

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202091018** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.11.12

(51) Int. Cl. *C08F 210/06* (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2018.12.18

(54) ПОЛИЭТИЛЕН С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ВИНИЛА И ЦЕННЫМИ РЕОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

(31) 17208192.9

(72) Изобретатель:

(32) 2017.12.18

**Смедберг Анника, Энглунд Вильгот,
Хьяртфорс Эмиль (SE)**

(33) EP

(86) PCT/EP2018/085564

(74) Представитель:

(87) WO 2019/121731 2019.06.27

Нилова М.И. (RU)

(71) Заявитель:

БОРЕАЛИС АГ (AT)

(57) Изобретение относится к полиэтилену, который содержит общее количество виниловых групп, представляющее собой значение V виниловых групп на 1000 атомов углерода, и $V_1 \leq V$, где V_1 равен 0,30; и имеет комплексную вязкость (η^*) при 0,05 рад/с, представляющую собой X , Па·с, и $X_1 \leq X \leq X_2$, где X_1 равен 10000 и X_2 равен 30000; и имеет комплексную вязкость (η^*) при 300 рад/с, представляющую собой Y , Па·с, и $Y_1 \leq Y \leq Y_2$, где Y_1 равен 5 и Y_2 равен 350, и обе комплексные вязкости (η^*) определены в соответствии с методом ISO 6721-1 на стабилизированных образцах полиэтилена; к полимерной композиции, к изделию, представляющему собой, например, кабель, например силовой кабель, и к способам получения полиэтилена, полимерной композиции и изделия; который пригоден для различных областей конечного применения, например для применения в кабельно-проводниковой (W&C) промышленности.

A1

202091018

202091018

A1

ПОЛИЭТИЛЕН С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ВИНИЛА И ЦЕННЫМИ РЕОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Область техники

5 Настоящее изобретение относится к полиэтилену, полимерной композиции, изделию, например, содержащему слой(и), например, изоляционный слой(и), который(ые) получен из указанного полиэтилена или указанной полимерной композиции, причем указанное изделие может представлять собой кабель, например, силовой кабель, к способу получения изделия, который включает применение полимерной композиции, и к способам

10 получения полиэтилена и полимерной композиции. Полиэтилен и содержащие его полимерные композиции можно использовать в различных областях конечного применения, таких как кабельно-проводниковое (W&C) производство, особенно для кабелей, таких как силовые кабели, например, в кабелях среднего напряжения (MV) и, например, в кабелях высокого напряжения (HV), и, например, в кабелях сверхвысокого

15 напряжения (EHV). Кроме того, полиэтилен и содержащие его полимерные композиции могут быть применимы как в области переменного тока (AC), так и в области постоянного тока (DC).

Уровень техники

20 Полиэтилены, получаемые способом при высоком давлении (ВД), широко используют в ответственных областях применения, в которых полимеры должны соответствовать высоким механическим и/или электрическим требованиям. Например, в области W&C, например, в области силовых кабелей, например, в области LV, MV, HV и EHV, где механические и электрические свойства полиэтилена и полимерных композиций,

25 содержащих полиэтилен, имеют особое значение.

Например, в области силовых кабелей, в частности, в области MV и особенно HV и EHV кабелей, электрические свойства полимерной композиции имеют существенное значение. Кроме того, электрические свойства, имеющие большое значение, могут отличаться для

30 разных кабельных применений, как в случае различий между применением AC и DC кабелей.

Кроме того, также известно, что поперечное сшивание полимеров, например, полиэтиленов, существенно способствует повышению тепловой и деформационной

35 стойкости, механической прочности, химической стойкости и стойкости полимера к

истиранию. Поэтому сшитые полимеры широко используют в различных областях конечного применения, таких как вышеупомянутое применение в кабельно-проводниковой (W&C) промышленности.

5 Кроме того, в кабельной промышленности электрический проводник обычно покрывают сначала внутренним полупроводящим слоем, затем изоляционным слоем и внешним полупроводящим слоем. К указанным слоям может быть добавлен дополнительный слой(и), такой как экран(ы) и/или вспомогательный барьерный слой(и), например, один или более гидробарьерных слоев и один или более слоев оболочки.

10

Благодаря преимуществам, упомянутым в настоящем описании, которые могут быть достигнуты в результате сшивания, изоляционный слой и полупроводящие слои для кабелей обычно получают с применением сшиваемых полимерных композиций. Затем осуществляют сшивание полимерных композиций в сформированной слоистой структуре

15 кабеля.

Кроме того, такие сшиваемые полимерные композиции, содержащие полиэтилен низкой плотности (ПЭНП), сегодня входят в число преобладающих кабельных изоляционных материалов для силовых кабелей.

20

Сшивание можно осуществлять с помощью сшивающих агентов, при этом сшивающие агенты распадаются с образованием свободных радикалов. Такие сшивающие агенты, например, пероксиды, обычно добавляют в полимерный материал до или во время экструзии кабеля. Указанный сшивающий агент предпочтительно должен оставаться

25 стабильным на стадии экструзии. Стадию экструзии предпочтительно следует проводить при достаточно низкой температуре для минимизации раннего разложения сшивающего агента, но достаточно высокой для обеспечения надлежащего плавления и гомогенизации полимерной композиции. Если существенное количество сшивающего агента, например, пероксида, разлагается уже в экструдере, что приводит к инициации преждевременного

30 сшивания, может возникать так называемое «подгорание», т.е. неоднородность, неровность поверхности и возможно изменение цвета различных слоев готового кабеля. Таким образом, необходимо избегать любого существенного разложения сшивающих агентов, т.е. агентов, образующих свободные радикалы, в процессе экструзии. Напротив, сшивающие агенты в идеале должны разлагаться только на следующей стадии сшивания

35 при повышенной температуре.

Повышенная температура увеличивает скорость разложения сшивающих агентов и, следовательно, повышает скорость сшивания, и требуемая, т.е. заданная степень поперечного сшивания может быть достигнута быстрее.

5 Кроме того, при сшивании полимерной композиции, например, в кабеле, разложение сшивающих агентов, например, пероксидов, в процессе сшивания также приводит к дополнительному образованию продуктов разложения пероксида. Некоторые продукты разложения пероксида являются летучими, и их основным компонентом является метан, если использованы пероксиды таких типов, которые обычно используются для сшивания, 10 например, кабелей. Продукты разложения пероксида остаются по большей части захваченными полимерной композицией, например, кабеля, после поперечного сшивания. Это вызывает, например, проблемы с точки зрения процесса производства кабелей, а также с точки зрения качества готового кабеля.

15 Особенно MV, HV и EHV силовые кабели должны иметь слои высокого качества для обеспечения безопасности в процессе монтажа и конечного применения указанных кабелей. Например, при монтаже важно избегать воспламенения указанных захваченных продуктов разложения, например, горючего метана, например, при снятии торцевых заглушек. При эксплуатации летучие продукты разложения пероксида, образовавшиеся в 20 кабеле на стадии сшивания, могут создавать давление газа и, следовательно, обуславливать дефекты в экране и в местах соединения. Например, если кабельная жила оснащена металлическим барьером, то газообразные продукты могут оказывать давление, особенно в местах соединения и на концах, в результате чего система может дать сбой. Таким образом, перед осуществлением следующих стадий производства кабеля 25 необходимо снижать степень содержания таких летучих продуктов разложения пероксида до достаточно низкого уровня.

Достаточно низкий уровень содержания летучих продуктов разложения пероксида обеспечивает безопасность применения полимерной композиции, содержащей ПЭНП, при 30 монтаже, например, при монтаже кабеля, а также со вспомогательными элементами, такими как кабельная гарнитура. Таким образом, в настоящее время при производстве кабеля необходима так называемая стадия дегазации, обеспечивающая снижение содержания летучих продуктов разложения пероксида. Стадия дегазации является затратной по времени и энергии и, следовательно, дорогостоящим этапом в процессе 35 производства кабеля. Для дегазации необходимы большие нагревательные камеры,

которые должны иметь хорошую вентиляцию во избежание накопления, например, горючего метана. Кабельную жилу, т.е. слои и проводник, обычно навитую на кабельные барабаны, в норме выдерживают на указанной стадии дегазации при повышенной температуре в диапазоне 50-80 °С, например, 60-70 °С, в течение продолжительных периодов времени. Под воздействием требуемых температур может возникать термическое расширение и размягчение изоляции, что приводит к нежелательной деформации сформированных кабельных слоев, непосредственно приводящей к неисправности кабеля. Поэтому дегазацию HV и EHV кабелей, имеющих большую массу кабеля, часто необходимо проводить при сниженной температуре, что еще больше увеличивает продолжительность дегазации. Соответственно, существует потребность в поиске новых решений для преодоления проблем, существующих в известном уровне техники.

Кроме того, сшивание полимерной композиции, содержащейся, например, в кабеле, существенно способствует улучшению тепловой и деформационной стойкости, механической прочности, химической стойкости и стойкости к истиранию полимерной композиции и кабеля, содержащего полимерную композицию.

В этом контексте можно рассмотреть US5539075, который относится к способу получения ненасыщенного сополимера этилена и по меньшей мере одного мономера, где мономер представляет собой полиненасыщенное соединение и может сополимеризоваться с этиленом.

Публикация EP2318210B1 относится к полимерной композиции, содержащей ненасыщенный ПЭНП сополимер этилена с одним или более полиненасыщенными сомономерами и подходящей для областей применения сшитых полимеров. Указанная полимерная композиция имеет показатель текучести расплава при нагрузке 2,16 кг, ПТР2, по меньшей мере 2,8 г/10 мин. и содержит двойные углерод-углеродные связи в количестве по меньшей мере 0,40 двойных углерод-углеродных связей / 1000 атомов углерода.

Кроме того, для разных кабелей, кабельных конструкций и линий могут быть необходимы различные материалы, т.е. полиэтилены и полимерные композиции, содержащие полиэтилены. Кроме того, невозможно использовать все кабели или кабельные конструкции на всех кабельных линиях с применением так называемых «сшитых» (в

данном случае более правильно «сшиваемых») полиэтиленовых (XLPE) материалов стандартной вязкости, имеющих значение показателя текучести расплава при нагрузке 2,16 кг, ПТР₂, около 2 г/10 мин. Это обусловлено тем, что указанные XLPE материалы стандартной вязкости не обладают достаточной стойкостью к провисанию.

5 Недостаточную стойкость к провисанию обычно корректируют, в случае кабеля – с помощью материалов, имеющих значения ПТР₂ менее 2 г/10 мин. Материалы, которые имеют значения ПТР₂ менее 2 г/10 мин., имеют высокую вязкость и повышенную стойкость к провисанию. Улучшенная стойкость к провисанию необходима для крупных кабельных конструкций и для производства кабеля на цепных кабельных линиях, а также

10 для производства на горизонтальных кабельных линиях. Например, на горизонтальных линиях непрерывной вулканизации, например, на линии непрерывной вулканизации Mitsubishi Dainichi (MDCV), а также на цепных линиях непрерывной вулканизации (CCV) (особенно для конструкций большей толщины) по производству кабелей обычно необходимо использовать полимерные материалы, например, для изоляционных слоев,

15 которые имеют более низкое значение ПТР₂ по сравнению с ПТР₂ полимерных материалов (например, материалов XLPE стандартной вязкости), используемых на вертикальных линиях непрерывной вулканизации (VCV) и на линиях CCV (для конструкций меньшей толщины).

20 На горизонтальных линиях непрерывной вулканизации для производства кабелей проводник может быть погружен в слой изоляции, и если использованы полимерные материалы, которые имеют слишком высокое значение ПТР₂, то погружение проводника также может приводить к эксцентricности проводника в кабельной жиле и/или к эксцентricности кабельной жилы.

25 Аналогично линиям CCV, если использованы полимерные материалы, которые имеют слишком высокое значение ПТР₂, т.е. также имеют слишком низкую стойкость к провисанию, то толщина стенки может становиться слишком большой, поскольку мягкий расплавленный полимерный материал изоляционного слоя может стекать с проводника.

30 Это приводит к смещению изоляционного слоя вниз и обуславливает эксцентricность, например, так называемую грушевидную форму кабельной жилы.

Кроме того, с недостаточностью стойкости к провисанию можно бороться различными способами, такими как:

применение эксцентрических инструментов в экструзионной головке для компенсации эффекта от погружения проводника;
 скручивание кабельной жилы для противодействия смещению проводника,
 использование технологии двойного вращения для противодействия образованию
 5 грушевидной формы, а также использование так называемой тепловой обработки
 на входе (ЕНТ).

Соответственно, для противодействия указанному провисанию обычно используют
 полимерные материалы, имеющие относительно более низкое значение ПТР₂ и более
 10 высокую вязкость, как уже было описано.

Однако материалы, имеющие высокую вязкость, обуславливают более высокую
 температуру расплава при обычных условиях экструзии, что может приводить к
 повышенному риску преждевременного сшивания и, следовательно, образования
 15 преждеременно сшитого вещества, т.е. «нагара». «Нагар», как уже было описано, может
 представлять собой неоднородность, неровность поверхности и/или возможное изменение
 цвета в различных слоях, например, готового кабеля. Образование «нагара» может
 существенно снижать производительность кабельных линий, поскольку оно существенно
 ограничивает продолжительность производства до возникновения необходимости очистки
 20 и, следовательно, снижается скорость производства. Таким образом, при производстве
 кабеля с применением полимерных материалов, имеющих более низкое значение ПТР₂,
 которые обуславливают более высокую температуру расплава, необходима сниженная
 скорость производства для уменьшения температуры расплава и, следовательно,
 минимизации «подгорания».

Соответственно, недостатком снижения значения ПТР₂ материала может быть также
 необходимость изменения технологических условий, например, уменьшение скорости
 производства.

Технологические условия, помимо стойкости к провисанию, также представляют собой
 свойства, которые важны для сшиваемых XLPE материалов, таких как XLPE материалы,
 сшиваемые пероксидами. В идеале, материал должен иметь низкую вязкость на стадии
 30 экструзии данного процесса, чтобы на стадии экструзии иметь необходимую низкую
 температуру расплава. С другой стороны, на стадии сшивания данного процесса может
 35 быть необходима относительно более высокая вязкость материала. Если сшиваемый XLPE

материал обеспечивает низкую температуру расплава, то существует меньший риск образования «нагара» во время экструзии, например, кабельной конструкции, по сравнению с экструзией с использованием другого сшиваемого XLPE материала, обеспечивающего более высокую температуру в расплаве.

5

Стойкость к провисанию и вязкость в условиях переработки можно визуализировать с помощью кривых вязкости, полученных при измерении реологических свойств с плоскопараллельной геометрией. Затем указанную стойкость к провисанию визуализируют с помощью комплексной вязкости (η^*) при очень низкой скорости сдвига, т.е. η^*_{0} и $\eta^*_{0,05}$ при 0 рад/с и 0,05 рад/с, соответственно, и затем указанную вязкость в условиях переработки визуализируют с помощью комплексной вязкости η^*_{300} при 300 рад/с.

10

15

20

Следующим важным свойством XLPE является степень поперечного сшивания, причем требуемое значение степени поперечного сшивания должно быть достигнуто, оптимально, при наименьшем возможном количестве сшивающего агента, такого как пероксид. Степень сшивания может быть измерена с помощью так называемого испытания на тепловую деформацию. В соответствии с указанным испытанием на тепловую деформацию, чем меньше значение удлинения при тепловой деформации, тем более сшитым является материал. Минимально возможное количество сшивающего агента обеспечивает снижение содержания летучих продуктов разложения пероксида, а также сокращение времени, необходимого для дегазации.

25

30

Стадии экструзии и сшивания полимерного материала, включенные, например, в процесс производства кабеля, могут иметь различные требования. Критическим параметром для стадии экструзии, как уже было описано, является то, что полимерный материал обеспечивает низкую температуру расплава для снижения риска «подгорания». Это определяется реологическими свойствами в такой области скорости сдвига, которую полимерный материал имеет в экструдере, например, благодаря низкой комплексной вязкости (η^*) при 300 рад/с. Низкая комплексная вязкость (η^*) при 300 рад/с обычно сопряжена с полимерным материалом, имеющим более высокий показатель текучести расплава (ПТР₂).

