

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **047417**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2024.07.18**

(21) Номер заявки  
**202292975**

(22) Дата подачи заявки  
**2021.04.15**

(51) Int. Cl. **C08F 279/02 (2006.01)**  
**C08F 2/01 (2006.01)**  
**B01J 19/18 (2006.01)**

---

(54) **СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЫСОКОУДАРОПРОЧНОГО ПОЛИСТИРОЛА,  
ИМЕЮЩЕГО УЛУЧШЕННУЮ МОРФОЛОГИЮ КАУЧУКА**

---

(31) **63/010,498**

(32) **2020.04.15**

(33) **US**

(43) **2023.01.31**

(86) **PCT/US2021/027468**

(87) **WO 2021/211832 2021.10.21**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ФИНА ТЕКНОЛОДЖИ, ИНК. (US)**

(72) Изобретатель:  
**Де Анда Карлос, Тримино Джованни,  
Стайлс Брэдли, Соса Хосе (US)**

(74) Представитель:  
**Мягкова Е.Н. (RU)**

(56) **US-A-3660535**  
**GB-A-1228495**  
**JP-A-H07173231**  
**JP-A-H04366116**  
**US-A-5189095**  
**US-A1-2012277375**

---

(57) Способ изготовления высокоударопрочного полистирола, включающий введение в реактор частично полимеризованной смеси, содержащей по меньшей мере один винилароматический мономер, эластомер и прореагировавший винилароматический мономер, причем в частично полимеризованной смеси не происходила фазовая инверсия; полимеризацию частично полимеризованной смеси в реакторе до точки фазовой инверсии с образованием смеси с фазовой инверсией; извлечение части смеси с фазовой инверсией из реактора, причем смесь с фазовой инверсией содержит высокоударопрочный полистирол; и введение другой части смеси с фазовой инверсией в другой реактор.

**047417**

**B1**

**047417**  
**B1**

Область техники, к которой относится настоящее изобретение Настоящее изобретение относится, в общем, к изготовлению высокоударопрочного полистирола и, более конкретно, к изготовлению высокоударопрочного полистирола, имеющего улучшенную морфологию каучука.

#### **Уровень техники**

Армированные эластомерами полимеры моновинилиденароматических соединений, таких как стирол, альфа-метилстирол и замещенный в кольце стирол, нашли широкое промышленное применение. Например, армированные эластомерами полимеры стирола, содержащие дискретные частицы шитого эластомера, диспергированные в объеме матрицы полимера стирола, могут оказываться пригодными для использования в разнообразных приложениях, в том числе таких, как пищевые упаковки, канцелярские принадлежности, вывески торговых учреждений и демонстрационные устройства, хозяйственные принадлежности и потребительские изделия, строительные изоляционные материалы и упаковки для косметических изделий. Такие армированные эластомерами полимеры обычно называются термином "высокоударопрочный полистирол" (HIPS).

Механические свойства HIPS и, таким образом, его потенциальные приложения в значительной степени зависят от частиц эластомера (каучука), имеющих желательную морфологическую структуру. В настоящем документе известные в технике термины "эластомер" и "каучук" используются взаимозаменяемым образом. Например, нежелательную смешанную морфологию может характеризовать широкое распределение по размерам частиц каучука в составе HIPS, имеющего значительное содержание мелких частиц каучука, средний диаметр которых составляет менее чем 1 мкм. Мелкие частицы каучука, имеющие смешанную морфологию, такую как морфологию нити или лабиринта, могут ограничивать возможности применения каучука. Кроме того, HIPS с морфологией, которую характеризует присутствие мелких частиц каучука, как правило, проявляет неудовлетворительные упругие свойства с низкими значениями процентного удлинения при разрыве. Таким образом, существует потребность в способе изготовления HIPS с улучшенной морфологией каучука, которую характеризует узкое распределение по размерам частиц каучука.

#### **Сущность изобретения**

В настоящем документе раскрыт способ изготовления высокоударопрочного полистирола, включающий введение в реактор частично полимеризованной смеси, содержащей по меньшей мере один винилароматический мономер, эластомер и прореагировавший винилароматический мономер, причем в частично полимеризованной смеси не происходила фазовая инверсия; полимеризацию частично полимеризованной смеси в реакторе до точки фазовой инверсии с образованием смеси с фазовой инверсией; извлечение части смеси с фазовой инверсией из реактора, причем смесь с фазовой инверсией содержит высокоударопрочный полистирол; и введение другой части смеси с фазовой инверсией в другой реактор.

Кроме того, в настоящем документе раскрыт способ изготовления высокоударопрочного полистирола, включающий введение в первый реактор частично полимеризованной смеси, содержащей по меньшей мере один винилароматический мономер, эластомер и прореагировавший винилароматический мономер, причем в частично полимеризованной смеси не происходила фазовая инверсия; полимеризация частично полимеризованной смеси в первом реакторе до точки фазовой инверсии с образованием смеси с фазовой инверсией; введение во второй реактор части смеси с фазовой инверсией из первого реактора, причем второй реактор расположен ниже по потоку относительно первого реактора, и извлечение другой части смеси с фазовой инверсией, причем извлеченная другая часть смеси с фазовой инверсией содержит высокоударопрочный полистирол.

Кроме того, в настоящем документе раскрыта производящая высокоударопрочный полистирол реакторная система, содержащая первый резервуарный реактор с непрерывным перемешиванием, имеющий (a) впуск, выполненный с возможностью приема (i) по меньшей мере одного винилароматического мономера, (ii) эластомера и (iii) инициатора свободнорадикальной полимеризации, и (b) выпуск, выполненный с возможностью транспортировки выходящего потока из первого реактора; второй резервуарный реактор с непрерывным перемешиванием, имеющий (a) впуск в сообщении с возможностью переноса текучей среды с выпуском первого резервуарного реактора с непрерывным перемешиванием и выполненный с возможностью приема (i) части выходящего потока первого реактора из первого резервуарного реактора с непрерывным перемешиванием, (ii) по меньшей мере одного винилароматического мономера, (iii) эластомера и (iv) инициатора свободнорадикальной полимеризации и (b) выпуск, выполненный с возможностью транспортировки части выходящего потока из второго реактора, содержащего высокоударопрочный полистирол; и (c) трубопровод для установления рециркуляционного потока между вторым реактором и первым реактором, причем рециркуляционный поток содержит другую часть выходящего потока из второго реактора.

Выше представлены лишь наиболее широкие признаки и технические преимущества раскрытого в настоящем документе изобретения в целях возможности лучшего понимания подробного описания, которое приведено ниже. Далее в настоящем документе будут описаны дополнительные признаки и преимущества раскрытого изобретения, которые составляют объект формулы настоящего изобретения. Для специалистов в данной области техники должно быть понятным, что описанная концепция и конкретные аспекты могут быть легко использованы в качестве основы для модификации или проектирования дру-

гих конструкций для достижения таких же целей заявленного в настоящем документе изобретения. Кроме того, для специалистов в данной области техники должно быть понятным, что такие эквивалентные конструкции не отклоняются от идеи не выходят за пределы объема заявленного в настоящем документе изобретения, которое определено в прилагаемой формуле изобретения.

#### Краткое описание чертежей

Для подробного описания аспектов раскрытого в настоящем документе изобретения далее рассмотрим следующие сопровождающие фигуры.

На фиг. 1 представлена иллюстрация реакция полимеризации с образованием HIPS.

На фиг. 2 схематически представлена реакторная система для полимеризации.

