ди(трет-бутилперокси)гексин-3 (Trigonox 145), 3,3,5,7,7-пентаметил-1,2,4-триоксепан (Trigonox 311), 2,5-диметил-2,5-ди(трет-бутилперокси)гексан (Trigonox 101) и 3,6,9-триэтил-3,6,9-триметил-1,4,7-трипероксан (Trigonox 301).
14. Труба по любому из пп.11-13, где пероксидный инициатор находится в количестве от 0,05 до 1 вес.%
15. Труба по любому из предшествующих пунктов, где смесь дополнительно включает со-агент в количестве 0,02-10 вес.%, со-агент содержит по меньшей мере одну реакционноспособную углерод-углеродную двойную связь.
16. Труба по п.15, где со-агент содержит по меньшей мере две реакционноспособные углерод-углеродные двойные связи.
17. Труба по п.15 или 16, где со-агент выбирается из или содержит акрилат, метакрилат, полибутадиен, аллиловые эфиры, виниловые эфиры и моно- и полиненасыщенные масла.
18. Труба по любому из пп.15-17, где со-агент находится в количестве от 0,3 до 1,5 вес.%
19. Труба по любому из предыдущих пунктов, где смесь дополнительно включает антиоксидант в количестве от 0,1 до 2 мас.%
20. Труба по п.19, где антиоксидант представляет собой по меньшей мере один фенольный антиоксидант.
21. Труба по п.19 или 20, где антиоксидант включает соединение следующих формул:



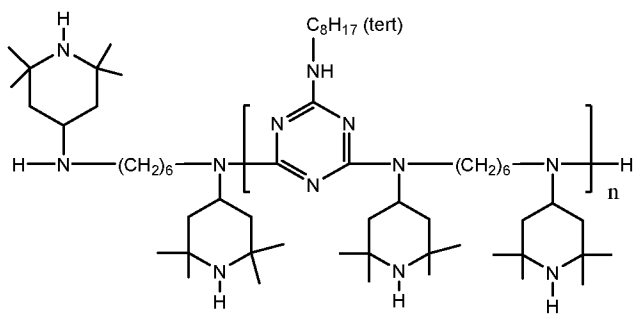
22. Труба по любому из пп.19-21, в которой антиоксидант находится в количестве от 0,2 до 1 мас. %.

23. Труба по любому из предшествующих пунктов, дополнительно включающая светостабилизатор на основе стерически затрудненных аминов (HALS) в количестве от 0,05 до 1 мас. %.

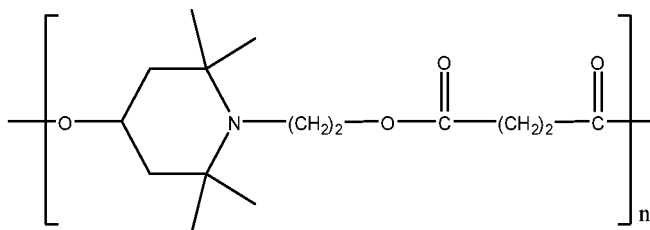
24. Труба по п.23, в которой светостабилизатор на основе стерически затрудненных аминов выбран или содержит соединения следующих формул:



где R5 представляет собой C₂-C₂₄ алкильную группу, соединение формулы



имеющее молекулярную массу 2000-3100 г/мол, или соединение формулы



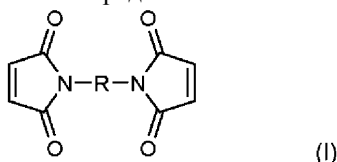
имеющее молекулярную массу 3100-4000 г/мол.

25. Труба по п.23 или 24, где светостабилизатор с затрудненным амином находится в количестве от 0,05 до 0,3 мас. %.

26. Труба по любому из предыдущих пунктов, где степень сшивания смеси составляет примерно от 60 до примерно 90%.

27. Способ получения сшитой полиолефиновой трубы по любому из пп.1-26, включающий приготовление смеси, содержащей полиолефин; экструдирование смеси с получением экструдированной трубы; сшивание полиолефинового полимера путем нагревания экструдированной трубы, где смесь получают смешиванием полиолефинового полимера и бисмалеимидного сшивающего агента в количестве от 0,02 до 5 мас. %,

где бисмалеимидный сшивающий агент представляет собой соединение формулы (I):



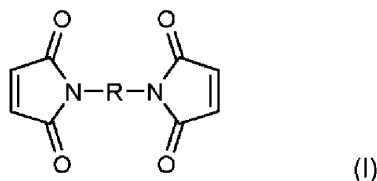
где R является C₂-C₂₄ алкилом.

28. Способ по п.27, в котором смесь получают путем сухого смешивания компонентов смеси, обязательно в миксере/блендере.

29. Способ по п.27 или 28, отличающийся тем, что нагрев осуществляют с использованием инфракрасной печи (IR), обязательно непосредственно после экструзии.

30. Способ по п.29, в котором ИК-печь находится в линии с экструдером, который выполняет экструдирование, где предпочтительно экструдер является двухшнековым экструдером.

31. Применение бисмалеимидного сшивающего агента в получении сшитой полиолефиновой трубы, где бисмалеимидный сшивающий агент представляет собой соединение формулы (I):



где R является C₂-C₂₄ алкилом.

32. Применение полиолефиновой трубы по любому из пп.1-26 или полиолефиновой трубы, полученной способом по любому из пп.27-30, для транспортировки воды.

33. Применение по п.32, в котором вода является питьевой водой.