35

Однако увеличение показателя текучести расплава часто должно быть сбалансировано, поскольку полимерный материал с высоким значением ПТР₂ также имеет низкую

стойкость к провисанию, что может приводить, например, к получению нецентрированного кабеля, что является недопустимым. Реологическое свойство, которое влияет на стойкость к провисанию, представляет собой комплексную вязкость (η^*) при очень низкой скорости сдвига, такой как 0 рад/с. Однако комплексная вязкость (η^*) при 0 рад/с является экстраполированным значением, и поэтому в данном контексте вместо нее использована измеренная комплексная вязкость (η^*) при 0,05 рад/с.

Соответственно, существует потребность в поиске новых решений для преодоления проблем, существующих в известном уровне техники.

Описание изобретения

Настоящее изобретение относится к полиэтилену, причем указанный полиэтилен содержит общее количество виниловых групп, представляющее собой значение **B** виниловых групп на 1000 атомов углерода, и $B_1 \leq B$, где **B**₁ равен 0,30, по результатам измерения в соответствии с методом ASTM D6248-98; и имеет комплексную вязкость (η^*) при 0,05 рад/с, представляющую собой значение **X**, Па.с, и $X_1 \leq X \leq X_2$, где **X**₁ равен 10000, и **X**₂ равен 30000; и комплексную вязкость (η^*) при 300 рад/с, представляющую собой значение **Y**, Па.с, и $Y_1 \leq Y \leq Y_2$, где **Y**₁ равен 5, и **Y**₂ равен 350, причем обе комплексные вязкости (η^*) определяют в соответствии с методом ISO 6721-1 на стабилизированных образцах полиэтилена.

В соответствии с настоящим изобретением, предложенный полиэтилен содержит общее количество виниловых групп, представляющее собой значение **B** виниловых групп на 1000 атомов углерода, и $B_1 \leq B$, где **B**₁ равен 0,30, по результатам измерения в соответствии с методом ASTM D6248-98, подробная информация о методе ASTM D6248-98 представлена в настоящем документе в разделе «Способы измерения».

Полиэтилен согласно настоящему изобретению имеет комплексную вязкость (η^*) при 0,05 рад/с, представляющую собой значение **X**, Па.с, и $X_1 \leq X \leq X_2$, где **X**₁ равен 10000, и **X**₂ равен 30000, и комплексную вязкость (η^*) при 300 рад/с, представляющую собой значение **Y**, Па.с, и $Y_1 \leq Y \leq Y_2$, где **Y**₁ равен 5, и **Y**₂ равен 350, и обе комплексные вязкости (η^*) определяют в соответствии с методом ISO 6721-1 на стабилизированных образцах полиэтилена, подробная информация о методе ISO 6721-1 в отношении «Реологии, динамического метода (определения вязкости) ISO 6721-1» представлена в настоящем документе в разделе «Способы измерения».

Комплексная вязкость (η^*) при 0,05 рад/с, которая представляет собой значение **X**, Па.с, в данном контексте визуализирует стойкость к провисанию, а комплексная вязкость (η^*) при 300 рад/с, которая представляет собой значение **Y**, Па.с, в данном контексте визуализирует вязкость в условиях переработки.

Полиэтилен, описанный в настоящем документе, содержит виниловые группы, например, аллиловые группы. Виниловые группы представляют собой функциональные группы, которые содержат двойные углеродные связи. Кроме того, полиэтилен может дополнительно содержать другие функциональные группы, также содержащие двойные углерод-углеродные связи. Другие функциональные группы, также содержащие двойные углерод-углеродные связи, могут представлять собой, например, винилиденовые группы и/или виниленовые группы. Виниленовые группы имеют либо цис-, либо транс-конфигурацию.

Полиэтилен согласно настоящему изобретению, в соответствии с определением в данном контексте, неожиданно сочетает в одном полимере, т.е. в полиэтилене согласно настоящему изобретению:

хорошую технологичность, например, высокую текучесть, которая обычно ассоциируется только с полимерами, имеющими сравнительно высокое значение ПТР₂, с превосходной стойкостью к провисанию, которая обычно ассоциируется только с полимерами, имеющими сравнительно низкое значение ПТР₂.

Кроме того, тот факт, что указанный полимер, т.е. предложенный полиэтилен, сочетает превосходные свойства при провисании с хорошей технологичностью, например, текучестью, иллюстрируется также тем, что данный полиэтилен демонстрирует сбалансированную комплексную вязкость (η^*) при 300 рад/с и при 0,05 рад/с, причем обе комплексные вязкости (η^*) определяют в соответствии с методом ISO 6721-1 на стабилизированных образцах полиэтилена. Комплексная вязкость (η^*) при 300 рад/с, соответственно, является низкой, а комплексная вязкость (η^*) при 0,05 рад/с, соответственно, является высокой, в результате чего полимер, т.е. предложенный полиэтилен, имеет улучшенные технологические свойства в экструдере, и при этом обеспечивает возможность получения кабеля, включая крупные кабельные конструкции, с хорошей центровкой при производстве кабеля на всех типах кабельных линий. Таким

образом, соответственно, могут быть получены указанные кабели, содержащие слои, например, изоляционные слои, полученные из предложенного полиэтилена.

Кроме того, помимо неожиданного сочетания превосходных свойств при провисании с хорошей технологичностью, полиэтилен согласно настоящему изобретению также
5 неожиданно может обеспечивать сохранение технически необходимой степени поперечного сшивания при использовании сшивающих агентов, например, пероксидов, которые известны в данной области техники, т.е. обеспечивать технически более подходящую степень поперечного сшивания, по сравнению с полиэтиленами,
10 содержащими меньшее общее количество виниловых групп.

Таким образом, полиэтилен согласно настоящему изобретению очевидно имеет большое преимущество для применения, например, в производстве сшиваемых и сшитых изделий, например, кабелей, например, кабельных слоев, например, изоляционных кабельных
15 слоев.

Предложенный полиэтилен обычно используют для получения полимерной композиции. Указанная полимерная композиция, полученная с применением предложенного полиэтилена, может быть сшиваемой и, следовательно, может быть весьма подходящей
20 для получения сшиваемых изделий, например, одного или более сшиваемых слоев кабеля, например, одного или более сшиваемых изоляционных слоев кабеля, и указанные слои в дальнейшем подвергают сшиванию.

«Сшиваемый» является общеизвестным выражением и означает, что полимерная композиция может быть сшита, например, посредством образования радикалов, с
25 образованием мостиков, в том числе между полимерными цепями.

Полиэтилен согласно настоящему изобретению, который имеет сравнительно более низкое значение ПТР_2 , **A**, неожиданно демонстрирует повышенную степень поперечного сшивания по сравнению с полиэтиленами, имеющими сравнительно более высокое
30 значение ПТР_2 .

Указанное «общее количество виниловых групп, которое представляет собой значение **B** виниловых групп на 1000 атомов углерода» означает «общее количество виниловых групп, которое представляет собой значение **B** виниловых групп на 1000 атомов
35

углерода», присутствующих в полиэтилене согласно настоящему изобретению, при измерении до какого-либо сшивания.

5 Метод ASTM D6248-98 для определения количества виниловых групп описан в разделе «Способы измерения».

ПТР₂ определяют в соответствии с ISO 1133-1:2011 под нагрузкой 2,16 кг. Температуру измерения выбирают, как известно, в зависимости от типа используемого полимера.

10 В данном контексте приведенные в качестве примеров подгруппы описанных свойств, дополнительных признаков, такие как дополнительные свойства или их диапазоны, а также приведенные в качестве примеров варианты реализации относятся, в целом, к указанному полиэтилену, а также к полимерной композиции, полученной из указанного
15 полиэтилена, или содержащей указанный полиэтилен, к конечным областям применения и к любым процессам, связанным с ними, и их можно сочетать в любой комбинации.

Следует отметить, что выражения «вариант реализации» или «варианты реализации», даже будучи отдельно указанными в данном контексте, всегда относятся к варианту реализации настоящего изобретения или к вариантам реализации настоящего изобретения.

20 В вариантах реализации настоящего изобретения полиэтилен, описанный в данном документе, содержит **B** виниловых групп на 1000 атомов углерода, как описано в данном документе, причем $B \leq B_2$, и **B**₂ равен 3,0.

25 В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения предложен полиэтилен, описанный в данном документе, в котором **B**₁ равен 0,35, 0,40 или 0,45.

В дополнительном варианте реализации описан полиэтилен, в котором **B**₁ равен 0,45.

30 Предложен дополнительный вариант реализации настоящего изобретения, в котором полиэтилен имеет показатель текучести расплава при нагрузке 2,16 кг (ПТР₂), измеренный в соответствии с методом ISO 1133-1:2011, и указанный ПТР₂ имеет значение **A** г/10 мин., и $A_1 \leq A \leq A_2$; где **A**₁ равен 0,05, и **A**₂ равен 1,70, и содержит общее количество виниловых групп, определенное в соответствии с методом ASTM D6248-98, которое имеет значение
35 **B** виниловых групп на 1000 атомов углерода, и $B_1 \leq B$, где **B**₁ равен 0,45.

В дополнительном варианте реализации описан полиэтилен, в котором $\mathbf{V}_1$ равен 0,50.

5 В дополнительном варианте реализации согласно настоящему изобретению описан полиэтилен, в котором $\mathbf{V}_1$ равен 0,52.

В дополнительном варианте реализации описан полиэтилен, в котором $\mathbf{V}_1$ равен 0,54.

10 В дополнительном варианте реализации описан полиэтилен, в котором $\mathbf{V}_1$ равен 0,55.

В дополнительном варианте реализации описан полиэтилен, в котором $\mathbf{V}_1$ равен 0,55, и/или $\mathbf{V} \leq \mathbf{V}_2$, и $\mathbf{V}_2$ равен 3,0.

15 В дополнительном варианте реализации описан полиэтилен, в котором $\mathbf{V}_1$ равен 0,60.

В дополнительных вариантах реализации описан полиэтилен, в котором $\mathbf{V}_1$ равен 0,55, 0,60, 0,65 или 0,70.

20 В дополнительных вариантах реализации описан полиэтилен, в котором $\mathbf{V}_1$ равен 0,53, 0,61, 0,66, 0,71, 0,75, 0,80, 0,82 или 0,84.

В дополнительных вариантах реализации описан полиэтилен, в котором $\mathbf{V}_1$ равен 0,75, 0,80, 0,82 или 0,84.

25 В дополнительном варианте реализации описан полиэтилен, в котором $\mathbf{V}_1$ равен 0,82.

В дополнительном варианте реализации описан полиэтилен, в котором $\mathbf{V}_1$ равен 0,84.

30 В дополнительном варианте реализации описан полиэтилен, в котором $\mathbf{V}_1$ равен 0,86.

В дополнительном варианте реализации предложенный полиэтилен содержит общее количество виниловых групп ($\mathbf{V}$), причем $\mathbf{V}_1$ равен 0,88.

35 «Количество виниловых групп» в данном варианте реализации означает «общее количество виниловых групп, присутствующих в полиэтилене». Термин «виниловая

группа» в данном контексте имеет обычное значение, т.е. фрагмент «-CH=CH₂». Кроме того, полиэтилен может дополнительно содержать другие функциональные группы, также содержащие двойные углерод-углеродные связи. Другие функциональные группы, также содержащие двойные углерод-углеродные связи, могут представлять собой, например, винилиденовые группы и/или виниленовые группы. Виниленовые группы имеют либо цис-, либо транс-конфигурацию. Во избежание сомнений, винилиденовые группы и виниленовые группы не являются виниловыми группами в соответствии с терминами, использованными в данном контексте. Полиэтилен в данном контексте означает как гомополимер, ненасыщенность которого обеспечена агентом передачи цепи, так и сополимер, в котором ненасыщенность обеспечена полимеризацией мономера вместе с по меньшей мере полиненасыщенным сомономером, необязательно в присутствии агента передачи цепи, и также необязательно в комбинации с дополнительными сомономерами.

В одном варианте реализации полиэтилен представляет собой ненасыщенный сополимер, который, как уже упомянуто в данном контексте, содержит один или более полиненасыщенных сомономеров.

Кроме того, источником указанных виниловых групп (**В**), присутствующих в ненасыщенном сополимере, может быть указанный полиненасыщенный сомономер, способ получения полиэтилена и необязательно любой используемый агент передачи цепи.

Если полиэтилен в полимерной композиции представляет собой ненасыщенный сополимер, содержащий по меньшей мере один полиненасыщенный сомономер, то полиненасыщенный сомономер представляет собой неразветвленную углеродную цепь, содержащую по меньшей мере 8 атомов углерода и по меньшей мере 4 атома углерода между несопряженными двойными связями, по меньшей мере одна из которых является концевой.

Что касается подходящих полимерных материалов для полимерной композиции, то указанный полиэтилен может представлять собой любой полимер, имеющий релевантные признаки, описанные в данном документе, в качестве полиэтилена для приведенной в качестве примера полимерной композиции. Полиэтилен может быть выбран из гомополимеров полиэтилена, а также из сополимеров полиэтилена с одним или более сомономерами. Полиэтилен может быть унимодальным или мультимодальным в

отношении молекулярно-массового распределения и/или распределения сомомера, и указанные выражения имеют общеизвестное значение.

В одном варианте реализации полиэтилен представляет собой гомополимер этилена.

5

В одном варианте реализации настоящего изобретения описана полимерная композиция, полученная способом, включающим применение полиэтилена.

10

В приведенном в качестве примера варианте реализации полиэтилен представляет собой ненасыщенный сополимер полиэтилена с по меньшей мере одним полиненасыщенным сомомером и необязательно с одним или более другими сомомерами.

Указанный ненасыщенный сополимер полиэтилена представляет собой ненасыщенный сополимер этилена.

15

В одном варианте реализации настоящего изобретения предложен полиэтилен, описанный в настоящем документе, который представляет собой сополимер мономера с по меньшей мере одним полиненасыщенным сомомером и с нулевым количеством, одним или более, например, с нулевым количеством, одним, двумя или тремя другими сомомерами, и при этом указанное общее количество виниловых групп (**В**), присутствующих в полиэтилене, включает виниловые группы, источником которых является по меньшей мере один указанный полиненасыщенный сомомер, например, диен.

20

25

В приведенном в качестве примера варианте реализации полиэтилен получают способом, включающим применение ненасыщенного сополимера этилена.

Указанный сополимер этилена может представлять собой сополимер ПЭНП, полученный в непрерывном процессе полимеризации при высоком давлении, в котором этилен сополимеризуют с по меньшей мере одним полиненасыщенным сомомером и необязательно с одним или более другими сомомерами, необязательно в присутствии агента передачи цепи.

30

35

Необязательный дополнительный сомомер(ы), присутствующий в полиэтилене, например, в сополимере этилена, является отличным от «скелетного» мономера, и может

быть выбран из этилена и высшего альфа-олефина(ов), например, C_3 - C_{20} альфа-олефина(ов), например, циклического альфа-олефина, содержащего от 5 до 12 атомов углерода, или из неразветвленного или разветвленного альфа-олефина, содержащего от 3 до 12 атомов углерода, такого как пропилен, 1-бутен, 1-гексен, 1-нонен или 1-октен, а также из полярного сомономера(ов).

В одном варианте реализации неразветвленный или разветвленный альфа-олефин представляет собой неразветвленный или разветвленный альфа-олефин, содержащий от 3 до 6 атомов углерода.

В дополнительном варианте реализации неразветвленный альфа-олефин представляет собой пропилен.

Общеизвестно, что, например, пропилен можно использовать в качестве сомономера или в качестве агента передачи цепи (СТА), или в качестве обоих вариантов, и поэтому он может вносить свой вклад в общее количество виниловых групп, **В**. В данном контексте, при использовании сополимеризуемого СТА, такого как пропилен, сополимеризованный СТА не учитывают для расчета содержания сомономера.

В приведенном в качестве примера варианте реализации полиэтилен представляет собой ненасыщенный полимер ПЭНП, например, ненасыщенный сополимер ПЭНП, содержащий по меньшей мере один сомономер, который представляет собой полиненасыщенный сомономер (в данном контексте упоминаемый как сополимер ПЭНП).