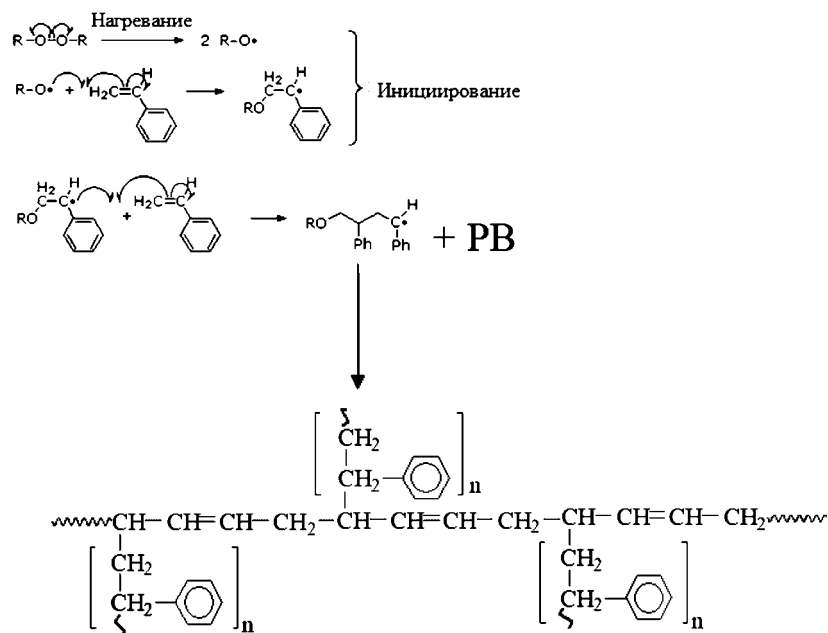
На фиг. 3 и 4 представлены полученные методом сканирующей просвечивающей электронной микроскопии фотографии образцов из примеров 1 и 2.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения В настоящем документе раскрыт способ изготовления HIPS, имеющего распределение по размерам частиц каучука (RPSD или диапазон), которое равняется или составляет менее чем приблизительно 1,5. Такой высокоударопрочный полипропилен, имеющий узкое распределение по размерам частиц каучука, называется термином "высокоударопрочный полипропилен с улучшенной морфологией" и сокращенно обозначается в настоящем документе термином "IM-HIPS".

Как правило, изготовление HIPS включает растворение каучука (например, полибутадиенового эластомера (PB)) в стироле, который после этого подвергается полимеризации. В течение полимеризации фазовое разделение на основе несмешиваемости полистирола (PS) и полибутадиена (PB) происходит в две стадии. Сначала PB образует основную или непрерывную фазу, в которой диспергируется стирол. Когда реакция начинается, образуются капли PS 10 (более темные кружки), которые диспергируются в растворе эластомера 20 (более светлый фон), содержащего PB и мономер стирола, как представлено на фиг. 1A. Когда реакция развивается, и количество полистирола продолжает увеличиваться, морфологическая трансформация или фазовая инверсия происходит таким образом, что PS теперь образует непрерывную фазу, а PB и мономер стирола образуют диспергированную фазу, как представлено на фиг. 1B. Эта фазовая инверсия приводит к образованию диспергированной фазы, содержащей сложные эластомерные частицы, в которых эластомер существует в форме мембран из PB, окружающих окклюдированные домены PS, которые обозначены условным номером 30 (более светлые кружки) на фиг. 1C. Сдвиговое перемешивание может быть использовано для инициирования фазовой инверсии. Реакции полимеризации, осуществленные в реометре, показали, что скорость сдвига, составляющая от 10 до 30 с<sup>-1</sup>, является достаточной для осуществления инверсии двух фаз.

Полимеризация с образованием HIPS может быть представлена уравнениями химических реакций, которые приведены на схеме I.

Схема I.



В реакции происходит образование цепей полистирола в присутствии PB, и это приводит к получению привитого полибутадиена PS, что представляет собой фактор, который воздействует на морфологию HIPS.

Согласно аспекту в способе изготовления IM-HIPS использован первый реактор, в который вводится первая реакционная смесь, содержащая мономер стирола, эластомерные частицы и инициатор свободнорадикальной полимеризации, причем каждый из этих материалов будет более подробно описан далее в

настоящем документе. Первая реакционная смесь может затем подвергаться полимеризации в первом реакторе с образованием прореагировавшей смеси. Например, первая реакционная смесь может подвергаться полимеризации до тех пор, пока процентная доля твердых частиц в первой реакционной смеси не окажется в диапазоне от 1% до приблизительно 25%, или, в качестве альтернативы, от приблизительно 1% до приблизительно 10%, или, в качестве альтернативы, от приблизительно 5% до приблизительно 10% по отношению к полному количеству твердых частиц в реакторе. Согласно аспекту прореагировавшая смесь содержит, главным образом, непрореагировавший стирол, каучук и полистирол.

Способ изготовления IM-HIPS согласно настоящему изобретению дополнительно включает введение по меньшей мере части прореагировавшей смеси в качестве компонента исходного материала во второй реактор. Согласно некоторым аспектам прореагировавшая смесь вводится во второй реактор в периодическом режиме в таких количествах, которые находятся в диапазоне от приблизительно 1 объемного процента (об.%) до приблизительно 20 об.% по отношению к полному объему первого реактора или, в качестве альтернативы, от приблизительно 1 об.% до приблизительно 15 об.% или, в качестве альтернативы, от приблизительно 1 об.% до приблизительно 5 об.%. Согласно альтернативному аспекту прореагировавшая смесь вводится во второй реактор в непрерывном режиме при удельной скорости потока, которая находится в диапазоне от приблизительно 1 об.% до приблизительно 20 об.% или, в качестве альтернативы, от приблизительно 1 об.% до приблизительно 15 об.% или, в качестве альтернативы, от приблизительно 1 об.% до приблизительно 5 об.% по отношению к полному объему первого реактора, и время введения соответствует некоторой цели пользователя или способа. Например, по меньшей мере часть прореагировавшей смеси может транспортироваться со скоростью, составляющей от приблизительно 1% объема первого реактора в минуту до приблизительно 20% объема первого реактора в минуту.

Согласно аспекту исходный материал подвергается полимеризации во втором реакторе по меньшей мере до точки фазовой инверсии в целях получения выходящий поток из реактора. Выходящий поток из реактора может содержать непрореагировавший стирол, полистирол, каучук с привитым полистиролом и высокоударопрочный полистирол.

Согласно аспекту настоящего изобретения способ включает установление рециркуляционного потока между первым и вторым реакторами, причем рециркуляционный поток содержит некоторую часть выходящего потока из реактора. Рециркуляционный поток может быть установлен между первым и вторым реакторами таким образом, что выходящий поток из реактора вводится из второго реактора в первый реактор. Согласно некоторым аспектам выходящий поток из реактора вводится в первый реактор в периодическом режиме в таких количествах, которые находятся в диапазоне от приблизительно 0,1 объемного процента (об.%) до приблизительно 20 об.% по отношению к полному объему второго реактора или, в качестве альтернативы, от приблизительно 0,1 об.% до приблизительно 1 об.% или, в качестве альтернативы, от приблизительно 0,1 об.% до приблизительно 0,5 об.%. Согласно альтернативному аспекту выходящий поток из реактора вводится в первый реактор в непрерывном режиме при удельной скорости потока, которая находится в диапазоне от приблизительно 0,1 об.% до приблизительно 20 об.% или, в качестве альтернативы, от приблизительно 0,1 об.% до приблизительно 1 об.% или, в качестве альтернативы, от приблизительно 0,1 об.% до приблизительно 0,5 об.% по отношению к полному объему второго реактора, и время введения соответствует некоторой цели пользователя или способа.

Согласно некоторым аспектам настоящего изобретения IM-HIPS изготавливают постадийным способом. В настоящем документе описан способ, который могут составлять последовательные пронумерованные стадии (т.е. стадия 1 и стадия 2) для простоты обозначения, однако это не предназначено для ограничения осуществления операций на каждой стадии конкретной последовательностью. Например, одна или несколько операций, описанных для конкретной стадии, могут быть осуществлены одновременно с одной или несколькими операциями другой стадии, причем эта "другая стадия" имеет численное обозначение как последующая или предшествующая стадия по отношению к "конкретной стадии". Такие модификации в отношении времени операций, осуществляемых на какой-либо конкретной стадии, могут быть произведены обычным специалистом в данной области техники с учетом преимуществ настоящего изобретения.

Согласно аспекту настоящего изобретения способ изготовления IM-HIPS включает первую стадию, которая представляет собой стадию 1 и включает введение в первый реактор первой реакционной смеси, содержащей мономер стирола, эластомерные частицы и инициатор свободнорадикальной полимеризации. Первая реакционная смесь может затем подвергаться полимеризации в первом реакторе в условиях, подходящих для полимеризации первой реакционной смеси. Например, первый реактор может нагреваться до температуры, составляющей от приблизительно 100°C до приблизительно 150°C или, в качестве альтернативы, от приблизительно 110°C до приблизительно 135°C или, в качестве альтернативы, от приблизительно 115°C до приблизительно 120°C, в течение периода времени, составляющего от приблизительно 30 мин до приблизительно 120 мин или, в качестве альтернативы, от приблизительно 30 мин до приблизительно 90 мин или, в качестве альтернативы, от приблизительно 30 мин до приблизительно 60 мин. Согласно аспекту стадия 1 включает полимеризацию первой реакционной смеси до точки, предшествующей фазовой инверсией, с получением прореагировавшей смеси, имеющей содержание твердых частиц в диапазоне, составляющем от приблизительно 1% до приблизительно 25% или, в качестве аль-

тернативы, от приблизительно 1% до приблизительно 15% или, в качестве альтернативы, от приблизительно 5% до приблизительно 10% по отношению к полному количеству материала в реакторе.

Согласно аспекту настоящего изобретения способ включает вторую стадию (стадию 2), на которой прореагировавшая смесь используется в качестве исходного материала для второго реактора. Согласно этому аспекту прореагировавшая смесь транспортируется из первого реактора во второй реактор с применением любых подходящих технологий. Прореагировавшая смесь может транспортироваться в непрерывном режиме во второй реактор с любой подходящей скоростью. Согласно аспекту на прореагировавшую смесь во втором реакторе воздействуют условия, подходящие для продолжения полимеризации прореагировавшей смеси. Согласно некоторым аспектам условия полимеризации во втором реакторе являются такими же, как условия полимеризации в первом реакторе; в качестве альтернативы, условия полимеризации во втором реакторе отличаются от условий полимеризации в первом реакторе. Например, условиями может быть предусмотрена полимеризация во втором реакторе при температуре в диапазоне, составляющем от приблизительно 110°C до приблизительно 160°C, в качестве альтернативы, от приблизительно 120°C до приблизительно 145°C или, в качестве альтернативы, от приблизительно 125°C до приблизительно 130°C, в течение периода времени, составляющего от приблизительно 90 мин до приблизительно 180 мин, в качестве альтернативы, от приблизительно 90 мин до приблизительно 150 мин или в качестве альтернативы, от приблизительно 90 мин до приблизительно 120 мин. Согласно таким аспектам прореагировавшая смесь может подвергаться полимеризации до такой точки, когда во втором реакторе образуется выходящий поток из реактора, содержащий по меньшей мере 50% твердых частиц, в качестве альтернативы, по меньшей мере 40% твердых частиц или, в качестве альтернативы по меньшей мере 30% твердых частиц по отношению к полному количеству материала в реакторе.

Согласно аспекту настоящего изобретения третья стадия способа (т.е. стадия 3) включает установление рециркуляционного потока между первым и вторым реакторами. Например, часть выходящего потока из реактора, содержащая от приблизительно 10% до приблизительно 50% твердых частиц, может быть введена в первый реактор со скоростью, составляющей от приблизительно 0,1 об.% до приблизительно 20 об.%, в качестве альтернативы, от приблизительно 0,1 об.% до приблизительно 1 об.% или в качестве альтернативы, от приблизительно 0,1 об.% до приблизительно 0,5 об.% по отношению к полному объему второго реактора, и время введения соответствует некоторой цели пользователя или способа. Согласно аспекту рециркуляционный поток может быть установлен в любое время после образования во втором реакторе твердых частиц, процентная доля которых составляет от приблизительно 5% до приблизительно 50%, в качестве альтернативы, от приблизительно 10% до приблизительно 40% или, в качестве альтернативы, от приблизительно 15% до приблизительно 30% по отношению к полному количеству материала в реакторе. Согласно таким аспектам настоящего изобретения в течение третьей стадии способа изготовления IM-HIPS используются первый и второй реакторы в сообщении с возможностью переноса текучей среды через по меньшей мере первый трубопровод и второй трубопровод, причем по первому трубопроводу прореагировавшая смесь транспортируется из первого реактора во второй реактор, и по второму трубопроводу выходящий поток из реактора транспортируется из второго реактора в первый реактор.

Согласно аспекту в способе изготовления IM-HIPS могут быть предусмотрены дополнительные стадии (например, стадия 3+x, где  $x \geq 1$ ), на которых выходящий поток из реактора из второго реактора транспортируется в один или несколько дополнительных реакторов для дальнейшей полимеризации и/или переработки для достижения некоторых желательных целей пользователей и/или приложений.

Согласно следующему аспекту способ изготовления высокоударопрочного полистирола включает введение в реактор частично полимеризованной смеси, содержащей по меньшей мере один винилароматический мономер, эластомер и прореагировавший винилароматический мономер, причем в частично полимеризованной смеси не происходила фазовая инверсия. Способ может дополнительно включать полимеризацию частично полимеризованной смеси в реакторе до точки фазовой инверсии с образованием смеси с фазовой инверсией. Полимеризация частично полимеризованной смеси может быть осуществлена в условиях такого типа, который описан в настоящем документе. Согласно аспекту способ дополнительно включает извлечение части смеси с фазовой инверсией из реактора, причем смесь с фазовой инверсией содержит высокоударопрочный полистирол, и введение другой части смеси с фазовой инверсией в другой реактор. Согласно аспекту реактор и другой реактор представляют собой реакторы одного и того же типа. В качестве альтернативы, реактор и другой реактор представляют собой реакторы различных типов.

Согласно аспектам, в которых прореагировавшая смесь вводится в непрерывном режиме, первый реактор может находиться в сообщении с возможностью переноса текучей среды со вторым реактором. Например, первый реактор может представлять собой реактор, имеющий впуск, выполненный с возможностью приема первой реакционной смеси и выпуск, выполненный с возможностью транспортировки прореагировавшей смеси во впуск второго реактора. Рециркуляционный поток может быть установлен между выпуском второго реактора и впуском первого реактора. Это схематически проиллюстрировано на фиг. 2. Рассмотрим фиг. 2, где проиллюстрирована реакторная система 100 для изготовления IM-HIPS, содержащая первый реактор 10 и второй реактор 20. Первая реакционная смесь может транспорти-

роваться через трубопровод 5 в реактор 10, в котором на нее воздействуют условия полимеризации типа, описанного в настоящем документе, и образуется прореагировавшая смесь. Прореагировавшая смесь может транспортироваться из первого реактора 10 через трубопровод 15 в реактор 20, в котором после воздействия условий полимеризации, также относящихся к типу, описанному в настоящем документе, образуется выходящий поток из реактора. Часть выходящего потока из реактора может транспортироваться из второго реактора 20 через трубопровод 25 в первый реактор 10, т.е. с установлением рециркуляционного потока. Кроме того, выходящий поток из реактора может транспортироваться через трубопровод 30 вниз по потоку для дополнительной переработки.

Хотя трубопроводы, через которые транспортируется материал (например, выходящий поток из реактора), представлены в конкретных положениях на реакторах (см., например, на фиг. 2, трубопровод 5 в реактор 10), предусмотрено, что указанные трубопроводы могут быть расположены по желанию обычного специалиста в данной области техники, чтобы обеспечивать транспортировку материала в любую область реактора. Например, на фиг. 2 трубопровод 5 может обеспечивать введение материала (например, первой реакционной смеси) через верх первого реактора 10, как представлено на фиг. 2. Трубопроводы, которые обеспечивают движение материалов в реактор и из реактора, могут занимать любые положения на реакторе, таким образом, что материалы (например, первая реакционная смесь, выходящий поток из реактора) могут быть введены/выведены из любого положения на протяжении реактора, при том условии, что такие положения являются совместимыми с материалами, которые подлежат транспортировке, и с используемым оборудованием.