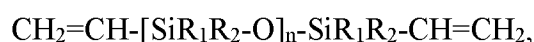
Кроме того, указанный полиненасыщенный сомономер может представлять собой диен, например, (1) диен, который содержит по меньшей мере 8 атомов углерода, причем первая двойная углерод-углеродная связь является концевой, а вторая двойная углерод-углеродная связь не сопряжена с первой (диены 1 группы). Иллюстративные диены (1) могут быть выбраны из C_8 – C_{14} несопряженных диенов или их смесей, например, выбраны из 1,7-октадиена, 1,9-декадиена, 1,11-додекадиена, 1,13-тетрадекадиена, 7-метил-1,6-октадиена, 9-метил-1,8-декадиена или их смесей. В дополнительном варианте реализации диен (1) выбран из 1,7-октадиена, 1,9-декадиена, 1,11-додекадиена, 1,13-тетрадекадиена или их смесей.

Предложен дополнительный вариант реализации настоящего изобретения, описанный в данном документе, в котором полиэтилен представляет собой сополимер мономера с по меньшей мере одним полиненасыщенным сомономером, причем полиненасыщенный сомономер имеет неразветвленную углеродную цепь, содержащую по меньшей мере 8 атомов углерода, и по меньшей мере 4 атома углерода между несопряженными двойными связями, из которых по меньшей мере одна является концевой, например, $C_8 - C_{14}$ несопряженный диен, например, выбранный из 1,7-октадиена, 1,9-декадиена, 1,11-додекадиена, 1,13-тетрадекадиена или их смесей.

- 10 В предпочтительном варианте реализации полиэтилен представляет собой сополимер этилена и 1,7-октадиена.

Предложен дополнительный вариант реализации настоящего изобретения, описанный в данном документе, в котором полиэтилен представляет собой ненасыщенный гомополимер ПЭНП или сополимер, полученный в процессе непрерывной полимеризации при высоком давлении, например, ПЭНП сополимер этилена с одним или более полиненасыщенными сомономерами и с нулевым количеством, одним или более другими сомономерами.

- 20 В дополнение или в качестве альтернативы диенам (1), перечисленным в данном документе, диен также может быть выбран из других типов полиненасыщенных диенов (2), например, из одного или более силоксановых соединений, имеющих следующую формулу (диены группы (2)):



- 25 где $n =$ от 1 до 200, и

R_1 и R_2 , которые могут быть одинаковыми или различными, выбраны из $C_1 - C_4$ алкильных группы и/или $C_1 - C_4$ алкокси-групп.

Кроме того, R_1 и/или R_2 могут представлять собой, например, метил, метокси или этокси.

- 30 Кроме того, n может быть равен, например, от 1 до 100, например, от 1 до 50. В качестве примера можно упомянуть дивинилсилоксаны, например, α,ω -дивинилсилоксан.

Приведенные в качестве примеров полиненасыщенные сомомеры полиэтилена представляют собой диены из группы (1), описанной в данном документе. Полиэтилен может представлять собой, например, сополимер этилена с по меньшей мере одним

диеном, выбранным из 1,7-октадиена, 1,9-декадиена, 1,11-додекадиена, 1,13-тетрадекадиена или любой их смеси, и необязательно с одним или более другими сомономерами. Приведен также пример того, что указанный полиэтилен представляет собой упомянутый в данном контексте ненасыщенный сополимер ПЭНП. Он может
5 содержать дополнительные сомомеры, например, полярный сомономер(ы), альфа-олефиновый сомономер(ы), неполярный сомономер(ы) или любую их смесь.

В качестве полярного сомономера можно использовать соединение(ия), содержащее гидроксильную группу(ы), алкокси-группу(ы), карбонильную группу(ы), карбоксильную
10 группу(ы), простую эфирную группу(ы) или сложную эфирную группу(ы), или их смесь.

Кроме того, неполярный сомономер представляет собой соединение(ия), не содержащее ни гидроксильную группу(ы), ни алкокси-группу(ы), ни карбонильную группу(ы), ни карбоксильную группу(ы), ни простую эфирную группу(ы), ни сложную эфирную
15 группу(ы).

В дополнительном варианте реализации используют соединения, содержащие карбоксильную и/или сложноэфирную группу(ы), и, например, указанное соединение
20 выбрано из групп акрилата(ов), метакрилата(ов) или ацетата(ов), или любых их смесей.

При наличии в указанном ненасыщенном сополимере ПЭНП, полярный сомономер может быть, например, выбран из группы алкилакрилатов, алкилметакрилатов или винилацетата, или их смеси. Кроме того, указанные полярные сомомеры могут быть, например, выбраны из C₁-C₆-алкилакрилатов, C₁-C₆-алкилметакрилатов или винилацетата. Более
25 того, указанный полярный сополимер включает сополимер этилена с C₁-C₄-алкилакрилатом, например, метил, этил, пропил или бутилакрилат, или винилацетат, или любая их смесь. Кроме того, указанный полярный сополимер предпочтительно включает сополимер этилена с C₁-C₄-алкилакрилатом, например, метил, этил, пропил или
30 бутилакрилат, или любая их смесь.

Полиэтилен, подходящий для применения, например, в любой полимерной композиции, описанной в настоящем документе, может быть получен с применением, среди прочего, любого традиционного процесса полимеризации и оборудования, традиционных средств, описанных в данном документе, для обеспечения ненасыщенности и любых
35 традиционных средств для изменения ПТР₂ для регулирования и подбора

технологических условий для достижения требуемого баланса между ПТР₂ и количеством виниловых групп в полимеризованном полимере. Ненасыщенный ПЭНП полимер, в соответствии с приведенным определением, например, ненасыщенный сополимер ПЭНП получают в непрерывном реакторе высокого давления, например, в непрерывном трубчатом реакторе высокого давления, посредством полимеризации, инициируемой свободными радикалами (в отношении радикальной полимеризации при высоком давлении). Подходящая полимеризация при высоком давлении (ВД) и регулирование технологических условий являются известными и описаны в литературе, и специалисты в данной области техники могут без труда использовать их для достижения описанного в настоящем документе баланса. Непрерывную полимеризацию при высоком давлении можно проводить в трубчатом реакторе или в автоклавном реакторе, например, в трубчатом реакторе. В настоящем документе описан один вариант реализации непрерывного ВД процесса для полимеризации этилена, необязательно вместе с одним или более сомономерами, например, с по меньшей мере одним или более полиненасыщенными сомономерами, в трубчатом реакторе с получением гомополимера или сополимера ПЭНП, описанного в настоящем документе. Указанный процесс можно также адаптировать для других полимеров.

Сжатие:

Этилен подают в компрессор, главным образом для обеспечения возможности работы с большим количеством этилена при контролируемом давлении и температуре. Компрессоры обычно представляют собой поршневые компрессоры или диафрагменные компрессоры. Компрессор обычно представляет собой группу компрессоров, которые могут работать последовательно или параллельно. Чаще всего используют 2-5 стадий сжатия. В доступных точках можно добавлять рециклированный этилен и сомономеры, в зависимости от давления. Температура обычно является низкой, обычно менее 200 °C или менее 100 °C. Указанная температура может составлять, например, менее 200 °C.

Трубчатый реактор:

Полученную смесь подают в трубчатый реактор. Первая часть трубы предназначена для изменения температуры сырьевого этилена; обычная температура составляет 150-170 °C. Затем добавляют радикальный инициатор. В качестве радикального инициатора можно использовать любое соединение или смесь, которые распадаются на радикалы при повышенной температуре. Подходящие радикальные инициаторы доступны в продаже. Реакция полимеризации является экзотермической. Может существовать несколько точек

подачи радикального инициатора, например, 1-5 точек, которые обычно оснащены отдельными дозирующими насосами. Кроме того, в любой момент времени в течение указанного процесса можно добавлять также этилен и необязательный сомономер(ы), в любую зону трубчатого реактора и/или из одной или более точек ввода, как известно специалистам. Реактор непрерывно охлаждают, например, водой или паром. Наивысшую температуру называют пиковой температурой, а наименьшую температуру называют температурой радикального инициатора. «Наименьшая температура» в данном контексте означает температуру начала реакции, которую называют температурой инициации, которая является «более низкой», как понятно специалистам в данной области техники.

Подходящая температура составляет от 80 до 350 °C, а давление от 100 до 400 МПа. Давление можно измерять по меньшей мере на стадии сжатия и после трубчатого реактора. Температуру можно измерять в нескольких точках на протяжении всех стадий. Высокая температура и высокое давление обычно увеличивают выход. Использование различных температурных профилей, выбранных специалистом в данной области техники, обеспечивает возможность регулирования структуры полимерной цепи, например, длинноцепочечного ветвления и/или короткоцепочечного ветвления, плотности, ПТР, вязкости, молекулярно-массового распределения и т.д.

Как правило, реактор заканчивается клапаном. Клапан регулирует давление в реакторе и обеспечивает снижение давления реакционной смеси от давления реакции до давления разделения.

Разделение:

Обычно давление понижают до значения примерно 10-45 МПа, например, до значения примерно 30-45 МПа. Полимер отделяют от непрореагировавших продуктов, например, от газообразных продуктов, таких как мономер или необязательный сомономер(ы), и выделяют большую часть непрореагировавших продуктов. Из газа обычно выделяют низкомолекулярные соединения, т.е. воск. Можно продолжать понижать давление для выделения и рецикла неиспользованных газообразных продуктов, таких как этилен. Газ обычно охлаждают и очищают перед возвратом в цикл.

Затем полученный полимерный расплав обычно смешивают и гранулируют. Необязательно или в некоторых вариантах реализации в смеситель можно добавлять добавки. Дополнительная информация о получении (со)полимеров этилена посредством

радикальной полимеризации при высоком давлении представлена в публикации Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, том 6 (1986), сс. 383-410.

ПТР₂ полиэтилена, например, сополимера ПЭНП, можно регулировать с помощью, например, агента(ов) передачи цепи во время полимеризации и/или посредством подбора температуры или давления реакции.

При получении сополимера ПЭНП согласно настоящему изобретению, как известно, количество виниловых групп можно регулировать посредством полимеризации этилена, например, в присутствии одного или более полиненасыщенных сомономеров, агентов передачи цепи или обоих вариантов, с помощью требуемого сырьевого соотношения между C₂ и полиненасыщенным сомономером и/или агентом передачи цепи, в зависимости от природы и количества двойных углеродных связей, необходимых для сополимера ПЭНП. Среди прочего, в WO 9308222 описана радикальная полимеризация при высоком давлении этилена с полиненасыщенными мономерами, такими как α,ω -алкадиены, для повышения ненасыщенности сополимера этилена. Так, непрореагировавшая двойная связь(и) обеспечивает подвешенные виниловые группы в сформированной полимерной цепи в том месте, где в процессе полимеризации внедрен полиненасыщенный сомономер. В результате ненасыщенность может быть равномерно распределена вдоль полимерной цепи в статистическом порядке сополимеризации. Кроме того, например, в WO 9635732 описана радикальная полимеризация при высоком давлении этилена и некоторых типов полиненасыщенных α,ω -дивинилсилоксанов. Кроме того, как известно, можно использовать, например, пропилен в качестве агента передачи цепи для обеспечения двойных связей, в результате чего он также может частично сополимеризоваться с этиленом.

Альтернативный ненасыщенный гомополимер ПЭНП может быть получен аналогично способу получения ненасыщенного сополимера ПЭНП, описанному в данном документе, за исключением того, что этилен полимеризуют в присутствии только агента передачи цепи.

Один иллюстративный полиэтилен, например, сополимер ПЭНП согласно настоящему изобретению может иметь плотность, измеренную для полиэтилена в соответствии с ISO 1183-1, метод A:2012, составляющую, например, более 0,860 г/см³, более 0,870, более 0,880, более 0,885, более 0,890, более 0,895, более 0,900, более 0,905, более 0,910 или более 0,915 г/см³.

Другой иллюстративный полиэтилен, например, сополимер ПЭНП согласно настоящему изобретению может иметь плотность, измеренную для полиэтилена в соответствии с ISO 1183-1, метод A:2012, составляющую до 0,960 г/см³, менее 0,955, менее 0,950, менее 0,945, менее 0,940, менее 0,935 или менее 0,930 г/см³.

В дополнительном варианте реализации диапазон плотности, измеренной на полиэтилене в соответствии с ISO 1183-1, метод A:2012, составляет от 0,915 до 0,930 г/см³.

Кроме того, указанный ненасыщенный сополимер, например, сополимер ПЭНП, полиэтилена содержит сомономер(ы) в общем количестве до 45% масс., например, от 0,05 до 25% масс. или, например, от 0,1 до 15% масс. относительно количества полиэтилена. Кроме того, указанный ненасыщенный сополимер, например, сополимер ПЭНП, полиэтилена предпочтительно содержит сомономер(ы) в общем количестве от 0,1 до 5% масс. относительно количества полиэтилена.

Приведенный в качестве примера полиэтилен может быть составлен в полимерную композицию, описанную в данном документе, причем указанная полимерная композиция является сшиваемой.

В иллюстративном варианте реализации полимерная композиция, описанная в настоящем документе, состоит из по меньшей мере одного полиэтилена. Полимерная композиция также может содержать дополнительные компоненты, такие как описанные в настоящем документе добавки, которые могут быть добавлены в смеси с полимерным носителем, т.е. в так называемом суперконцентрате.

В дополнительном варианте реализации полимерная композиция, описанная в настоящем документе, может содержать полиэтилен, описанный в данном документе, вместе со сшивающим агентом и вместе с 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 или более добавками, и при этом указанная полимерная композиция представлена в форме пеллет.

В следующем варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, содержащий общее количество виниловых групп, представляющее собой значение **B** виниловых групп на 1000 атомов углерода, и **B₁ ≤ B**, где **B₁** равен 0,89, при измерении до сшивания в соответствии с методом ASTM D6248-98.

В дополнительном варианте реализации описан полиэтилен, в котором $\mathbf{B}_1$ равен 0,90.

В дополнительном варианте реализации описан полиэтилен, в котором $\mathbf{B}_1$ равен 0,94.

5

В дополнительном варианте реализации описан полиэтилен, в котором $\mathbf{B}_1$ равен 0,95.

В дополнительном варианте реализации описан полиэтилен, в котором $\mathbf{B}_1$ равен 1,00.

10

В дополнительных вариантах реализации описан полиэтилен, в котором $\mathbf{B}_1$ равен 0,95, 1,00, 1,05 или 1,10.

В дополнительных вариантах реализации описан полиэтилен, в котором $\mathbf{B}_1$ равен 0,95, 1,00, 1,05, 1,10, 1,15, 1,20, 1,25 или 1,30.

15

В дополнительных вариантах реализации предложен полиэтилен, в котором $\mathbf{B}_1$ равен 1,15, 1,20, 1,25 или 1,30.

В дополнительном варианте реализации описан полиэтилен, в котором $\mathbf{B}_1$ равен 1,05.

20

В дополнительном варианте реализации описан полиэтилен, в котором $\mathbf{B}_1$ равен 1,10.

В дополнительном варианте реализации описан полиэтилен, в котором $\mathbf{B}_1$ равен 1,15.

25

В дополнительном варианте реализации описан полиэтилен, в котором $\mathbf{B}_1$ равен 1,20.

В дополнительном варианте реализации предложен полиэтилен, в котором $\mathbf{B}_1$ равен 1,25.

В дополнительном варианте реализации описан полиэтилен, в котором $\mathbf{B}_1$ равен 1,30.

30

В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, в котором $\mathbf{B} \leq \mathbf{B}_2$, и $\mathbf{B}_2$ равен 3,0.

Описаны дополнительные варианты реализации полиэтилена, в которых указанный
35 полиэтилен содержит общее количество виниловых групп, представляющее собой

значение **V** виниловых групп на 1000 атомов углерода, и $V_1 \leq V \leq V_2$, где каждый **V₁** и **V₂** может быть выбран из любых значений, приведенных в данном документе для **V₁** и **V₂**, соответственно.

5 В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, в котором **V₂** равен 2,5.

В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения, описанного данным документом, предложен полиэтилен, в котором **V₂** равен 2,0.

10

В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, в котором **V₂** равен 1,8.

15

В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения, описанного данным документом, предложен полиэтилен, в котором **V₂** равен 1,7.

В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, в котором **V₂** равен 1,6.

20

В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения, описанного данным документом, предложен полиэтилен, в котором **V₂** равен 1,5.

25

В одном варианте реализации настоящего изобретения предложен полиэтилен, имеющий показатель текучести расплава при нагрузке 2,16 кг (ПТР₂), и указанный ПТР₂ равен **A** г/10 мин. причем $A_1 \leq A \leq A_2$; где **A₁** равен 0,05, и **A₂** равен 1,70, при измерении в соответствии с методом ISO 1133-1:2011, см. подробную информацию о методе ISO 1133-1:2011 в описании «Показателя текучести расплава» в разделе «Способы измерения».

30

ПТР₂ определяют до какого-либо сшивания в соответствии с ISO 1133-1:2011 при нагрузке 2,16 кг и при 190 °C.

35

В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения полиэтилен, описанный в данном документе, имеет показатель текучести расплава при нагрузке 2,16 кг (ПТР₂) и при 190 °C, измеренный в соответствии с методом ISO 1133-1:2011, и указанный ПТР₂ равен **A** г/10 мин., причем $A \leq A_2$, где **A₂** равен 10.

В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, в котором A_2 равен 5,0.

5 В дополнительном варианте реализации полиэтилена A_2 равен 4,0.

В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, в котором A_2 равен 3,0.

10 В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, в котором A_2 равен 2,7.

В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, в котором A_2 равен 2,5.

15

В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, в котором A_2 равен 2,0.

20 В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, в котором A_2 равен 1,7.

В дополнительном варианте реализации полиэтилен имеет показатель текучести расплава, ПТР₂, который равен A г/10 мин., и $A_1 \leq A$, где A_1 равен 0,05.

25 Описаны дополнительные варианты реализации полиэтилена, имеющие показатель текучести расплава, ПТР₂, который равен A г/10 мин., и $A_1 \leq A \leq A_2$; причем каждый A_1 и A_2 может быть выбран из любых значений, приведенных в данном документе для A_1 и A_2 , соответственно.

30 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, в котором A_1 равен 0,10.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, в котором A_1 равен 0,15.

35

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, в котором A_1 равен 0,80.

5 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, в котором A_1 равен 0,85.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, в котором A_1 равен 0,90.

10

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, в котором A_2 равен 1,65, 1,60, 1,55 или 1,50.

15

В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, в котором A_2 равен 1,65.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, в котором A_2 равен 1,60.

20

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, в котором A_2 равен 1,65 или 1,60.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, в котором A_2 равен 1,55.

25

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, в котором A_2 равен 1,50.

30

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, в котором A_2 равен 1,55 или 1,50.

Описаны дополнительные варианты реализации, в которых полиэтилен имеет комплексную вязкость (η^*) при 0,05 рад/с, измеренную в соответствии с методом ISO 6721-1 на стабилизированных образцах полиэтилена, которая представляет собой

значение X , Па.с, и $X_1 \leq X \leq X_2$, где каждый X_1 и X_2 может быть выбран из любых значений, приведенных в данном документе для X_1 и X_2 , соответственно.

5 Описаны дополнительные варианты реализации полиэтилена, в которых полиэтилен имеет комплексную вязкость (η^*) при 300 рад/с, измеренную в соответствии с методом ISO 6721-1 на стабилизированных образцах полиэтилена, которая представляет собой значение Y , Па.с, и $Y_1 \leq Y \leq Y_2$, где каждый Y_1 и Y_2 может быть выбран из любых значений, приведенных в данном документе для Y_1 и Y_2 , соответственно.

10 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_1 равен 11000.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_1 равен 12000.

15 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_1 равен 13000.

20 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_1 равен 14000.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_2 равен 29000.

25 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_2 равен 28000.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_2 равен 27000.

30 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_2 равен 26000.

35 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_2 равен 25000.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_2 равен 24000.

5 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_1 равен 15000.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_1 равен 16000.

10

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_1 равен 17000.

15

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_1 равен 18000.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_1 равен 18100.

20

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_1 равен 18200.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_1 равен 18300.

25

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_1 равен 18400.

30

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_1 равен 18500.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_1 равен 18600.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_2 равен 21000.

5 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_2 равен 20500.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_2 равен 20000.

10

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_2 равен 19500.

15

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_2 равен 19000.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 10.

20

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 20.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 30.

25

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 40.

30

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 50.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 60.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 70.

5 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 80.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 90.

10 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 100.

15 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 110.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 120.

20 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 130.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 140.

25 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 150.

30 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_1 равен 15000, и/или Y_1 равен 150.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 160.

35 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 170.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 180.

5 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 190.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 200.

10

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 210.

15

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 220.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 230.

20

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 240.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 250.

25

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_2 равен 345.

30

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_1 равен 50 и/или Y_2 равен 345.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_2 равен 340.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_2 равен 335.

5 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_2 равен 330.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_2 равен 325.

10 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_2 равен 320.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_2 равен 315.

15 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_2 равен 310.

20 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_2 равен 305.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого Y_2 равен 300.

25 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_1 равен 12000, и X_2 равен 28000.

30 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_1 равен 12000, и X_2 равен 28000, и у которого Y_1 равен 250, и Y_2 равен 330.

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_1 равен 13000, и X_2 равен 27000, и у которого Y_1 равен 240, и Y_2 равен 340.

35

В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_1 равен 13000, и X_2 равен 27000, и у которого Y_1 равен 250, и Y_2 равен 330.

- 5 В одном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложен полиэтилен, у которого X_1 равен 16000, X_2 равен 24000, Y_1 равен 250, и/или Y_2 равен 330.

В одном предпочтительном варианте реализации предложенный полиэтилен одновременно удовлетворяет следующим условиям:

- 10 $B_1 \leq B \leq B_2$, где B_1 равен 0,30, и B_2 равен 1,5;
 $X_1 \leq X \leq X_2$, где X_1 равен 16000, и X_2 равен 24000; и
 $Y_1 \leq Y \leq Y_2$, где Y_1 равен 250, и Y_2 равен 330.

Полимерная композиция, полученная из полиэтилена или содержащая полиэтилен

- 15 Полимерная композиция, полученная из предложенного полиэтилена, которая может быть сшиваемой, хорошо подходит для получения сшиваемых изделий, например, одного или более сшиваемых слоев кабеля, например, одного или более сшиваемых изоляционных слоев кабеля, и указанные слои можно впоследствии подвергать сшиванию.
- 20 В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложена полимерная композиция, которая является сшиваемой или сшитой, причем указанная полимерная композиция содержит или получена из полиэтилена, описанного в настоящем документе.
- 25 Выражение «сшиваемая» является общеизвестным и означает, что указанная полимерная композиция, полученная из полиэтилена, может быть сшита, например, посредством образования радикалов, с образованием мостиков, в том числе между полимерными цепями.
- 30 Термин «кабель» в данном контексте означает кабель или провод.

Полимерная композиция, полученная из полиэтилена или содержащая полиэтилен, дополнительно содержит сшивающий агент.

Указанная полимерная композиция может необязательно содержать дополнительный компонент(ы), содержащий виниловые группы, которые затем также вносят свой вклад в общее количество виниловых групп в полимерной композиции.

5 Сшивающий агент в данном контексте означает любое соединение, способное образовывать радикалы, которые могут инициировать реакцию сшиванию. Например, сшивающий агент содержит связь $-O-O-$.

10 Предложен дополнительный вариант реализации указанной полимерной композиции, описанной в данном документе, в которой сшивающий агент содержит пероксид, т.е. содержит по меньшей мере одно пероксидное звено на одну молекулу сшивающего агента, например, пероксида.

15 В дополнительном варианте реализации сшивающий агент содержит пероксид.

В дополнительном варианте реализации сшивающий агент представляет собой пероксид.

20 Кроме того, описаны варианты реализации указанной полимерной композиции, предложенной в настоящем документе, в которых сшивающий агент, например, пероксид, присутствует в количестве, которое представляет собой значение Z , % масс. относительно общего количества (100% масс.) полимерной композиции, $Z \leq Z_2$, где Z_2 равен 10, Z_2 равен 6, Z_2 равен 5 или Z_2 равен 3,5.

25 В дополнительном варианте реализации $Z_1 \leq Z$, где Z_1 равен 0,01.

В дополнительных вариантах реализации настоящего изобретения предложена указанная полимерная композиция, описанная в данном документе, в которой Z_1 равен 0,02, 0,04, 0,06 или 0,08.

30 В дополнительных вариантах реализации настоящего изобретения предложена полимерная композиция, описанная в данном документе, в которой Z_1 равен, например, 0,1 или 0,2, и/или Z_2 равен, например, 3 или 2,6.

В дополнительных вариантах реализации настоящего изобретения предложена полимерная композиция, описанная в данном документе, в которой Z_2 равен 2,0, 1,8, 1,6 или, альтернативно, 1,4.

5 В одном варианте реализации сшивающего агента, например, пероксида, Z_2 равен 1,2.

В дополнительных вариантах реализации настоящего изобретения предложена полимерная композиция, описанная в данном документе, в которой Z_2 равен 1,2, 1,1, 1,0 или, альтернативно, 0,95.

10

В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 1,0.

В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,98 или 0,96. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,98. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,96.

15

В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,94, 0,92 или 0,90. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,94. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,92. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,90.

20

В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,88 или 0,86. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,88. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,86. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,84, 0,82 или 0,80. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,84. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,82. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,80.

25

В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,78 или 0,76. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,78. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,76. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,74, 0,72 или 0,70. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,74. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,72. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,70.

30

В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,68 или 0,66. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,68. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,66. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,64, 0,62 или 0,60. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,64. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,62.

35

Сшивающий агент, например, пероксид, присутствует в количестве, представляющем собой значение Z , % масс. относительно общего количества (100% масс.) указанной полимерной композиции, и $Z \leq Z_2$, где Z_2 равен 0,60.

5 В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,58 или 0,56. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,58. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,56. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,54, 0,52 или 0,50. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,54. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,52. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,50.

10

В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,48 или 0,46. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,48. В дополнительном варианте реализации Z_2 равен 0,46.

15

В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения, описанного в данном документе, предложена полимерная композиция, в которой количество Z сшивающего агента, например, пероксида, имеет значение Z_2 , равное 0,45.

В дополнительном варианте реализации количество Z сшивающего агента, например, пероксида, имеет значение Z_2 , равное 0,40.

20

В дополнительном варианте реализации количество Z сшивающего агента, например, пероксида, имеет значение Z_2 , равное 0,35.

25

Неограничивающие примеры сшивающих агентов включают органические пероксиды, такие как ди-трет-амилпероксид, 2,5-диметил-2,5-ди(трет-бутилперокси)гексин-3, 2,5-ди(трет-бутилперокси)-2,5-диметилгексан, трет-бутилкумилпероксид, ди(трет-бутил)пероксид, дикумилпероксид, бутил-4,4-бис(трет-бутилперокси)валерат, 1,1-бис(трет-бутилперокси)-3,3,5-триметилциклогексан, трет-бутилпероксибензоат, дибензоилпероксид, бис(трет-бутилпероксиизопропил)бензол, 2,5-диметил-2,5-ди(бензоилперокси)гексан, 1,1-ди(трет-бутилперокси)циклогексан, 1,1-ди(трет-амилперокси)циклогексан или любые их смеси.

30

В дополнительных вариантах реализации сшивающий агент, представляющий собой пероксид, может быть выбран, например, из 2,5-диметил-2,5-ди(трет-бутилперокси)гексина-3, 2,5-ди(трет-бутилперокси)-2,5-диметилгексана, ди(трет-

35

бутилпероксиизопропил)бензола, дикумилпероксида, трет-бутилкумилпероксида, ди(трет-бутил)пероксида или любых их смесей.

5 В дополнительном варианте реализации сшивающий агент представляет собой пероксид, выбранный из дикумилпероксида, 2,5-диметил-2,5-ди(трет-бутилперокси)гексина-3 и трет-бутилкумилпероксида или любых их смесей.

10 В дополнительном варианте реализации сшивающий агент содержит пероксид, который представляет собой дикумилпероксид.

В дополнительном варианте реализации сшивающий агент содержит пероксид, который представляет собой 2,5-диметил-2,5-ди(трет-бутилперокси)гексин-3.

15 В дополнительном варианте реализации сшивающий агент содержит пероксид, который представляет собой трет-бутилкумилпероксид.

В одном варианте реализации указанная полимерная композиция содержит сшивающий агент.

20 В дополнительных вариантах реализации указанная полимерная композиция также может содержать дополнительную добавку(и). Такая дополнительная добавка(и) содержит:

ненасыщенное низкомолекулярное соединение(ия), например:

25 - Ускорители(и) сшивания, упомянутые в настоящем документе, включая любое данное конкретное соединение(ия), которое может повышать степень поперечного сшивания и/или количество виниловых групп в полимерной композиции.

30 - Один или более ингибиторов преждевременной полимеризации (SR), которые в данном контексте определены как соединения, которые уменьшают образование нагара во время экструзии полимерной композиции при использовании обычной температуры экструзии, по сравнению с той же полимерной композицией, экструдированной без указанного соединения. Ингибиторы преждевременной полимеризации также могут вносить свой вклад в общее количество виниловых групп в полимерной композиции.

35

Ненасыщенное низкомолекулярное соединение(ия), например, усилитель(и) сшивания и/или «один или более» ингибиторов преждевременной полимеризации (SR) также могут вносить свой вклад в общее количество виниловых групп в полимерной композиции.

5

Ускоритель сшивания может представлять собой соединение, содержащее по меньшей мере 2 ненасыщенные группы, такое как алифатическое или ароматическое соединение, сложный эфир, простой эфир, амин или кетон, который содержит по меньшей мере 2 ненасыщенные группы, такие как цианурат, изоцианурат, фосфат, ортоформиат, алифатический или ароматический простой эфир или сложный аллиловый эфир бензолтрикарбоновой кислоты. Примеры сложных эфиров, простых эфиров, аминов и кетонов представляют собой соединения, выбранные из общих групп диакрилатов, триакрилатов, тетраакрилатов, триаллилцианурата, триаллилизотианурата, 3,9-дивинил-2,4,8,10-тетра-окса Spiro[5,5]ундекана (DVS), триаллилтримеллитата (TATM) или N,N,N',N',N'',N''-гексааллил-1,3,5-триазин-2,4,6-триамина (HATATA), или любых их смесей. Ускоритель сшивания можно добавлять в таком количестве для сшивания, которое составляет менее 2,0% масс., например, менее 1,5% масс., например, менее 1,0% масс., например, менее 0,75% масс., например, менее 0,5% масс., и нижний предел составляет, например, по меньшей мере 0,05% масс., например, по меньшей мере 0,1% масс. относительно массы полимерной композиции.

20

Ингибиторы преждевременной полимеризации (SR) могут представлять собой, например, ненасыщенные димеры ароматических альфа-метил-алкениловых мономеров, такие как 2,4-дифенил-4-метил-1-пентен, замещенный или незамещенный дифенилэтилен, производные хинона, производные гидрохинона, моnofункциональные винилсодержащие сложные и простые эфиры, моноциклические углеводороды, содержащие по меньшей мере две или более двойных связей, или их смеси. Например, ингибитор преждевременной полимеризации может быть выбран из 2,4-дифенил-4-метил-1-пентена, замещенного или незамещенного дифенилэтилена или их смесей.

30

Количество ингибитора преждевременной полимеризации может быть, например, равно или может быть более 0,005% масс. относительно массы полимерной композиции. Кроме того, количество ингибитора преждевременной полимеризации может быть, например, равно или может быть более 0,01% масс., равно или более 0,03% масс., или равно или более 0,04% масс. относительно массы полимерной композиции.

35

Кроме того, количество ингибитора преждевременной полимеризации может быть, например, равно или может быть менее 2,0% масс., например, равно или менее 1,5% масс. относительно массы полимерной композиции. Кроме того, количество ингибитора преждевременной полимеризации может быть, например, равно или может быть менее 0,8% масс., равно или менее 0,75% масс., равно или менее 0,70% масс., или равно или менее 0,60% масс. относительно массы полимерной композиции. Кроме того, количество ингибитора преждевременной полимеризации может быть, например, равно или может быть менее 0,55% масс., равно или менее 0,50% масс., равно или менее 0,45% масс., или равно или менее 0,40% масс. относительно массы полимерной композиции.

Кроме того, количество ингибитора преждевременной полимеризации может быть, например, равно или может быть менее 0,35% масс., например, равно или менее 0,30% масс. относительно массы полимерной композиции. Кроме того, количество ингибитора преждевременной полимеризации может быть, например, равно или может быть менее 0,25% масс., равно или менее 0,20% масс., равно или менее 0,15% масс., или равно или менее 0,10% масс. относительно массы полимерной композиции. Кроме того, количество ингибитора преждевременной полимеризации может быть, например, равно или может быть менее 0,15% масс., или равно или менее 0,10% масс. относительно массы полимерной композиции.