Согласно аспекту первый реактор (например, реактор 10 на фиг. 2), второй реактор (например, реактор 20 на фиг. 2) или оба реактора могут представлять собой резервуарные реакторы с непрерывным перемешиванием. Резервуарный реактор с непрерывным перемешиванием (CSTR), как правило, означает реакционный резервуар, в котором может быть осуществлено непрерывное перемешивание или встряхивание посредством применения любого подходящего перемешивающего приспособления, такого как, например, ротационная мешалка; магнитная мешалка; барботирование или продувание инертного газа через жидкую фазу. CSTR можно эксплуатировать в периодическом режиме или в непрерывном режиме (когда, например, реагенты периодически или непрерывно поступают в CSTR, в то время как реакционная смесь периодически или непрерывно выводится из CSTR).

Согласно другому аспекту первый реактор (например, реактор 10 на фиг. 2), второй реактор (например, реактор 20 на фиг. 2) или оба реактора представляют собой реакторы идеального вытеснения (PFR). В настоящем документе термин "реактор идеального вытеснения" означает реактор, в котором, как правило, один или несколько текучих реагентов перекачиваются через трубу или трубку; химическая реакция происходит в процессе движения реагентов через реактор идеального вытеснения, и смесь, содержащая продукт, собирается как выходящий поток из реактора.

Согласно следующему аспекту настоящего изобретения реакторная система, подходящая для использования в целях настоящего изобретения, содержит один или несколько реакторов CSTR и один или несколько реакторов PFR, насколько это требуется для изготовления IM-HIPS типа, описанного в настоящем документе.

Согласно аспекту любая смесь, на которую воздействуют условия полимеризации типа, описанного в настоящем документе, для изготовления IM-HIPS (например, первая реакционная смесь) содержит винилиденароматический мономер, в качестве альтернативы, стирол. Стирол, также известный как винилбензол, этиленилбензол и фенилэтен, представляет собой органическое соединение, имеющее формулу  $C_8H_8$ . Аналогичные винилиденароматические мономеры могут представлять собой стиролы, замещенные полностью или частично. Такие мономеры представляют собой без ограничения разнообразные замещенные стиролы (например,  $\alpha$ -метилстирол), -замещенные в кольце стиролы, такие как п-метилстирол, дизамещенные стиролы и незамещенные стиролы. Согласно аспекту мономер стирола составляет по меньшей мере 70 мас.% любой смеси, которая подвергается полимеризации в условиях типа, описанного в настоящем документе, для изготовления IM-HIPS, в качестве альтернативы, от приблизительно 70 мас.% до приблизительно 95 мас.% или, в качестве альтернативы, от приблизительно 85 мас.% до приблизительно 95 мас.% по отношению к полной массе смеси.

Согласно аспекту любая смесь, которая подвергается полимеризации в условиях типа, описанного в настоящем документе, для изготовления IM-HIPS (например, первая реакционная смесь) содержит по меньшей мере один инициатор свободнорадикальной полимеризации. Такие инициаторы свободнорадикальной полимеризации могут функционировать в качестве источника свободных радикалов, чтобы обеспечивать полимеризацию стирола. Согласно аспекту может быть использован любой инициатор, способный образовывать свободные радикалы, который упрощает полимеризацию стирола. Такие инициаторы свободнорадикальной полимеризации представляют собой, в качестве примера и без ограничения, органические пероксиды. Примерные органические пероксиды, подходящие для использования согласно настоящему изобретению, представляют собой без ограничения диацилпероксиды, пероксидкарбонаты, монопероксидкарбонаты, пероксикетали, сложные пероксиэферы, диалкилпероксиды, гидропероксиды или любое их сочетание.

Согласно аспекту содержание инициатора свободнорадикальной полимеризации уровень в реакци-

онной смеси приводится в пересчете на содержание активного кислорода, выраженное в частях на миллион. Согласно аспекту содержание активного кислорода в описанных реакциях для изготовления IM-HIPS составляет от приблизительно 20 частей на миллион до приблизительно 80 частей на миллион, в качестве альтернативы, от приблизительно 20 частей на миллион до приблизительно 60 частей на миллион, в качестве альтернативы, от приблизительно 30 частей на миллион до приблизительно 60 частей на миллион. Как сможет понять обычный специалист в данной области техники, выбор инициатора и эффективного количества будет зависеть от множества факторов (например, от температуры и продолжительности реакции) и может быть выбран специалистом в данной области техники для выполнения желательных технологических условий.

Согласно аспекту любая смесь, которая подвергается полимеризации в условиях типа, описанного в настоящем документе, для изготовления IM-HIPS (например, первая реакционная смесь), содержит сопряженный диеновый мономер, представляющий собой эластомер (каучук). Примерные сопряженные диеновые мономеры, подходящие для использования согласно настоящему изобретению, представляют собой без ограничения 1,3-бутадиен, 2-метил-1,3-бутадиен, 2-хлор-1,3-бутадиен, 2-метил-1,3-бутадиен и 2-хлор-1,3-бутадиен.

Согласно аспекту эластомер содержит алифатический сопряженный диеновый мономер. Примерные алифатические сопряженные диеновые мономеры, подходящие для использования согласно настоящему изобретению, представляют собой C<sub>4</sub>-C<sub>9</sub> диены, такие как мономеры бутадиена. Кроме того, могут быть использованы смеси или сополимеры диеновых мономеров. Аналогичным образом, могут быть использованы смеси или композиции, содержащие один или несколько эластомеров. Согласно аспекту эластомер содержит гомополимер диенового мономера, в качестве альтернативы, эластомер содержит полибутадиен. Согласно аспекту эластомер может присутствовать в любой смеси, которая подвергается полимеризации в условиях типа, описанного в настоящем документе, для изготовления IM-HIPS в количестве, которое равняется или составляет более чем приблизительно 1 мас.%, в качестве альтернативы, от приблизительно 6 мас.% до приблизительно 10 мас.%, в качестве альтернативы, приблизительно 6 мас.%, приблизительно 7 мас.%, приблизительно 8 мас.%, приблизительно 9 мас.%, или приблизительно 10 мас.%, в качестве альтернативы, от приблизительно 8 мас.% до приблизительно 9 мас.%, в качестве альтернативы, от приблизительно 8,3 мас.% до приблизительно 8,7 мас.%, в качестве альтернативы, приблизительно 8,5 мас.% по отношению к полной массе смеси.

Согласно аспекту IM-HIPS может также содержать добавки, которые придают желательные физические свойства, такие как усиление интенсивности блеска или цвета. Такие добавки могут быть введены в любой подходящий момент времени в процессе изготовления IM-HIPS. Примерные добавки представляют собой без ограничения регуляторы степени полимеризации, тальк, антиоксиданты, УФ-стабилизаторы, смазочные материалы, минеральное масло, пластификаторы и т.п. Указанные добавки могут быть использованы индивидуально или в сочетании для получения разнообразных композиций IM-HIPS. Например, стабилизаторы или стабилизирующие вещества могут быть использованы, чтобы способствовать защите IM-HIPS от разложения вследствие воздействия чрезмерных температур и/или ультрафиолетового излучения. Указанные добавки могут быть введены индивидуально или в сочетании в эффективных количествах для придания желательных свойств. Эффективные количества добавок и способы введения указанных добавок в полимерные композиции известны специалисту в данной области техники.