Кроме того, количество ингибитора преждевременной полимеризации может составлять от 0,005 до 2,0% масс., например, от 0,005 до 1,5% масс. относительно массы полимерной композиции. Дополнительные иллюстративные диапазоны составляют, например, от 0,01 до 0,8% масс., от 0,03 до 0,75% масс., от 0,03 до 0,70% масс. или от 0,04 до 0,60% масс. относительно массы полимерной композиции. Кроме того, иллюстративные диапазоны составляют, например, от 0,01 до 0,60, до 0,55, до 0,50, до 0,45 или, альтернативно, до 0,40% масс., от 0,03 до 0,55, альтернативно, до 0,50% масс., от 0,03 до 0,45 или, альтернативно, 0,40% масс., или от 0,04 до 0,45 или, альтернативно, 0,40% масс. относительно массы полимерной композиции.

Кроме того, ингибиторы преждевременной полимеризации (SR), могут быть, например, выбраны из прививаемых стабильных органических свободных радикалов, описанных в EP1699882, которые включают стерически затрудненные стабильные органические свободные радикалы, полученные из аминов: например, гидрокси-производное 2,2,6,6-

тетраметилпиперидинилокси (ТЕМРО), например, 4-гидрокси-ТЕМРО или бис-ТЕМРО (например, бис(1-оксил)-2,2,6,6-тетраметилпиперидин-4-ил)себацинат) и, например, мультифункциональные молекулы, содержащие по меньшей мере две нитроксильные группы, полученные из оксо-ТЕМРО, 4-гидрокси-ТЕМРО, сложного эфира 4-гидрокси-ТЕМРО, полимерсвязанного ТЕМРО, PROXYL, DOXYL, ди-трет-бутил-N-оксил, диметилдифенилпирролидин-1-оксил или 4-фосфонокси-ТЕМРО.

Прививаемые органические стабильные свободные радикалы, как описано в EP1699882, могут присутствовать в количестве, составляющем ровно или более примерно 0,005 процента по массе, например, ровно или более примерно 0,01 процента по массе, и ровно или более примерно 0,03 процента по массе относительно массы полимерной композиции.

Кроме того, прививаемые органические стабильные свободные радикалы, как описано в EP1699882, могут присутствовать в количестве, составляющем ровно или менее примерно 20,0 процента по массе, например, Ровно или менее примерно 10,0 процента по массе, например, ровно или менее примерно 5,0 процента по массе относительно массы полимерной композиции.

Кроме того, прививаемые органические стабильные свободные радикалы, как описано в EP1699882, могут присутствовать в количестве от примерно 0,005 процента по массе до примерно 20,0 процента по массе, например, от примерно 0,01 процента по массе до примерно 10,0 процента по массе, например, от примерно 0,03 процента по массе до примерно 5,0 процента по массе относительно массы полимерной композиции.

Кроме того, указанная дополнительная добавка(и) включает добавку(и), такую как антиоксидант(ы), стабилизатор(ы) и/или технологическую добавку(и). В качестве антиоксиданта можно упомянуть стерически затрудненный или полузатрудненный фенол(ы), ароматический амин(ы), алифатический стерически затрудненный амин(ы), органический фосфат(ы), тиосоединение(я) и их смеси. В качестве дополнительной добавки(ок) можно упомянуть огнезащитную добавку(и), замедлитель(и) водного триинга, нейтрализатор(ы) кислот, наполнитель(и), пигмент(ы) и стабилизатор(ы) напряжения.

Примеры подходящих наполнителей и/или пигментов включают TiO_2 , CaCO_3 , технический углерод (например, проводящий технический углерод или «УФ сажу», т.е.

технический углерод, который поглощает ультрафиолетовое излучение), гангит, слюду, каолин, гидроксид алюминия (ATH), дигидроксид магния (MDH) и SiO₂.

5 В дополнительном варианте реализации указанная полимерная композиция согласно настоящему изобретению дополнительно содержит наполнители и/или пигменты.

Кроме того, указанные наполнители и/или пигменты могут содержаться в указанной полимерной композиции согласно настоящему изобретению в количестве, например, от 0,01 до 5% масс., например, от 0,01 до 3% масс. или, например, от 0,01 до 2% масс.

10 Указанная полимерная композиция может дополнительно содержать дополнительный полимерный компонент(ы), включая ненасыщенный полимер(ы) и/или полимер(ы), который не является ненасыщенным, причем указанный дополнительный полимерный компонент(ы) отличен от указанного полиэтилена.

15 Указанная полимерная композиция может быть представлена в форме порошка или пеллет любой формы и размера, включая гранулы. Пеллеты могут быть получены, например, после полимеризации указанного полиэтилена общеизвестным способом с применением традиционного гранулирующего оборудования, такого как гранулирующий экструдер. Полимерная композиция может быть представлена, например, в форме пеллет.

20 В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения предложен способ получения полимерной композиции, описанной в настоящем документе.

25 В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения предложен способ получения полиэтилена, описанного в настоящем документе, или способ получения полимерной композиции, описанной в настоящем документе.

Области конечного применения

30 В одном варианте реализации настоящего изобретения предложено изделие, полученное способом, включающим применение полиэтилена, описанного в настоящем документе, или полимерной композиции, описанной в настоящем документе, причем указанное изделие представляет собой, например, кабель, например, силовой кабель, например, кабельный слой или, например, слой силового кабеля.

В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения предложено изделие, содержащее слой(и), который получен из полиэтилена, описанного в настоящем документе.

- 5 В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения предложено изделие, содержащее слой(и), например, изоляционный слой(и), который получен из полиэтилена, описанного в настоящем документе, причем указанное изделие представляет собой, например, кабель, например, силовой кабель.
- 10 В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения предложено изделие, содержащее элемент(ы), причем указанный элемент(ы) содержит слой(и), например, изоляционный слой(и), который получен из полиэтилена, описанного в настоящем документе, или из полимерной композиции, описанной в настоящем документе.
- 15 В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения предложено изделие, причем указанное изделие или элемент(ы) содержит слой(и), например, изоляционный слой(и), который является сшиваемым и получен из полиэтилена, описанного в настоящем документе, или из полимерной композиции, описанной в настоящем документе.
- 20 В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения предложено изделие, причем указанное изделие или элемент(ы) содержит полиэтилен, описанный в настоящем документе, или полимерную композицию, описанную в настоящем документе.
- 25 В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения предложено изделие, причем указанное изделие или элемент(ы) содержит слой(и), например, изоляционный слой(и), который является сшиваемым и получен из полиэтилена, описанного в настоящем документе, или из полимерной композиции, описанной в настоящем документе.
- 30 В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения предложено изделие, причем указанное изделие или элемент(ы) содержит полимерную композицию, описанную в настоящем документе.

В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения предложено изделие, причем указанное изделие или элемент(ы) содержит слой(и), например, изоляционный слой(и), который является сшитым и получен из полимерной композиции, описанной в настоящем документе.

5

В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения предложено изделие, которое представляет собой кабель, например, силовой кабель.

10

Кроме того, настоящее изобретение весьма подходит для применения в кабельно-проводниковой промышленности, при этом изделие представляет собой, например, кабель, который является сшиваемым и содержит один или более слоев, причем по меньшей мере один слой получен из полиэтилена или полимерной композиции, описанных в настоящем документе.

15

Кроме того, предложен дополнительный вариант реализации настоящего изобретения, в котором указанный по меньшей мере один слой содержит полиэтилен или полимерную композицию, описанные в настоящем документе.

20

В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения предложен силовой кабель, содержащий слой(и), например, изоляционный слой(и), который получен из полиэтилена или полимерной композиции, описанных в настоящем документе.

25

Предложен дополнительный вариант реализации настоящего изобретения, в котором указанное изделие представляет собой АС силовой кабель.

Предложен дополнительный вариант реализации настоящего изобретения, в котором указанное изделие представляет собой DC силовой кабель.

30

Кроме того, по меньшей мере один слой кабеля, полученный из полиэтилена или полимерной композиции, представляет собой, например, изоляционный слой.

Кроме того, по меньшей мере один слой кабеля, содержащий полиэтилен или полимерную композицию, может представлять собой, например, изоляционный слой.

Кроме того, кабель согласно настоящему изобретению может представлять собой, например, силовой кабель, который содержит по меньшей мере внутренний полупроводящий слой, изоляционный слой и внешний полупроводящий слой в указанном порядке, причем по меньшей мере изоляционный слой получен из полиэтилена или полимерной композиции, описанных в настоящем документе.

В дополнительном варианте реализации изоляционный слой содержит полиэтилен или полимерную композицию, описанную в настоящем документе.

Силовой кабель в данном контексте означает кабель, обеспечивающий передачу энергии при любом рабочем напряжении. Напряжение, подаваемое на силовой кабель, может быть АС, DC или переходным (импульсным). В одном варианте реализации предложенное многослойное изделие представляет собой силовой кабель, работающий при напряжении более 6 кВ.

В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения предложен способ получения изделия, описанного в данном документе, включающий применение полиэтилена или полимерной композиции, описанных в настоящем документе.

Кроме того, в настоящем изобретении предложен способ получения описанного изделия, который включает стадии а) формования изделия, причем указанный процесс включает применение полиэтилена или полимерной композиции, описанных в настоящем документе. Предложенный способ может включать, например, по меньшей мере стадии а₀) смешивания в расплаве полимерной композиции, описанной в настоящем документе, необязательно вместе с дополнительным компонентом(ами), и а) формования кабеля, полученного из полимерной композиции, описанной в настоящем документе.

В дополнительном варианте реализации предложено формование кабеля, содержащего полимерную композицию, описанную в настоящем документе.

«Смешивание в расплаве» представляет собой общеизвестный способ смешивания, в котором полимерный компонент(ы) смешивают при повышенной температуре, которая обычно выше, например, по меньшей мере на 20-25 °С выше температуры плавления или размягчения полимерного компонента(ов).

В одном варианте реализации получают кабель, который содержит проводник, окруженный одним или более слоями, причем указанный способ включает стадию а) нанесения на проводник полимерной композиции, описанной в настоящем документе, с
5 получением по меньшей мере одного из указанных слоев, окружающих проводник.

Таким образом, на стадии (а) наносят и получают по меньшей мере один слой из одного или более слоев, используя полимерную композицию, описанную в настоящем документе.

10 Кроме того, приведенный в качестве примера способ получения кабеля может включать, например, по меньшей мере две стадии

а₀) смешивания в расплаве указанной полимерной композиции, описанной в настоящем документе, необязательно вместе с дополнительным компонентом(ами), а затем

а) нанесения расплавленной смеси, полученной на стадии а₀), на проводник с получением
15 по меньшей мере одного слоя.

Полимерная композиция, описанная в настоящем документе, может быть введена на стадии а₀) предложенного способа, например, в форме пеллет, а смешивание, т.е. смешивание в расплаве осуществляют при повышенной температуре, которая
20 обеспечивает расплавление (или размягчение) полимерного материала для обеспечения возможности его переработки.

Кроме того, слои могут быть, например, а) нанесены посредством (со)экструзии. Термин «(со)экструзия» в данном контексте означает, что в случае двух или более слоев
25 указанные слои можно экструдировать на отдельных стадиях, или по меньшей мере два, или все указанные слои можно соэкструдировать на одной стадии экструзии, как известно в данной области техники.

В одном иллюстративном варианте реализации сшиваемая полимерная композиция может
30 содержать сшивающий агент до того, как полимерная композиция будет использована для получения кабеля, при этом полиэтилен и сшивающий агент могут быть смешаны любым традиционным способом смешивания, например, посредством добавления сшивающего агента в расплав композиции полимера, например, в экструдере, а также посредством адсорбции жидкого пероксида, пероксида в жидкой форме или пероксида, растворенного
35 в растворителе, на твердой композиции полимера, например, на его пеллетах.

Альтернативно, в данном варианте реализации полиэтилен и сшивающий агент могут быть смешаны любым традиционным способом смешивания. Иллюстративные способы смешивания включают смешивание в расплаве, например, в экструдере, а также адсорбцию жидкого пероксида, пероксида в жидкой форме или пероксида, растворенного в растворителе, композицией полимера или на его пеллетах. Полученную полимерную композицию компонентов, например, среди прочего, полиэтилена и сшивающего агента, затем используют в процессе получения изделия, например, кабеля.

В другом варианте реализации сшивающий агент может быть добавлен, например, на стадии a_0) во время получения сшиваемого изделия, и также образует указанную полимерную композицию согласно настоящему изобретению. Если сшивающий агент добавлен в процессе получения изделия, то, например, сшивающий агент, описанный в настоящем документе, добавляют в жидкой форме при температуре окружающей среды или предварительно нагревают до температуры выше температуры его плавления, или растворяют в несущей среде, как известно в данной области техники.

Указанная полимерная композиция согласно настоящему изобретению также может содержать дополнительную добавку(и), или дополнительная добавка(и) может быть смешана с полимерной композицией в процессе получения изделия, содержащего указанную полимерную композицию.

Соответственно, способ согласно настоящему изобретению может, например, включать стадии

- a_{00}) обеспечения для указанной стадии a_0) указанной полимерной композиции, описанной в настоящем документе, которая содержит

- по меньшей мере один полиэтилен и сшивающий агент,

- a_0) смешивания в расплаве полимерной композиции, необязательно вместе с дополнительными компонентами, и

- а) нанесения расплавленной смеси, полученной на стадии a_0), на проводник с получением по меньшей мере одного из одного или более указанных кабельных слоев.

Альтернативно, способ согласно настоящему изобретению включает стадии

- a_{00}) обеспечения для указанной стадии a_0) указанной полимерной композиции, описанной в настоящем документе, которая содержит

по меньшей мере один полиэтилен,

- а₀₀) добавления у казанной полимерной композиции по меньшей мере одного сшивающего агента,

- а₀) смешивание в расплаве полимерной композиции и сшивающего агента,

5 необязательно вместе с дополнительными компонентами, и

а) нанесения расплавленной смеси, полученной на стадии а₀), на проводник с получением по меньшей мере одного из одного или более указанных кабельных слоев.

10 В иллюстративном способе а₀) отдельное смешивание в расплаве полимерной композиции осуществляют в смесителе или в экструдере или в любой их комбинации, при повышенной температуре, и если присутствует сшивающий агент, то также при температуре ниже используемой далее температуры сшивания. Затем после а₀) смешивания в расплаве, например, в указанном экструдере, полученный материал смешанного в расплаве слоя, например, а) (со)экструдировать на проводник способом, 15 хорошо известным в данной области техники. Для способа согласно настоящему изобретению подходят смесители и экструдеры, такие как одношнековые или двухшнековые экструдеры, которые обычно используют для получения кабелей.

20 Иллюстративный вариант реализации предложенного способа обеспечивает получение сшиваемого кабеля, например, сшиваемого силового кабеля, причем предложенный способ включает дополнительную стадию b) сшивания по меньшей мере одного кабельного слоя, полученного на стадии а), содержащего сшиваемый полиэтилен или полимерную композицию, причем сшивание осуществляют в присутствии сшивающего агента, например, пероксида.

25 Понятно и общеизвестно также, что другие кабельные слои и их материалы, при их наличии, можно подвергать одновременному сшиванию, если это необходимо.

30 Сшивание можно осуществлять в условиях сшивания, обычно посредством обработки при повышенной температуре, например, при температуре выше 140 °С, например, выше 150 °С, например, от 160 до 350 °С, в зависимости от используемого сшивающего агента, как известно в данной области техники. Обычно температура сшивания по меньшей мере на 20 °С выше температуры, используемой на стадии смешивания в расплаве а₀), и специалист в данной области техники может рассчитать ее.

35

В результате получают сшитый кабель, содержащий по меньшей мере один сшитый слой полиэтилена или полимерной композиции согласно настоящему изобретению.

В дополнительном варианте реализации настоящего изобретения описана указанная полимерная композиция, причем количество виниловых групп обусловлено (помимо виниловых групп, обусловленных полимеризацией, инициированной свободными радикалами):

- i) полиненасыщенным сомономером(ами),
- ii) агентом(ами) передачи цепи,
- iii) ненасыщенным низкомолекулярным соединением(ями), например, усилителем(ями) сшивания и/или ингибитором(ами) преждевременной полимеризации, или
- iv) любой смесью (i) – (iii).