Согласно аспекту настоящего изобретения IM-HIPS характеризует коэффициент набухания, составляющий от приблизительно 5% до приблизительно 30%, в качестве альтернативы, от приблизительно 5% до приблизительно 15% или в качестве альтернативы, от приблизительно 10% до приблизительно 15%. Коэффициент набухания может быть использован в качестве меры связывания (сшивания) между молекулами эластомера (например, полибутадиена). Коэффициент набухания может быть определен посредством вычисления соотношения массы влажного геля и массы сухого геля, что определяется в соответствии со стандартом ASTM D3616.

Согласно аспекту настоящего изобретения IM-HIPS характеризует содержание геля, составляющее от приблизительно 10% до приблизительно 50%, в качестве альтернативы, от приблизительно 5% до приблизительно 30% или в качестве альтернативы, от приблизительно 15% до приблизительно 25%. Содержание геля, которое выражает степень прививки, т. е. количество полистирола, привитого на каучук, определяется посредством встряхивания 1 г IM-HIPS в 20 мл толуола при комнатной температуре и последующего центрифугирования всей смечи для отделения геля, который не растворяется в толуоле, от остатка.

Согласно аспекту IM-HIPS типа, описанного в настоящем документе, имеет размер частиц каучука (RPS), составляющий от приблизительно 1 мкм до приблизительно 10 мкм, в качестве альтернативы, от приблизительно 1 мкм до приблизительно 8 мкм или в качестве альтернативы, от приблизительно 1 мкм до приблизительно 5 мкм, и распределение по размерам частиц каучука (т. е. RPSD или диапазон), составляющее менее чем приблизительно 1,5, в качестве альтернативы, менее чем приблизительно 1,3 или в качестве альтернативы, от приблизительно 1,0 до приблизительно 1,3. RPS и диапазон могут быть определены с использованием любой подходящей технологии, например, с использованием анализатора

размеров частиц Malvern согласно стандарту ASTM F577-78. RPS измеряется в микронах, в то время как диапазон представляет собой безразмерную величину, которая представляет собой меру ширины распределения.

Согласно аспекту IM-HIPS типа, описанного в настоящем документе, имеет соотношение геля и каучука, составляющее от приблизительно 1 до приблизительно 10, в качестве альтернативы, от приблизительно 2 до приблизительно 5 или в качестве альтернативы, от приблизительно 2 до приблизительно 3, что определяется как соотношение между процентным содержанием геля и процентным содержанием каучука, которые используются в образце. Соотношение геля и каучука представляет собой количество полистирола, присутствующего в фазе каучука (окклюдированного внутри частиц каучука или прикрепленного к молекулам полибутадиена).

Согласно аспекту IM-HIPS типа, описанного в настоящем документе, имеет объемную долю фазы каучука (RPVF), которая составляет от приблизительно 10% до приблизительно 50%, в качестве альтернативы, от приблизительно 15% до приблизительно 35% или в качестве альтернативы, от приблизительно 20% до приблизительно 30%, что определяется объемным процентным содержанием фазы каучука в образце.

Согласно настоящему изобретению IM-HIPS может характеризовать структура, содержащая эластомер, диспергированный в матрице полистирола, причем каждая эластомерная ячейка содержит множество окклюзий полистирола, частично или полностью захваченного внутри каучуковой ячейки. Согласно аспекту такие окклюзии могут иметь размеры в диапазоне от приблизительно 0,1 мкм до приблизительно 2,0 мкм, в качестве альтернативы, от приблизительно 0,1 мкм до приблизительно 1 мкм или в качестве альтернативы, от приблизительно 0,5 мкм до приблизительно 1 мкм, что определяется посредством анализа изображений, осуществляемого для изображений, получаемых методом электронной микроскопии.

HIPS, изготовленный посредством описанных технологий, может оказаться пригодным для использования в разнообразных приложениях, представляющих собой, но без ограничения: пищевые упаковки, канцелярские принадлежности, вывески торговых учреждений и демонстрационные устройства, хозяйственные принадлежности и потребительские изделия, строительные изоляционные материалы и упаковки для косметических изделий.

### Примеры

После общего описания объекта настоящего изобретения приведены следующие примеры, которые представляют собой его конкретные аспекты и демонстрируют его практическое осуществление и преимущества. Следует понимать, что эти примеры представлены в качестве иллюстрации и не предназначены для ограничения описания или формулы настоящего изобретения каким-либо образом.

#### Пример 1.

В следующем эксперименте были осуществлены реакции полимеризации в периодическом режиме с использованием исходной композиции, описанной в табл. 1. Такая же исходная композиция была использована во всех примерах. Каучук полностью растворялся в исходном растворе перед проведением эксперимента.

Таблица 1

Исходный материал	мас. %
Каучук – бутадиен-акрилонитриловый каучук Buna CB 550	5,0
Этилбензол (%)	4,5
Минеральное масло – Drakeol 600 (%)	1,4
Мономер стирола (%)	89,2
Пероксифирный инициатор Luperox PST (частей на миллион)	220
Стеарат цинка (частей на миллион)	500

В целях периодического осуществления реакций определенный объем реакционной смеси А (30 и 50 мл) отбирали после фазовой инверсии и добавляли в исходный материал для реакции В. Затем иницировали и продолжали реакцию В до тех пор, пока степень превращения не составляла 70%, из материала удаляли летучие вещества и исследовали свойства полимера. В течение реакций использовали следующий температурный профиль: 30 мин при 120°C, затем 180 мин при 135°C и после этого температуру увеличивали до 150°C, пока содержание твердых частиц не составляло 70%.

Образцы полимеров собирали после второй реакции (т.е. реакции В) в алюминиевые кюветы. Алюминиевые кюветы выдерживали в вакуумной печи при 225°C в течение 60 мин для полного удаления непрореагировавшего стирола и растворителя. После удаления летучих веществ были исследованы свойства образцов. Аналитические результаты для указанных образцов, такие как коэффициент набухания, размер частиц и величина рециркуляции, представлены в табл. 2.



Таблица 2

	Контроль	Реакция 1В	Образец 2В
Объем рециркуляции (мл)	0	30	50
Коэффициент набухания (%)	14,7	13,9	12,3
Содержание геля (%)	21,2	22,8	22,8
Размер частиц каучука (мкм)	4,7	4,6	5,7
Диапазон	34,1	4,4	67,6

Результаты этих реакций продемонстрировали незначительные изменения в отношении коэффициента набухания. С другой стороны, частицы каучука проявляли тенденцию к увеличению размера, когда величина рециркуляции увеличивалась от 30 мл до 50 мл.

На фиг. 3 представлены изображения полимера, полученные при 3000-кратном и 5000-кратном увеличении методом сканирующей просвечивающей электронной микроскопии (STEM). Частицы каучука представлены в виде более темной фазы. Анализ изображений был использован для измерения диаметров частиц каучука и окклюзий, а также объемной доли частиц каучука (RPVF). На фиг. 3 полученные методом STEM изображения показывают, что более однородные окклюзии получаются в присутствии привитого сополимера. В случае реакции В, где перемещенный объем составлял 50 мл, влияние на морфологию окклюзий оказывается более заметным.

#### Пример 2.

В следующем эксперименте изготовление IM-HIPS типа, описанного в настоящем документе, было исследовано в непрерывном процессе с использованием установки CSTR и исходной композиции, описанной в табл. 1. В лабораторных экспериментах, осуществленных в непрерывном процессе, было исследовано введение привитого сополимера в течение образования частиц каучука с целью повышения его устойчивости и обеспечения образования более однородных частиц каучука. В течение этого эксперимента были исследованы две различные стратегии: (1) введение реакционной смеси, собранной от предшествующей реакции, в исходный материал для второй реакции и (2) рециркуляционный контур между двумя реакторами CSTR.

Используемая установка CSTR состояла из реакторов CSTR двух типов, соединенных металлическим трубопроводом, причем исходный материал непрерывно добавляли с определенной скоростью. Рассмотрим фиг. 2, где схематически представлена реакторная система. Используемые скорости потока поддерживали на уровне 6 г/мин. Объемы реакторов были постоянными и составляли 200 мл для первого реактора и 600 мл для второго реактора. Температуры составляли 120°C и 135°C для первого реактора и второго реактора, соответственно. Полное содержание каучука, составляющее 7%, представляло собой техническое условие после удаления летучих веществ. Образцы полимера собирали из второго реактора в алюминиевые кюветы после 8 часов непрерывной эксплуатации реактора. Алюминиевые кюветы выдерживали в продуваемой печи при 135°C в течение ночи для достижения степени превращения, составляющей 70%. После этого образцы выдерживали в вакуумной печи при 225°C в течение 60 мин для полного удаления остаточного стирола и растворителя. После удаления летучих веществ образцы были исследованы в отношении морфологии и физических свойств. Полученные методом STEM морфологические изображения были проанализированы в целях количественного определения образующихся окклюзий и частиц каучука.

В случае первой стратегии были осуществлены лабораторные реакции, в которых объем собранной реакционной смеси через несколько секунд после фазовой инверсии был определен и использован в составе исходного материала для последующей реакции полимеризации. На основании аналитических результатов в таблице 3 было отмечено, что размер частиц проявляет тенденцию к увеличению для реакции с использованием 15% рециркуляционного материала в исходном материале, в то время как противоположный эффект наблюдается для реакции с использованием 25% рециркуляционного материала в исходном материале. Присутствие привитого сополимера для HIPS вызвано необходимостью стабилизации промежуточной фазы между фазой PS и фазой PB, но высокое содержание привитого сополимера также будет приводить к уменьшению размера частиц каучука, которое было обнаружено для эксперимента с использованием 25% рециркуляционного материала.

Таблица 3

	Контроль	15% рециркуляционного материала в исходном материале	25% рециркуляционного материала в исходном материале
Коэффициент набухания (%)	11,3	14,0	11,9
Содержание геля (%)	24,6	22,0	23,6
RPS (мкм)	5,5	6,3	5,4
Диапазон	22,4	7,3	25,7

В экспериментах согласно второй стратегии соотношения, составляющие 5% и 10%, были использованы в качестве величины рециркуляции по отношению к удельной скорости потока, которая составляла 6 г/мин. Реакции наблюдали посредством измерения процентного содержания твердых частиц и RPS в процессе экспериментов. Когда реакции достигали стационарного состояния, материал собирали и обрабатывали в печи в целях получения конечного содержания твердых частиц на уровне 70%. Аналитические результаты продемонстрировали уменьшение RPS по мере увеличения величины рециркуляции. Указанные результаты представлены в табл. 4. Кроме того, значение диапазона также уменьшалось, что свидетельствовало о более высокой однородности в распределении по размерам частиц каучука.

Таблица 4

	Контроль	5% рециркуляционного материала	10% рециркуляционного материала
Коэффициент набухания (%)	10,1	10,0	11,0
Содержание геля (%)	22,3	22,7	22,3
RPS (мкм)	3,1	3,2	2,4
Диапазон	1,3	1,2	1,1
Содержание каучука (%)	7,2	7,1	7,0
Соотношение геля и каучука	3,0	3,1	3,1

Анализ методом STEM был осуществлен для понимания влияния на морфологию образца. Полученные методом STEM изображения подтвердили полученные на анализаторе Malvern данные, согласно которым значения RPS и диапазон уменьшались по мере увеличения величины рециркуляции. Как показывают полученные методом STEM изображения, более однородные частицы каучука можно наблюдать при возрастании величины рециркуляции. Этот эффект представляет собой результат увеличения количества привитого сополимера, присутствующего в течение фазовой инверсии, для которой требуется рост промежуточной фазы PS-PB, способствующей увеличению числа и уменьшению размеров частиц каучука. Кроме того, по-видимому происходит воздействие на морфологию окклюзий, а также уменьшение размеров частиц каучука.

Чтобы количественно определить влияние рециркуляционного потока на морфологию образцов были проанализированы полученные методом STEM изображения, которые представлены на фиг. 4. Полученные в результате этого анализа данные кратко представлены в табл. 5, и эти данные подтвердили уменьшение размеров частиц каучука и размеров окклюзий при возрастании процентной доли рециркуляции. С другой стороны, также отмечено уменьшение среднеквадратического отклонения, что свидетельствует о сужении распределения частиц по размерам. Этот эффект становится более заметным при уменьшении размера окклюзий от 0,460 до 0,065.

Таблица 5

Рециркуляция (%)	Частицы каучука		Окклюзии		RPVF (%)
	Размер (мкм)	$\sigma$	Размер (мкм)	$\sigma$	
0	1,005	0,562	0,254	0,460	32,01
5	0,864	0,635	0,215	0,114	31,76
10	0,714	0,356	0,184	0,065	34,27

Эти эксперименты продемонстрировали возможность применения привитого сополимера, который

образуется после фазовой инверсии, в качестве средства достижения более высокой однородности в распределении по размерам частиц каучука. Корреляция между сужением распределения по размерам частиц каучука и повышением процентной доли рециркуляции была подтверждена посредством полученных методом STEM изображений, на которых можно наблюдать более однородные частицы каучука при возрастании величины рециркуляции. Было предположено, что этот эффект возникает в результате увеличения количества привитого сополимера, присутствующего в течение фазовой инверсии, для которой требуется рост промежуточной фазы PS-PB, способствующей увеличению числа и уменьшению размеров частиц каучука. Аналогичный эффект был отмечен в случае окклюзий.

#### Дополнительные сведения

Первый аспект, который представляет собой способ изготовления высокоударопрочного полистирола, включающий введение в реактор частично полимеризованной смеси, содержащей по меньшей мере один винилароматический мономер, эластомер и прореагировавший винилароматический мономер, причем в частично полимеризованной смеси не происходила фазовая инверсия; полимеризацию частично полимеризованной смеси в реакторе до точки фазовой инверсии с образованием смеси с фазовой инверсией; выпуск в другой реактор по меньшей мере части смеси с фазовой инверсией; и извлечение части смеси с фазовой инверсией, причем извлеченная часть смеси с фазовой инверсией содержит высокоударопрочный полистирол.

Второй аспект, который представляет собой способ изготовления высокоударопрочного полистирола, включающий: введение в реактор частично полимеризованной смеси, содержащей по меньшей мере один винилароматический мономер, эластомер и прореагировавший винилароматический мономер, причем в частично полимеризованной смеси не происходила фазовая инверсия; полимеризацию частично полимеризованной смеси в реакторе до точки фазовой инверсии с образованием смеси с фазовой инверсией; введение в другой реактор часть смеси с фазовой инверсией; и извлечение другой части смеси с фазовой инверсией, причем смесь с фазовой инверсией содержит высокоударопрочный полистирол.

Третий аспект, который представляет собой способ согласно любому из первого и второго аспектов, в котором винилароматический мономер представляет собой стирол, замещенный стирол, незамещенный стирол или любое их сочетание.

Четвертый аспект, который представляет собой способ согласно любому из первого, второго и третьего аспектов, в котором эластомер представляет собой полимер бутадиена.

Пятый аспект, который представляет собой способ согласно любому из первого, второго, третьего и четвертого аспектов, в котором первая реакционная смесь дополнительно содержит инициатор свободнорадикальной полимеризации, регулятор степени полимеризации или любое их сочетание.

Шестой аспект, который представляет собой способ согласно любому из первого, второго, третьего, четвертого и пятого аспектов, в котором реактор представляет собой резервуарный реактор с непрерывным перемешиванием, реактор идеального вытеснения или любое их сочетание.

Седьмой аспект, который представляет собой способ согласно любому из первого, второго, третьего, четвертого, пятого и шестого аспектов, в котором по меньшей мере часть прореагировавшей смеси транспортируется из выпуска реактора во выпуск другого реактора.