В общем, «виниловая группа» в данном контексте означает фрагмент $\text{CH}_2=\text{CH}-$, который может присутствовать в любом из i) – iv).

Указанные i) полиненасыщенные сомомеры и ii) агенты передачи цепи описаны в данном контексте в отношении полиэтилена согласно настоящему изобретению.

Указанное iii) низкомолекулярное соединение(ия), при его наличии, может быть добавлено в полимерную композицию.

Кроме того, iii) низкомолекулярное соединение(ия) может, например, представлять собой ускоритель(и) сшивания, который также может вносить свой вклад в общее количество виниловых групп полимерной композиции. Ускоритель(и) сшивания может представлять собой, например, соединение(ия), содержащее по меньшей мере 2 ненасыщенные группы, такое как алифатическое или ароматическое соединение, сложный эфир, простой эфир или кетон, который содержит по меньшей мере 2 ненасыщенные группы, такой как цианурат, изоцианурат, фосфат, ортоформат, алифатический или ароматический простой эфир или аллиловый сложный эфир бензолтрикарбоновой кислоты. Примеры сложных эфиров, простых эфиров, аминов и кетонов представляют собой соединения, выбранные из общих групп диакрилатов, триакрилатов, тетраакрилатов, триаллилцианурата, триаллилизотианурата, 3,9-дивинил-2,4,8,10-тетра-окса Spiro[5,5]ундекана (DVS), триаллилтримеллитата (TATM) или N,N,N',N',N'',N''-гексааллил-1,3,5-триазин-2,4,6-триамина (HATATA), или любых их смесей. Ускоритель сшивания можно добавлять в

таком количестве для сшивания, которое составляет менее 2,0% масс., например, менее 1,5% масс., например, менее 1,0% масс., например, менее 0,75% масс., например, менее 0,5% масс., и нижний предел составляет, например, по меньшей мере 0,05% масс., например, по меньшей мере 0,1% масс. относительно массы полимерной композиции.

5

Кроме того, iii) низкомолекулярное соединение(ия) может представлять собой, например, ингибитор(ы) преждевременной полимеризации (SR), который также может вносить свой вклад в общее количество виниловых групп в полимерной композиции.

10 Ингибиторы преждевременной полимеризации (SR) могут представлять собой, как уже описано в настоящем документе, ненасыщенные димеры ароматических альфа-метил-алкениловых мономеров, такие как 2,4-дифенил-4-метил-1-пентен, замещенный или незамещенный дифенилэтилен, производные хинона, производные гидрохинона, монофункциональные винилсодержащие сложные и простые эфиры, моноциклические

15 углеводороды, содержащие по меньшей мере две или более двойных связей, или их смеси. Например, ингибитор преждевременной полимеризации может быть выбран из 2,4-дифенил-4-метил-1-пентена, замещенного или незамещенного дифенилэтилена или их смесей.

20 Количество ингибитора преждевременной полимеризации может быть, например, равно или может быть более 0,005% масс. относительно массы полимерной композиции. Кроме того, количество ингибитора преждевременной полимеризации может быть, например, равно или может быть более 0,01% масс., равно или более 0,03% масс., или равно или более 0,04% масс. относительно массы полимерной композиции.

25

Кроме того, количество ингибитора преждевременной полимеризации может быть, например, равно или может быть менее 2,0% масс., например, равно или менее 1,5% масс. относительно массы полимерной композиции. Кроме того, количество ингибитора преждевременной полимеризации может быть, например, равно или может быть менее

30 0,8% масс., равно или менее 0,75% масс., равно или менее 0,70% масс., или равно или менее 0,60% масс. относительно массы полимерной композиции. Кроме того, количество ингибитора преждевременной полимеризации может быть, например, равно или может быть менее 0,55% масс., равно или менее 0,50% масс., равно или менее 0,45% масс., или равно или менее 0,40% масс. относительно массы полимерной композиции.

35

Кроме того, количество ингибитора преждевременной полимеризации может быть, например, равно или может быть менее 0,35% масс., например, равно или менее 0,30% масс. относительно массы полимерной композиции. Кроме того, количество ингибитора преждевременной полимеризации может быть, например, равно или может быть менее 0,25% масс., равно или менее 0,20% масс., равно или менее 0,15% масс., или равно или менее 0,10% масс. относительно массы полимерной композиции. Кроме того, количество ингибитора преждевременной полимеризации может быть, например, равно или может быть менее 0,15% масс., или равно или менее 0,10% масс. относительно массы полимерной композиции.

Кроме того, количество ингибитора преждевременной полимеризации может составлять от 0,005 до 2,0% масс., например, от 0,005 до 1,5% масс. относительно массы полимерной композиции. Дополнительные иллюстративные диапазоны составляют, например, от 0,01 до 0,8% масс., от 0,03 до 0,75% масс., от 0,03 до 0,70% масс. или от 0,04 до 0,60% масс. относительно массы полимерной композиции. Кроме того, иллюстративные диапазоны составляют, например, от 0,01 до 0,60, до 0,55, до 0,50, до 0,45 или, альтернативно, до 0,40% масс., от 0,03 до 0,55, альтернативно, до 0,50% масс., от 0,03 до 0,45 или, альтернативно, 0,40% масс., или от 0,04 до 0,45 или, альтернативно, 0,40% масс. относительно массы полимерной композиции.

Кроме того, ингибиторы преждевременной полимеризации (SR), например, также могут быть выбраны из прививаемых органических стабильных свободных радикалов, описанных в EP1699882, а также уже описанных в данном документе.

Полиэтилен может представлять собой, например, сополимер мономерных звеньев со звеньями по меньшей мере одного ненасыщенного сомономера(ов) и нулевым количеством, одним, двумя или тремя другими сомономерами, и содержит по меньшей мере виниловые группы, обусловленные полиненасыщенным сомономером.

Кроме того, полиэтилен может содержать от примерно 0,05 до примерно 0,10 виниловых групп на 1000 атомов углеродов (атомов C), которые обусловлены полимеризацией, инициированной свободными радикалами.

В соответствии с настоящим изобретением, каждый признак любого из описанных в данном документе вариантов реализации, в любой категории настоящего изобретения

можно свободно комбинировать с любым признаком в любых других вариантах реализации, описанных в данном документе.

Способы измерения

- 5 Если в описании или в экспериментальной части не указано иное, то для измерения свойств использовали следующие способы.

Показатель текучести расплава

- 10 Показатель текучести расплава (ПТР) определяют в соответствии с методом ISO 1133-1:2011 и выражают в г/10 мин. ПТР является показателем текучести и, следовательно, технологичности полимера, в данном случае полиэтилена или полимерной композиции. Чем выше показатель текучести расплава, тем ниже вязкость полимера или полимерной композиции. ПТР определяют при 190 °С для полиэтиленов, и его можно определять при разных нагрузках, таких как 2,16 кг (ПТР₂) или 21,6 кг (ПТР₂₁).

15

Плотность

Плотность измеряют на образце полимера, т.е. полиэтилена, в соответствии с ISO 1183-1, метод A:2012. Получение образца осуществляют прессованием в форме в соответствии с ISO 17855-2:2016.

20

Методы ASTM D3124-98 и ASTM D6248-98 для определения количества двойных связей в полимерной композиции или в полимере, т.е. в полиэтилене

- 25 Метод ASTM D6248-98 используют для определения количества двойных связей в полимерной композиции и в полиэтилене. Определение количества двойных связей в полимерной композиции осуществляют на образце полиэтилена или, альтернативно, полимерной композиции. Далее при описании данного способа полимерную композицию и полиэтилен упоминают как «композиция» и «полимер», соответственно.

- 30 Методы ASTM D3124-98 и ASTM D6248-98 включают, с одной стороны, способ определения количества двойных связей/1000 атомов С, который основан на способе ASTM D3124-98. В методе ASTM D3124-98 представлено подробное описание определения винилиденовых групп/1000 атомов С с использованием 2,3-диметил-1,3-бутадиена. В методе ASTM D6248-98 представлено подробное описание определения
- 35 виниловых и *транс*-виниленовых групп/1000 атомов С с использованием 1-октена и

транс-3-гексена, соответственно. Способ получения образцов, описанный в казанных документах, использован в данном контексте для определения содержания виниловых групп/1000 атомов С и *транс*-виниленовых групп/1000 атомов С согласно настоящему изобретению. Метод ASTM D6248-98 предлагает возможное включение процедуры бромирования для метода ASTM D3124-98, но образцы согласно настоящему изобретению не подвергали бромированию. Авторами настоящего изобретения показано, что определение количества виниловых групп/1000 атомов С и *транс*-виниленовых групп/1000 атомов С может быть осуществлено без каких-либо существенных препятствий даже без вычитания спектров из бромированных образцов. Для определения коэффициента экстинкции для указанных двух типов двойных связей использовали следующие два соединения: 1-децен для винила и *транс*-4-децен для *транс*-винилена, и использовали способ, описанный в ASTM-D6248-98, с указанным выше исключением.

Общее количество виниловых связей, винилиденовых связей и *транс*-виниленовых двойных связей «полимера» анализировали с помощью ИК спектроскопии и выражали как количество виниловых связей, винилиденовых связей и *транс*-виниленовых связей на 1000 атомов углерода.

Кроме того, общее количество виниловых и *транс*-виниленовых двойных связей «композиции» с возможным увеличением количества двойных связей вследствие использованного ненасыщенного низкомолекулярного соединения (iii), также можно анализировать с помощью ИК спектроскопии, и результаты выражают как количество виниловых связей, винилиденовых связей и *транс*-виниленовых связей на 1000 атомов углерода.

Анализируемую композицию или полимер прессовали до тонких пленок толщиной 0,5-1,0 мм. Измеряли фактическую толщину. Анализ Фурье-ИК проводили на приборе Perkin Elmer Spectrum One. Записывали два скана с разрешением 4 см⁻¹.

Базовую линию строили от 980 см⁻¹ до примерно 840 см⁻¹. Высоту пиков определяли при примерно 910 см⁻¹ для винила и примерно 965 см⁻¹ для *транс*-винилена. Количество двойных связей/1000 атомов углерода рассчитывали по формулам:

$$\text{винил/1000 атомов С} = (14 \times \text{Abs}) / (13,13 \times L \times D)$$

$$\text{транс-винилен/1000 атомов С} = (14 \times \text{Abs}) / (15,14 \times L \times D)$$

где

Abs: поглощение (высота пика)

L: толщина пленки в мм

D: плотность материала (г/см³)

- 5 Молярный коэффициент экстинкции, ϵ , т.е. 13,13 и, 15,14, соответственно, в описанных выше расчетах определяли в единицах л•моль⁻¹•мм⁻¹ по уравнению:

$$\epsilon = \text{Abs} / (C \times L)$$

- 10 где Abs представляет собой максимальное поглощение, определенное по высоте пика, C представляет собой концентрацию (моль•л⁻¹), и L представляет собой толщину ячейки (мм).

- 15 Для полимеров с содержанием полярного сомономера >0,4% определение ненасыщенных групп может быть затруднено соседними пиками Фурье-ИК. Альтернативный подход к базовой линии может обеспечивать более точный расчет содержания ненасыщенных групп. Общая оценка мелких пиков вблизи более крупных пиков может приводить к получению заниженной оценки. Альтернативные положения базовой линии составляют 880 и 902 см⁻¹ для винила, 902 и 920 см⁻¹ для винилидена и 954 и 975 см⁻¹. Для более
20 высокого содержания ненасыщенных групп следует объединить базовые линии для винила и винилидена.

- Методы ASTM D3124-98 и ASTM D6248-98, с другой стороны, включают также способ определения молярного коэффициента экстинкции. Использовали по меньшей мере три
25 раствора с концентрацией 0,18 моль•л⁻¹ в диосульфиде углерода (CS₂) и использовали среднее значение для молярного коэффициента экстинкции.

- Количество виниловых групп, обусловленное полиненасыщенным сомономером, на 1000 атомов углерода определяли и рассчитывали следующим образом:
30 Анализируемый полимер и эталонный полимер получали в одном и том же реакторе, обычно с использованием одинаковых условий, т.е. одинаковых пиковых температур, давления и скорости производства, но лишь с тем единственным различием, что полиненасыщенный сомономер добавляли к анализируемому полимеру и не добавляли к эталонному полимеру. Общее количество виниловых групп в каждом полимере
35 определяли посредством измерений Фурье-ИК, как описано в данном документе. Затем

принимали, что базовое содержание виниловых групп, т.е. виниловых групп, образованных в результате осуществления процесса и из агентов передачи цепи, обеспечивающих образование виниловых групп (при их наличии), является одинаковым для эталонного полимера и для анализируемого полимера, с тем единственным исключением, что в анализируемом полимере присутствовал также полиненасыщенный сомономер, добавленный в реактор. Затем указанное базовое значение вычитали из измеренного количества виниловых групп в анализируемом полимере с получением количества виниловых групп/1000 атомов С, обусловленных полиненасыщенным сомономером.

Методы ASTM D3124-98 и ASTM D6248-98 включают процедуру калибровки для измерения содержания двойных связей из ненасыщенного низкомолекулярного соединения (iii), при его наличии (ниже упомянутого как «соединение»)

Молярный коэффициент экстинкции «соединения» (например, ускорителя сшивания или соединения-ингибитора преждевременной полимеризации, примеры которых приведены в данном описании) может быть определен с помощью указанных способов в соответствии с ASTM D6248-98. Получали по меньшей мере три раствора «соединения» в CS₂ (дисульфиде углерода). Использованные концентрации растворов были близки к 0,18 моль/л. Растворы анализировали с помощью Фурье-ИК и записывали спектры с разрешением 4 см⁻¹ в жидкой ячейке с длиной пути 0,1 мм. Измеряли максимальную интенсивность пика поглощения, которая относится к ненасыщенному фрагменту «соединения(ий)» (каждому из присутствующих типов двойных углерод-углеродных связей).

Молярный коэффициент экстинкции, ϵ , в л•моль⁻¹•мм⁻¹ для каждого раствора и типа двойной связи рассчитывают по следующему уравнению:

$$\epsilon = (1 / CL) \times Abs$$

C = концентрация каждого типа двойной углерод-углеродной связи, подлежащей измерению, моль/л

L = толщина ячейки, мм

Abs = максимальное поглощение (высота пика) пика каждого типа двойной углерод-углеродной связи, подлежащей измерению, моль/л.

Рассчитывают средний молярный коэффициент экстинкции, ϵ , для каждого типа двойной связи.

Затем можно использовать средний молярный коэффициент экстинкции, ϵ , для каждого типа двойной углерод-углеродной связи для расчета концентрации двойных связей в эталонном полимере и в анализируемых образцах полимеров.

Реология, динамический метод (определения вязкости) ISO 6721-1:

Динамические реологические свойства полимера, в данном случае полиэтилена, или полимерной композиции (также измеряемые на полиэтилене), можно определять с помощью реометра с регулируемым напряжением сдвига с использованием плоскопараллельной геометрии (диаметром 25 мм) и зазором между верхней и нижней пластинами 1,8 мм. Перед испытанием образцы необходимо стабилизировать посредством сухого перемешивания гранул вместе с 0,25-0,3% Irganox B225. Irganox B225 представляет собой смесь 50% Irganox 1010, пентаэритрит-тетраakis-(3-(3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидроксифенил)пропионата), CAS № 6683-19-8, и 50% Irgafos 168, трис(2,4-ди-*трет*-бутилфенил)фосфита, CAS № 31570-04-4. Следует отметить, что добавление антиоксиданта, в данном случае Irganox B225, не является стандартной процедурой для метода ISO 6721-1.

Прессование в форме осуществляют при следующих условиях: гранулы плавят в течение 2 минут при 190 °C при любом давлении, а затем при нагрузке 100 кг/см² в течение 2 минут. После прессования материал оставляют остывать до комнатной температуры, не сбрасывая давление, в течение 30 минут. Конечная толщина образцов составляет 1,8 мм.