Восьмой аспект, который представляет собой способ согласно седьмому аспекту, в котором по меньшей мере часть прореагировавшей смеси транспортируется со скоростью, составляющей от приблизительно 1% объема первого реактора в минуту до приблизительно 20% объема первого реактора в минуту.

Девятый аспект, который представляет собой способ согласно любому из первого, второго, третьего, четвертого, пятого, шестого, седьмого и восьмого аспектов, в котором по меньшей мере часть прореагировавшей смеси транспортируется в режиме непрерывного выпуска.

Десятый аспект, который представляет собой способ согласно любому из первого, второго, третьего, четвертого, пятого, шестого, седьмого, восьмого и девятого аспектов, в котором высокоударопрочный полистирол имеет коэффициент набухания, составляющий от приблизительно 5% до приблизительно 30%.

Одиннадцатый аспект, который представляет собой способ согласно любому из первого, второго, третьего, четвертого, пятого, шестого, седьмого, восьмого, девятого и десятого аспектов, в котором высокоударопрочный полистирол имеет размер частиц каучука, составляющий от приблизительно 1 мкм до приблизительно 10 мкм.

Двенадцатый аспект, который представляет собой способ согласно любому из первого, второго, третьего, четвертого, пятого, шестого, седьмого, восьмого, девятого, десятого и одиннадцатого аспектов, в котором высокоударопрочный полистирол имеет распределение по размерам частиц каучука, составляющее менее чем приблизительно 1,5.

Тринадцатый аспект, который представляет собой способ согласно любому из первого, второго, третьего, четвертого, пятого, шестого, седьмого, восьмого, девятого, десятого, одиннадцатого и двенадцатого аспектов, в котором высокоударопрочный полистирол имеет окклюзии, размер которых составляет от приблизительно 0,1 мкм до приблизительно 2 мкм.

Четырнадцатый аспект, который представляет собой способ изготовления высокоударопрочного полистирола, включающий введение в первый реактор частично полимеризованной смеси, содержащей по меньшей мере один винилароматический мономер, эластомер и прореагировавший винилароматиче-

ский мономер, причем в частично полимеризованной смеси не происходила фазовая инверсия; полимеризация частично полимеризованной смеси в первом реакторе до точки фазовой инверсии с образованием смеси с фазовой инверсией; введение во второй реактор части смеси с фазовой инверсией из первого реактора, причем второй реактор расположен ниже по потоку относительно первого реактора, и извлечение другой части смеси с фазовой инверсией, причем извлеченная другая часть смеси с фазовой инверсией содержит высокоударопрочный полистирол.

Пятнадцатый аспект, который представляет собой производящую высокоударопрочный полистирол реакторную систему, содержащую первый резервуарный реактор с непрерывным перемешиванием, имеющий (а) впуск, выполненный с возможностью приема (i) по меньшей мере одного винилароматического мономера, (ii) эластомера и (iii) инициатора свободнорадикальной полимеризации, и (b) выпуск, выполненный с возможностью транспортировки выходящего потока из первого реактора; второй резервуарный реактор с непрерывным перемешиванием, имеющий (а) впуск в сообщении с возможностью переноса текучей среды с выпуском первого резервуарного реактора с непрерывным перемешиванием и выполненный с возможностью приема (i) части выходящего потока первого реактора из первого резервуарного реактора с непрерывным перемешиванием, (ii) по меньшей мере одного винилароматического мономера, (iii) эластомера и (iv) инициатора свободнорадикальной полимеризации и (b) выпуск, выполненный с возможностью транспортировки части выходящего потока из второго реактора, содержащего высокоударопрочный полистирол; и (c) трубопровод для установления рециркуляционного потока между вторым реактором и первым реактором, причем рециркуляционный поток содержит другую часть выходящего потока из второго реактора.

Шестнадцатый аспект, который представляет собой реакторную систему согласно пятнадцатому аспекту, в которой первый резервуарный реактор с непрерывным перемешиванием расположен вертикально с верхним впуском и нижним выпуском.

Семнадцатый аспект, который представляет собой реакторную систему согласно любому из пятнадцатого и шестнадцатого аспектов, в которой винилароматический мономер представляет собой стирол, замещенный стирол, незамещенный стирол или любое их сочетание.

Восемнадцатый аспект, который представляет собой реакторную систему согласно любому из пятнадцатого, шестнадцатого и семнадцатого аспектов, в которой эластомер представляет собой стирол полимер бутадиена.

Девятнадцатый аспект, который представляет собой реакторную систему согласно любому из пятнадцатого, шестнадцатого, семнадцатого и восемнадцатого аспектов, в которой рециркуляционный поток из второго резервуарного реактора с непрерывным перемешиванием транспортируется в первый резервуарный реактор с непрерывным перемешиванием со скоростью, составляющей от приблизительно 0,1% объема второго резервуарного реактора с непрерывным перемешиванием в минуту до приблизительно 20% объема второго резервуарного реактора с непрерывным перемешиванием в минуту.

Двадцатый аспект, который представляет собой реакторную систему согласно любому из пятнадцатого, шестнадцатого, семнадцатого, восемнадцатого и девятнадцатого аспектов, в которой высокоударопрочный полистирол имеет размер частиц каучука, составляющий от приблизительно 1 мкм до приблизительно 10 мкм.

Двадцать первый аспект, который представляет собой реакторную систему согласно любому из пятнадцатого, шестнадцатого, семнадцатого, восемнадцатого, девятнадцатого и двадцатого аспектов, в которой высокоударопрочный полистирол имеет распределение по размерам частиц каучука, составляющее менее чем приблизительно 1,5.

Двадцать второй аспект, который представляет собой реакторную систему согласно любому из пятнадцатого, шестнадцатого, семнадцатого, восемнадцатого, девятнадцатого, двадцатого и двадцать первого аспектов, в которой высокоударопрочный полистирол имеет окклюзии, размер которых составляет от приблизительно 0,1 мкм до приблизительно 2 мкм.

Двадцать третий аспект, который представляет собой реакторную систему согласно любому из пятнадцатого, шестнадцатого, семнадцатого, восемнадцатого, девятнадцатого, двадцатого, двадцать первого и двадцать второго аспектов, дополнительно содержащую один или несколько дополнительных трубчатых проточных реакторов для приема по меньшей мере части выходящего потока из второго реактора.

Хотя аспекты раскрытого в настоящем документе изобретения были представлены и описаны, их модификации могут быть произведены специалистом в данной области техники без отклонения от идеи и положений раскрытого в настоящем документе изобретения. Аспекты, которые описаны в настоящем документе, представляют собой исключительно примеры и не предназначены в качестве ограничения. Многочисленные вариации и модификации раскрытого в настоящем документе изобретения являются возможными и находятся в пределах объема раскрытого в настоящем документе изобретения. Когда определенно указаны численные диапазоны или ограничения, такие определенные диапазоны или ограничения следует понимать как включающие итерационные диапазоны или ограничения аналогичной величины, которые находятся в пределах определенно указанных диапазонов или ограничений (например, диапазон значений от 1 до 10 включает 2, 3, 4 и т.д.; диапазон значений, составляющих более чем 0,10, включает 0,11, 0,12, 0,13 и т.д.). Использование термина "необязательно" по отношению к любому эле-

менту, заявленному в формуле изобретения, означает, что рассматриваемый элемент является необходимым или, в качестве альтернативы, не является необходимым. Подразумевается, что обе альтернативы находятся в пределах объема формулы изобретения. Использование более широких терминов, таких как "включать", "содержать", "иметь" и т.д. следует понимать как основу для более узких терминов, таких как "состоящий из", "состоящий в основном из", "практически состоящий из" и т.д.