Испытание с качанием частоты, т.е. испытание «Реология, динамический метод (определения вязкости)», осуществляли в соответствии со стандартным методом ISO, ISO 6721-1 с диапазоном угловой частоты от 500 до 0,02 рад/с. Все эксперименты проводили в атмосфере азота при постоянной температуре 190 °C и растяжении в линейной вязкоупругой области. Во время анализа записывали модуль накопления (G'), модуль потерь (G''), комплексный модуль (G^*) и комплексную вязкость (η^*) и наносили на график в зависимости от частоты (ω). Из испытания брали измеренные значения комплексной вязкости (η^*) при угловой частоте 0,05, 100 и 300 рад/с. Указанные параметры сокращенно обозначали $\eta_{0,05}^*$, η_{100}^* и η_{300}^* , соответственно.

Значение вязкости при нулевом сдвиге η^*_0 рассчитывали с помощью модели Карро-Яшида. Для тех случаев, в которых использование такой модели для оценки вязкости при нулевом сдвиге не рекомендуется, проводили испытание при вращательном сдвиге при нулевой скорости сдвига. Указанный тест ограничен диапазоном скорости сдвига от 0,001 до 1 с⁻¹ и температурой 190 °С.

Получение кабеля, т.е. кабельной жилы, т.е. кабеля, полученного с применением полиэтилена согласно настоящему изобретению, и кабеля сравнения.

Полимерные гранулы экспериментальных полимерных композиций, т.е. полимерной композиции, содержащейся в кабеле согласно настоящему изобретению, и полимерной композиции, содержащейся в кабеле сравнения, использовали для получения кабелей, т.е. кабельных жил, т.е. кабеля, полученного с применением полиэтилена согласно настоящему изобретению, и кабеля сравнения, на пилотной кабельной линии Maillefer, которая представляет собой цепную линию непрерывной вулканизации (CCV). Полимерные гранулы содержали полиэтилен, антиоксидант(ы) и сшивающий агент, в данном случае пероксид. Полученные кабели имели номинальную толщину изоляции 9,5 мм, полученную из полимерной композиции или сравнительной полимерной композиции, и внутренний полупроводящий слой толщиной 1,0 мм, а также внешний полупроводящий слой толщиной 1,0 мм. Провода кабельных жил из скрученного алюминия имели поперечное сечение 50 мм². Кабели, т.е. кабельные жилы, получали экструзией через тройную головку. Труба отверждения состояла из 4 зон (Z1, Z2, Z3 и Z4), и температура, используемая в каждой зоне для экструзии кабеля, была следующей: Z1=310°C, Z2=300°C, Z3=290°C и Z4=290°C. Полупроводящий материал, т.е. полупроводящая композиция, использованная в качестве материала для внутреннего и внешнего полупроводящего слоя, представляла собой LE0592 (доступный в продаже полупроводящий материал, поставляемый компанией Borealis).

Кабельные жилы получали при скорости линии 1,5 м/мин., если полимерные гранулы изоляционного слоя содержали дикумилпероксид (DCP) в качестве пероксида.

Для определения удлинения при тепловой деформации, т.е. для испытания методом определения тепловой деформации, брали образцы из середины изоляционного слоя кабельной жилы, т.е. из сшитого кабеля согласно настоящему изобретению, а также из сшитого кабеля сравнения. На образец экспериментального материала в форме гантели

толщиной 1 мм, т.е. на образец для определения удлинения при тепловой деформации прикрепляли груз массой, соответствующей 20 Н/см².

Метод тепловой деформации, использованный для образца кабеля, т.е. кабельной жилы, т.е. кабеля, полученного с применением полиэтилена согласно настоящему изобретению, и кабеля сравнения

Удлинение при тепловой деформации, а также постоянную деформацию определяли на образцах, взятых из середины изоляционного слоя кабельной жилы, т.е. слоя(ев) из сшитого кабеля согласно настоящему изобретению, а также из сшитого кабеля сравнения, полученного так, как описано в данном документе в разделе «Получение кабельной жилы». Указанные свойства определяли в соответствии с ИЕС 60811-507:2012. В испытании при тепловой деформации на образец в форме гантели, т.е. на образец экспериментального материала прикрепляли груз массой, соответствующей 20 Н/см².

Сначала все образцы маркировали контрольными линиями. Посередине каждого образца делали две контрольные линии (по одной на каждой стороне). Расстояние между двумя линиями, L₀, составляло 20 мм. Образец материала помещали в печь при 200 °С с массой, соответствующей 20 Н/см², и через 15 минут измеряли удлинение при тепловой деформации следующим образом. Измеряли расстояние между контрольными линиями через 15 минут при 200 °С, обозначенное L₁. Затем рассчитывали удлинение за 15 следующим образом: удлинение при тепловой деформации (%) = ((L₁*100)/L₀)-100. Затем снимали груз и оставляли образец восстанавливаться в течение 5 минут при 200 °С. Затем образец материала вынимали из печи и охлаждали до комнатной температуры. После охлаждения измеряли расстояние L₂ между двумя контрольными линиями и рассчитывали постоянную деформацию следующим образом: постоянная деформация (%) = ((L₂*100)/L₀)-100.

Образцы в форме гантели, т.е. образцы материала брали из середины изоляционного слоя кабельной жилы в соответствии с ИЕС 60811-501:2012, и их толщина составляла 1 мм.

Оценка стойкости к провисанию кабеля, т.е. кабельной жилы, т.е. кабеля, полученного с применением полиэтилена согласно настоящему изобретению, и кабеля сравнения – кабель получали так, как описано в данном документе в разделе «Получение кабеля»

Кабельную жилу разрезали на куски меньшего размера с помощью ленточной пилы и извлекали провод. Затем разрезали образец кабельной жилы на кусочки толщиной

примерно 0,5 мм, и измеряли толщину изоляционного слоя с помощью микроскопа. Определяли ту часть изоляционного слоя, которая имеет наибольшее различие между самой толстой и самой тонкой частями, и использовали ее в качестве величины стойкости к провисанию.

5

Экспериментальная часть

Примеры

10

Полиэтилены представляли собой полиэтилены низкой плотности, полимеризованные при высоком давлении в трубчатом реакторе непрерывного действия.

15

Пример согласно изобретению 1: Полимер 1, т.е. полиэтилен согласно настоящему изобретению, т.е. полимер поли(этилен-со-1,7-октадиен), содержащий 0,71 виниловых групп/1000 атомов углерода (C), плотность = 922,3 кг/м³, ПТР₂ = 0,68 г/10 мин.)

20

Этилен с рециркулированным СТА сжимали в 5-ступенчатом компрессоре предварительного сжатия и в 2-ступенчатом гиперкомпрессоре с промежуточным охлаждением до достижения исходного давления реакции около 2900 бар. Общая мощность компрессора составляла около 30 тонн/час. В зоне компрессора добавляли примерно 1,2 кг/час пропиональдегида (РА, CAS номер: 123-38-6) и примерно 87 кг пропилена/час в качестве агентов передачи цепи для сохранения ПТР₂ 0,68 г/10 мин. В данном случае в реактор добавляли также 1,7-октадиен в количестве 56 кг/ч. Сжатую смесь нагревали до 164 °С в секции предварительного нагревания трехзонного трубчатого реактора с передней загрузкой, имеющего внутренний диаметр около 40 мм и общую

длину 1200 метров. Смесь доступных в продаже пероксидных радикальных инициаторов, растворенных в изододекане, вводили сразу после предварительного нагревателя в количестве, достаточном для того, чтобы температура экзотермической реакции полимеризации достигла примерно 277 °С, после чего смесь охлаждали примерно до 206 °С. Следующие температуры 2^{ого} и 3^{его} пика составляли 270 °С и 249 °С, соответственно, с промежуточным охлаждением до 217 °С. Давление реакционной смеси сбрасывали с помощью спускного клапана, охлаждали и отделяли полученный полимер 1 от непрореагировавшего газа.

30

Пример согласно изобретению 2: Полимер 2, т.е. полиэтилен согласно настоящему изобретению, т.е. полимер поли(этилен-со-1,7-октадиен), содержащий 1,28 виниловых групп/1000 С, плотность = 923,5 кг/м³, ПТР₂ = 0,80 г/10 мин.)

5 Этилен с рециркулированным СТА сжимали в 5-ступенчатом компрессоре предварительного сжатия и в 2-ступенчатом гиперкомпрессоре с промежуточным охлаждением до достижения исходного давления реакции около 2800 бар. Общая мощность компрессора составляла около 30 тонн/час. В зоне компрессора добавляли примерно 2,2 кг/час пропиональдегида (РА, CAS номер: 123-38-6) и примерно 41 кг
10 пропилена/час в качестве агентов передачи цепи для сохранения ПТР₂ 0,8 г/10 мин. В данном случае в реактор добавляли также 1,7-октадиен в количестве 114 кг/ч. Сжатую смесь нагревали до 159 °С в секции предварительного нагревания трехзонного трубчатого реактора с передней загрузкой, имеющего внутренний диаметр около 40 мм и общую длину 1200 метров. Смесь доступных в продаже пероксидных радикальных инициаторов,
15 растворенных в изододекане, вводили сразу после предварительного нагревателя в количестве, достаточном для того, чтобы температура экзотермической реакции полимеризации достигла примерно 269 °С, после чего смесь охлаждали примерно до 213 °С. Следующие температуры 2^{ого} и 3^{его} пика составляли 262 °С и 234 °С, соответственно, с промежуточным охлаждением до 210 °С. Давление реакционной смеси сбрасывали с
20 помощью спускного клапана, охлаждали и отделяли полученный полимер 2 от непрореагировавшего газа.

Пример согласно изобретению 3: Полимер 3, т.е. полиэтилен согласно настоящему изобретению, т.е. полимер поли(этилен-со-1,7-октадиен), содержащий 1,36 виниловых
25 групп/1000 С, плотность = 922,4 кг/м³, ПТР₂ = 1,13 г/10 мин.)

Этилен с рециркулированным СТА сжимали в 5-ступенчатом компрессоре предварительного сжатия и в 2-ступенчатом гиперкомпрессоре с промежуточным охлаждением до достижения исходного давления реакции около 2800 бар. Общая
30 мощность компрессора составляла около 30 тонн/час. В зоне компрессора добавляли примерно 0,3 кг/час пропиональдегида (РА, CAS номер: 123-38-6) и примерно 43 кг пропилена/час в качестве агентов передачи цепи для сохранения ПТР₂ 1,13 г/10 мин. В данном случае в реактор добавляли также 1,7-октадиен в количестве 132 кг/ч. Сжатую смесь нагревали до 155 °С в секции предварительного нагревания трехзонного трубчатого
35 реактора с передней загрузкой, имеющего внутренний диаметр около 40 мм и общую

длину 1200 метров. Смесь доступных в продаже пероксидных радикальных инициаторов, растворенных в изододекане, вводили сразу после предварительного нагревателя в количестве, достаточном для того, чтобы температура экзотермической реакции полимеризации достигла примерно 279 °С, после чего смесь охлаждали примерно до 206 °С. Следующие температуры 2^{ого} и 3^{его} пика составляли 272 °С и 245 °С, соответственно, с промежуточным охлаждением до 217 °С. Давление реакционной смеси сбрасывали с помощью спускного клапана, охлаждали и отделяли полученный полимер 3 от непрореагировавшего газа.

10 Пример согласно изобретению 4: Полимер 4, т.е. полиэтилен согласно настоящему изобретению, т.е. полимер поли(этилен-со-1,7-октадиен), содержащий 0,89 виниловых групп/1000 С, плотность = 923,7 кг/м³, ПТР₂ = 0,92 г/10 мин.)

15 Этилен с рециркулированным СТА сжимали в 5-ступенчатом компрессоре предварительного сжатия и в 2-ступенчатом гиперкомпрессоре с промежуточным охлаждением до достижения исходного давления реакции около 2800 бар. Общая мощность компрессора составляла около 30 тонн/час. В зоне компрессора добавляли примерно 3,8 кг/час пропиональдегида (РА, CAS номер: 123-38-6) в качестве агента передачи цепи для сохранения ПТР₂ 0,92 г/10 мин. В данном случае в реактор добавляли также 1,7-октадиен в количестве 89 кг/ч. Сжатую смесь нагревали до 162 °С в секции предварительного нагревания трехзонного трубчатого реактора с передней загрузкой, имеющего внутренний диаметр около 40 мм и общую длину 1200 метров. Смесь доступных в продаже пероксидных радикальных инициаторов, растворенных в изододекане, вводили сразу после предварительного нагревателя в количестве, достаточном для того, чтобы температура экзотермической реакции полимеризации достигла примерно 286 °С, после чего смесь охлаждали примерно до 231 °С. Следующие температуры 2^{ого} и 3^{его} пика составляли 274 °С и 248 °С, соответственно, с промежуточным охлаждением до 222 °С. Давление реакционной смеси сбрасывали с помощью спускного клапана, охлаждали и отделяли полученный полимер 4 от непрореагировавшего газа.

Пример согласно изобретению 5: Полимер 5, т.е. полиэтилен согласно настоящему изобретению, т.е. полимер поли(этилен-со-1,7-октадиен), содержащий 1,33 виниловых групп/1000 С, плотность = 924,3 кг/м³, ПТР₂ = 0,94 г/10 мин.)

Этилен с рециркулированным СТА сжимали в 5-ступенчатом компрессоре предварительного сжатия и в 2-ступенчатом гиперкомпрессоре с промежуточным охлаждением до достижения исходного давления реакции около 2800 бар. Общая мощность компрессора составляла около 30 тонн/час. В зоне компрессора добавляли примерно 2,3 кг/час пропиональдегида (РА, CAS номер: 123-38-6) в качестве агента передачи цепи для сохранения ПТР₂ 0,94 г/10 мин. В данном случае в реактор добавляли также 1,7-октадиен в количестве 144 кг/ч. Сжатую смесь нагревали до 160 °С в секции предварительного нагревания трехзонного трубчатого реактора с передней загрузкой, имеющего внутренний диаметр около 40 мм и общую длину 1200 метров. Смесь доступных в продаже пероксидных радикальных инициаторов, растворенных в изододекане, вводили сразу после предварительного нагревателя в количестве, достаточном для того, чтобы температура экзотермической реакции полимеризации достигла примерно 274 °С, после чего смесь охлаждали примерно до 207 °С. Следующие температуры 2^{ого} и 3^{его} пика составляли 257 °С и 227 °С, соответственно, с промежуточным охлаждением до 211 °С. Давление реакционной смеси сбрасывали с помощью спускного клапана, охлаждали и отделяли полученный полимер 5 от непрореагировавшего газа.

Пример согласно изобретению 6: Полимер 6, т.е. полиэтилен согласно настоящему изобретению, т.е. полимер поли(этилен-со-1,7-октадиен), содержащий 1,34 виниловых групп/1000 С, плотность = 924,9 кг/м³, ПТР₂ = 1,46 г/10 мин.)

Этилен с рециркулированным СТА сжимали в 5-ступенчатом компрессоре предварительного сжатия и в 2-ступенчатом гиперкомпрессоре с промежуточным охлаждением до достижения исходного давления реакции около 2800 бар. Общая мощность компрессора составляла около 30 тонн/час. В зоне компрессора добавляли примерно 3,9 кг/час пропиональдегида (РА, CAS номер: 123-38-6) в качестве агента передачи цепи для сохранения ПТР₂ 1,46 г/10 мин. В данном случае в реактор добавляли также 1,7-октадиен в количестве 148 кг/ч. Сжатую смесь нагревали до 159 °С в секции предварительного нагревания трехзонного трубчатого реактора с передней загрузкой, имеющего внутренний диаметр около 40 мм и общую длину 1200 метров. Смесь доступных в продаже пероксидных радикальных инициаторов, растворенных в изододекане, вводили сразу после предварительного нагревателя в количестве, достаточном для того, чтобы температура экзотермической реакции полимеризации

достигла примерно 273 °С, после чего смесь охлаждали примерно до 207 °С. Следующие температуры 2^{ого} и 3^{его} пика составляли 257 °С и 226 °С, соответственно, с промежуточным охлаждением до 209 °С. Давление реакционной смеси сбрасывали с помощью спускного клапана, охлаждали и отделяли полученный полимер 6 от непрореагировавшего газа.

Сравнительный пример 1: Сравнительный пример 1: Сравнительный полимер 1, т.е. полиэтиленовый полимер, содержащий 0,29 виниловых групп/1000 С, плотность = не измеряли, ПТР₂ = 0,78 г/10 мин.

Этилен с рециркулированным СТА сжимали в 5-ступенчатом компрессоре предварительного сжатия и в 2-ступенчатом гиперкомпрессоре с промежуточным охлаждением до достижения исходного давления реакции около 2600 бар. Общая мощность компрессора составляла около 30 тонн/час. В зоне компрессора добавляли примерно 3,6 кг/час пропиональдегида (РА, CAS номер: 123-38-6) и примерно 91 кг пропилена/час в качестве агентов передачи цепи для сохранения ПТР₂ 0,78 г/10 мин. Сжатую смесь нагревали до 166 °С в секции предварительного нагрева трехзонного трубчатого реактора с передней загрузкой, имеющего внутренний диаметр около 40 мм и общую длину 1200 метров. Смесь доступных в продаже пероксидных радикальных инициаторов, растворенных в изододекане, вводили сразу после предварительного нагревателя в количестве, достаточном для того, чтобы температура экзотермической реакции полимеризации достигла примерно 279 °С, после чего смесь охлаждали примерно до 227 °С. Следующие температуры 2^{ого} и 3^{его} пика составляли 273 °С и 265 °С, соответственно, с промежуточным охлаждением до 229 °С. Давление реакционной смеси сбрасывали с помощью спускного клапана, охлаждали и отделяли полученный сравнительный полимер 1 от непрореагировавшего газа.

Сравнительный пример 2: Сравнительный пример 2: Сравнительный полимер 1, т.е. полиэтиленовый полимер, содержащий 0,37 виниловых групп/1000 С, плотность = не измеряли, ПТР₂ = 2,07 г/10 мин.

Этилен с рециркулированным СТА сжимали в 5-ступенчатом компрессоре предварительного сжатия и в 2-ступенчатом гиперкомпрессоре с промежуточным охлаждением до достижения исходного давления реакции около 2600 бар. Общая мощность компрессора составляла около 30 тонн/час. В зоне компрессора добавляли примерно 4 кг/час пропиональдегида (РА, CAS номер: 123-38-6) и примерно 119 кг

пропилена/час в качестве агентов передачи цепи для сохранения ПТР₂ 2,07 г/10 мин. Сжатую смесь нагревали до 166 °С в секции предварительного нагревания трехзонного трубчатого реактора с передней загрузкой, имеющего внутренний диаметр около 40 мм и общую длину 1200 метров. Смесь доступных в продаже пероксидных радикальных инициаторов, растворенных в изододекане, вводили сразу после предварительного нагревателя в количестве, достаточном для того, чтобы температура экзотермической реакции полимеризации достигла примерно 276 °С, после чего смесь охлаждали примерно до 221 °С. Следующие температуры 2^{ого} и 3^{его} пика составляли 271 °С и 261 °С, соответственно, с промежуточным охлаждением до 225 °С. Давление реакционной смеси сбрасывали с помощью спускного клапана, охлаждали и отделяли полученный сравнительный полимер 2 от непрореагировавшего газа.

Сравнительный пример 3: Сравнительный полимер 3, т.е. полиэтиленовый полимер, содержащий 0,33 виниловых групп/1000 С, ПТР₂ = 2,00 г/10 мин.

Этилен с рециркулированным СТА сжимали в 5-ступенчатом компрессоре предварительного сжатия и в 2-ступенчатом гиперкомпрессоре с промежуточным охлаждением до достижения исходного давления реакции около 2800 бар. Общая мощность компрессора составляла около 30 тонн/час. В зоне компрессора добавляли примерно 3,8 кг/час пропиональдегида (РА, CAS номер: 123-38-6) и примерно 116 кг пропилена/час в качестве агентов передачи цепи для сохранения ПТР₂ 2,00 г/10 мин. Сжатую смесь нагревали до 169 °С в секции предварительного нагревания трехзонного трубчатого реактора с передней загрузкой, имеющего внутренний диаметр около 40 мм и общую длину 1200 метров. Смесь доступных в продаже пероксидных радикальных инициаторов, растворенных в изододекане, вводили сразу после предварительного нагревателя в количестве, достаточном для того, чтобы температура экзотермической реакции полимеризации достигла примерно 285 °С, после чего смесь охлаждали примерно до 218 °С. Следующие температуры 2^{ого} и 3^{его} пика составляли 285 °С и 259 °С, соответственно, с промежуточным охлаждением до 230 °С. Давление реакционной смеси сбрасывали с помощью спускного клапана, охлаждали и отделяли полученный сравнительный полимер 3 от непрореагировавшего газа.

Характеристики представлены в таблице 1 и в таблице 2

Таблица 1

	Полимер	ПТР₂ (г/10 мин.)	η^*_{0} (Па.с)	$\eta^*_{0,05}$ (Па.с)	η^*_{300} (Па.с)
Пример по изобретению 1	Полимер 1	0,68	47270	22290	337
Пример по изобретению 2	Полимер 2	0,80	42875	20345	338
Пример по изобретению 3	Полимер 3	1,13	31305	16305	292
Пример по изобретению 4	Полимер 4	0,92	41855	19985	321
Пример по изобретению 5	Полимер 5	0,94	39200	18715	316
Пример по изобретению 6	Полимер 6	1,46	20670	12675	288
Сравнительный пример 1	Сравнительный полимер 1	0,78	30860	20140	378
Сравнительный пример 2	Сравнительный полимер 2	2,07	8767	7614,5	300
Сравнительный пример 3	Сравнительный полимер г 3	2,00	9097	7809	289

Таблица 2

Материал	Винил/1000 С	Винилиден/1000 С	<i>Транс-винил</i>ен/1000 С
Пример по изобретению 1	0,71	0,17	0,08
Пример по изобретению 2	1,28	0,15	0,12
Пример по изобретению 3	1,36	0,18	0,14
Пример по изобретению 4	0,89	0,19	0,10
Пример по	1,33	0,17	0,14

изобретению 5			
Пример по изобретению 6	1,34	0,17	0,14
Сравнительный пример 1	0,29	0,17	0,04
Сравнительный пример 2	0,37	0,17	0,04
Сравнительный пример 3	0,33	0,18	0,04

Полимерная композиция

Получали и сравнивали рецептуры, т.е. полимерные композиции, из которых получали слой(и), например, изоляционный слой, содержащийся в кабеле согласно настоящему изобретению, с использованием полиэтилена согласно настоящему изобретению, сшивающего агента и антиоксиданта, которые добавляли так, как описано в настоящем документе, а также сравнительные примеры. В полиэтилен согласно настоящему изобретению и в сравнительные полиэтилены добавляли одинаковое количество антиоксиданта, CAS номер 96-69-5 (4,4'-тиобис(2-трет-бутил-5-метилфенол)).

Сшивающий агент добавляли в полиэтилен посредством распределения сшивающего агента (сшивающий агент был в жидкой форме) при 70 °C на гранулах полиэтилена. Смоченные гранулы выдерживали при 80 °C до высыхания гранул. Количество сшивающего агента, например, пероксида, выбирали для каждого полимера, т.е. для «Примеров кабеля согласно изобретению» 1-2 и для «Примеров кабеля сравнения» 1-2, так что была достигнута примерно одинаковая степень сшивания, измеренная способом измерения при тепловой деформации (с нагрузкой 20 Н/см²).

Таблица 3

		Пример кабеля по изобретению 1	Пример кабеля по изобретению 2	Пример кабеля сравнения 1	Пример кабеля сравнения 2
Полимер		Полимер по изобретению 5	Полимер по изобретению 4	Сравнительный полимер 3	Сравнительный полимер 1
ПТР ₂	г/10 мин.	0,94	0,92	2,00	0,78
Винил		1,33	0,89	0,33	0,29
Содержание 4,4'-тиобис(2-трет-бутил-5-метилфенола)	% масс.	0,2	0,2	0,2	0,2
Содержание DCP	% масс.	0,75	1	1,8	1,95

Стойкость к провисанию					
Средняя толщина изоляции	мм	9,5	9,6	9,6	9,6
Разность, max-min	мм	0,9	1,1	2,0	1,1
max/min	-	1,10	1,12	1,24	1,12
Удлинение при тепловой деформации	%	43,2	38,9	58,1	42,4
Постоянная тепловая деформация	%	-3,2	-3,3	-2,3	-2,9

Полиэтилен согласно настоящему изобретению, как показано в примерах согласно изобретению 1-6 (см. таблицы 1 и 2), а также в примерах кабеля 1-2 согласно изобретению (см. таблицу 3), **по сравнению с другими полиэтиленами, имеющими такую же вязкость в условиях переработки**, представленную комплексной вязкостью (η^*) при 300 рад/с, как показано в сравнительных примерах 2-3 (см. таблицы 1 и 2), а также в сравнительном примере кабеля 1 (см. таблицу 3), **демонстрирует одновременно**

улучшенную стойкость к провисанию, представленную комплексной вязкостью (η^*) при 0,05 рад/с (см. таблицу 1) и «Разность стойкости к провисанию, max-min) (см. таблицу 3), **а также**

улучшенную степень поперечного сшивания, представленную «Удлинением при тепловой деформации» (см. таблицу 3).

Кроме того, полиэтилен согласно настоящему изобретению, как показано в примерах согласно изобретению 1-6 (см. таблицы 1 и 2), а также в примерах кабеля 1-2 согласно изобретению (см. таблицу 3), **даже по сравнению с другими полиэтиленами, имеющими такую же стойкость к провисанию**, также представленную комплексной вязкостью (η^*) при 0,05 рад/с (см. таблицу 1) и «Разностью стойкости к провисанию, max-min) (см. таблицу 3), как показано для сравнительного полимера 1 (см. таблицы 1 и 2) и в сравнительном примере кабеля 2 (см. таблицу 3), **также демонстрирует**

улучшенную вязкость в условиях переработки, представленную комплексной вязкостью (η^*) при 300 рад/с, **а также**

аналогичную степень поперечного сшивания, представленную «Удлинением при тепловой деформации» (см. таблицу 3).

Таким образом, **полиэтилен согласно настоящему изобретению**, в соответствии с описанием, представленным в настоящем документе, **неожиданно сочетает в одном полимере**, т.е. в полиэтилене согласно настоящему изобретению:

хорошую технологичность (например, высокую текучесть), т.е. вязкость в условиях переработки, в данном документе представленную комплексной вязкостью (η^*) при 300 рад/с, которая **обычно ассоциируется только с полимерами, имеющими сравнительно более высокое значение ПТР₂**, с

превосходной стойкостью к провисанию, в данном документе представленную комплексной вязкостью (η^*) при 0,05 рад/с и «Разностью стойкости к провисанию, max-min), которая **обычно ассоциируется только с полимерами, имеющими сравнительно более низкое значение ПТР₂**.

Кроме того, **полиэтилен согласно настоящему изобретению** неожиданно демонстрирует **улучшенную степень поперечного сшивания**, представленную «Удлинением при тепловой деформации», **по сравнению с другими полиэтиленами, имеющими сравнительно более высокое значение ПТР₂**.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

1. Полиэтилен, характеризующийся тем, что указанный полиэтилен содержит общее количество виниловых групп, представляющее собой значение **В** виниловых групп на 1000 атомов углерода, и $\mathbf{B_1} \leq \mathbf{B}$, где **В₁** равен 0,30, измеренное в соответствии с методом ASTM D6248-98; и имеет комплексную вязкость (η^*) при 0,05 рад/с, которая представляет собой **Х**, Па.с, и $\mathbf{X_1} \leq \mathbf{X} \leq \mathbf{X_2}$, где **Х₁** равен 10000, и **Х₂** равен 30000; и комплексную вязкость (η^*) при 300 рад/с, представляющую собой значение **У**, Па.с, и $\mathbf{Y_1} \leq \mathbf{Y} \leq \mathbf{Y_2}$, где **У₁** равен 5, и **У₂** равен 350, причем обе комплексные вязкости (η^*) определяют в соответствии с методом ISO 6721-1 на стабилизированных образцах полиэтилена.
2. Полиэтилен по п. 1, имеющий показатель текучести расплава при нагрузке 2,16 кг (ПТР₂), где указанный ПТР₂ представляет собой значение **А**, г/10 мин., и $\mathbf{A_1} \leq \mathbf{A} \leq \mathbf{A_2}$; где **А₁** равен 0,05, и **А₂** равен 1,70, при измерении в соответствии с методом ISO 1133-1:2011.
3. Полиэтилен по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что **Х₁** равен 12000, и/или **Х₂** равен 28000.
4. Полиэтилен по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что **У₁** равен 50, и/или **У₂** равен 345.
5. Полиэтилен по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что **Х₁** равен 15000, и/или **У₁** равен 150.
6. Полиэтилен по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что **Х₁** равен 15500, и **Х₂** равен 24000, и при этом **У₁** равен 250, и/или **У₂** равен 330.
7. Полиэтилен по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что **Х₁** равен 16000, **Х₂** равен 24000, **У₁** равен 250, и/или **У₂** равен 330.
8. Полиэтилен по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что указанный полиэтилен представляет собой ненасыщенный полимер ПЭНП.

9. Полиэтилен по любому из предшествующих пунктов, представляющий собой сополимер мономера с по меньшей мере одним полиненасыщенным сомономером и с нулевым количеством, одним или более другими сомономерами, и при этом указанное общее количество виниловых групп (**B**), присутствующих в полимерной композиции, включает виниловые группы, обусловленные указанным по меньшей мере одним полиненасыщенным сомономером, например, диеном.
10. Полиэтилен по любому из предшествующих пунктов, представляющий собой сополимер мономера с по меньшей мере одним полиненасыщенным сомономером, причем указанный полиненасыщенный сомономер представляет собой неразветвленную углеродную цепь, содержащую по меньшей мере 8 атомов углерода и по меньшей мере 4 атома углерода между несопряженными двойными связями, из которых по меньшей мере одна является концевой, например, с $C_8 - C_{14}$ несопряженный диен, например, выбранный из 1,7-октадиена, 1,9-декадиена, 1,11-додекадиена, 1,13-тетрадекадиена или их смесей.
11. Полиэтилен по любому из предшествующих пунктов, представляющий собой сополимер этилена и 1,7-октадиена.
12. Полиэтилен по любому из предшествующих пунктов, представляющий собой ненасыщенный гомополимер или сополимер полиэтилена низкой плотности (ПЭНП), например, сополимер ПЭНП этилена с одним или более полиненасыщенными сомономерами и с нулевым количеством, одним или более другими сомономерами.
13. Полиэтилен по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что **B**₁ равен 0,35, 0,40 или 0,45.
14. Полиэтилен по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что **B** ≤ **B**₂, и **B**₂ равен 3,0.
15. Полиэтилен по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что указанный полиэтилен одновременно удовлетворяет следующим:
- $B_1 \leq B \leq B_2$, где **B**₁ равен 0,30, и **B**₂ равен 1,5;
- $X_1 \leq X \leq X_2$, где **X**₁ равен 16000, и **X**₂ равен 24000; и
- $Y_1 \leq Y \leq Y_2$, где **Y**₁ равен 250, и **Y**₂ равен 330.

16. Полимерная композиция, которая является сшиваемой или сшитой, причем указанная полимерная композиция содержит или получена из полиэтилена по любому из предшествующих пунктов.

5 17. Изделие, полученное способом, включающим применение полиэтилена по любому из пп. 1-15 или из полимерной композиции по п. 16, причем указанное изделие представляет собой, например, кабель, например, кабельный слой.

10 18. Изделие по п. 17, представляющее собой силовой кабель, например, слой силового кабеля.

19. Способ получения полиэтилена по любому из пп. 1-15 или способ получения полимерной композиции по п. 16.

15 20. Способ получения изделия по п. 17 или 18, включающий применение полиэтилена по любому из пп. 1-15 или полимерной композиции по п. 16.

21. Способ по п. 20, отличающийся тем, что указанное изделие представляет собой силовой кабель, и указанный способ включает стадии:

- 20 а₀) смешивания в расплаве полиэтилена, описанного в любом из пп. 1-15, или полимерной композиции, описанной в п. 16, необязательно вместе с дополнительными компонентами;
- а) нанесения расплавленной смеси, полученной на стадии а₀), на проводник с получением по меньшей мере одного слоя.

25 22. Способ по п. 21, отличающийся тем, что указанное изделие представляет собой сшитый силовой кабель, и указанный способ дополнительно включает стадию:

- б) сшивания по меньшей мере одного слоя кабеля, полученного на стадии а).