Соответственно, объем правовой защиты не ограничивается описанием, которое представлено выше, но ограничивается исключительно формулой изобретения, которая представлена ниже, причем указанный объем охватывает все эквиваленты настоящего изобретения, которые представлены в формуле изобретения. Любой и каждый пункт формулы изобретения включен в описание изобретения в качестве аспекта настоящего изобретения. Таким образом, формула изобретения представляет собой дополнительное описание, которое дополняет аспекты раскрытого в настоящем документе изобретения. Обсуждение ссылочных документов в настоящем документе не представляет собой допущение того, что они представляют собой документы предшествующего уровня техники по отношению к раскрытому в настоящем документе изобретению; в частности, это условие распространяется на любой ссылочный документ, который может иметь дату публикации после даты приоритета настоящей заявки. Раскрытие всех патентов, патентных заявок и публикаций, которые процитированы в настоящем документе, включены в настоящий документ посредством ссылки в такой степени, в которой они описывают примерные, процедурные или другие подробности, которые являются дополнительными по отношению к описанию, приведенному в настоящем документе.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ изготовления высокоударопрочного полистирола, включающий введение в реактор частично полимеризованной смеси, содержащей по меньшей мере один винилароматический мономер, эластомер и прореагировавший винилароматический мономер, причем в частично полимеризованной смеси не происходила фазовая инверсия; полимеризацию частично полимеризованной смеси в реакторе до точки фазовой инверсии с образованием смеси с фазовой инверсией; извлечение части смеси с фазовой инверсией из реактора, причем смесь с фазовой инверсией содержит высокоударопрочный полистирол; и введение по меньшей мере части смеси с фазовой инверсией в другой реактор.
2. Способ по п.1, в котором винилароматический мономер представляет собой стирол, замещенный стирол, незамещенный стирол или любое их сочетание.
3. Способ по п.1, в котором эластомер представляет собой полимер бутадиена.
4. Способ по п.1, в котором первая реакционная смесь дополнительно содержит инициатор свободнорадикальной полимеризации, регулятор степени полимеризации или любое их сочетание.
5. Способ по п.1, в котором реактор представляет собой резервуарный реактор с непрерывным перемешиванием, реактор идеального вытеснения или любое их сочетание.
6. Способ по п.1, в котором по меньшей мере часть прореагировавшей смеси транспортируется из выпуска реактора во впуск другого реактора.
7. Способ по п.6, в котором по меньшей мере часть прореагировавшей смеси транспортируется со скоростью, составляющей от приблизительно 1% объема первого реактора в минуту до приблизительно 20% объема первого реактора в минуту.
8. Способ по п.1, в котором по меньшей мере часть прореагировавшей смеси транспортируется в режиме непрерывного выпуска.
9. Способ по п.1, в котором высокоударопрочный полистирол имеет коэффициент набухания, составляющий от приблизительно 5% до приблизительно 30%.
10. Способ по п.1, в котором высокоударопрочный полистирол имеет размер частиц каучука, составляющий от приблизительно 1 мкм до приблизительно 10 мкм.
11. Способ по п.1, в котором высокоударопрочный полистирол имеет распределение по размерам частиц каучука, составляющее менее чем приблизительно 1,5.
12. Способ по п.1, в котором высокоударопрочный полистирол имеет окклюзии, размер которых составляет от приблизительно 0,1 мкм до приблизительно 2 мкм.
13. Способ изготовления высокоударопрочного полистирола, включающий введение в первый реактор частично полимеризованной смеси, содержащей по меньшей мере один винилароматический мономер, эластомер и прореагировавший винилароматический мономер, причем в частично полимеризованной смеси не происходила фазовая инверсия; полимеризация частично полимеризованной смеси в первом реакторе до точки фазовой инверсии с образованием смеси с фазовой инверсией; введение во второй реактор части смеси с фазовой инверсией из первого реактора, причем второй реактор расположен ниже по потоку относительно первого реактора, и извлечение другой части смеси с фазовой инверсией, причем извлеченная другая часть смеси с фа-

зовой инверсией содержит высокоударопрочный полистирол.

14. Производящая высокоударопрочный полистирол реакторная система, содержащая первый резервуарный реактор с непрерывным перемешиванием, имеющий (а) впуск, выполненный с возможностью приема (i) по меньшей мере одного винилароматического мономера, (ii) эластомера и (iii) инициатора свободнорадикальной полимеризации, и (b) выпуск, выполненный с возможностью транспортировки выходящего потока из первого реактора;

второй резервуарный реактор с непрерывным перемешиванием, имеющий (а) впуск в сообщении с возможностью переноса текучей среды с выпуском первого резервуарного реактора с непрерывным перемешиванием и выполненный с возможностью приема (i) части выходящего потока первого реактора из первого резервуарного реактора с непрерывным перемешиванием, (ii) по меньшей мере одного винилароматического мономера, (iii) эластомера и (iv) инициатора свободнорадикальной полимеризации и (b) выпуск, выполненный с возможностью транспортировки части выходящего потока из второго реактора, содержащего высокоударопрочный полистирол; и

трубопровод для установления рециркуляционного потока между вторым реактором и первым реактором, причем рециркуляционный поток содержит другую часть выходящего потока из второго реактора,

в которой первый резервуарный реактор с непрерывным перемешиванием расположен вертикально с верхним впуском и нижним выпуском.

15. Реакторная система по п.14, в которой винилароматический мономер представляет собой стирол, замещенный стирол, незамещенный стирол или любое их сочетание,

в которой эластомер представляет собой полимер бутадиена, и

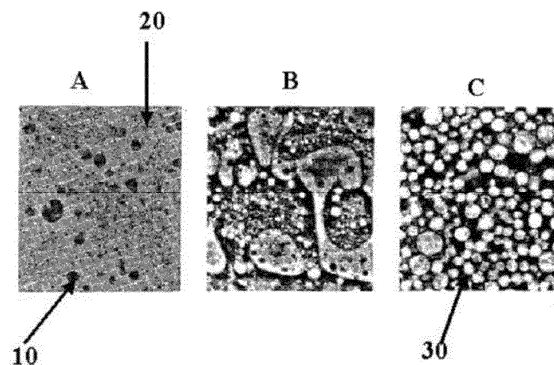
в которой рециркуляционный поток из второго резервуарного реактора с непрерывным перемешиванием транспортируется в первый резервуарный реактор с непрерывным перемешиванием со скоростью, составляющей от приблизительно 0,1% объема второго резервуарного реактора с непрерывным перемешиванием в минуту до приблизительно 20% объема второго резервуарного реактора с непрерывным перемешиванием в минуту;

в которой высокоударопрочный полистирол имеет размер частиц каучука, составляющий от приблизительно 1 мкм до приблизительно 10 мкм;

в которой высокоударопрочный полистирол имеет распределение по размерам частиц каучука, составляющее менее чем приблизительно 1,5;

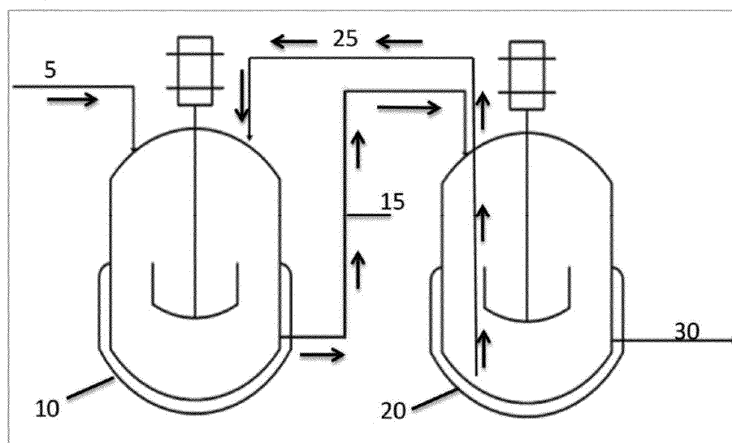
в которой высокоударопрочный полистирол имеет окклюзии, размер которых составляет от приблизительно 0,1 мкм до приблизительно 2 мкм;

дополнительно содержащая один или несколько дополнительных трубчатых проточных реакторов для приема по меньшей мере части выходящего потока из второго реактора.

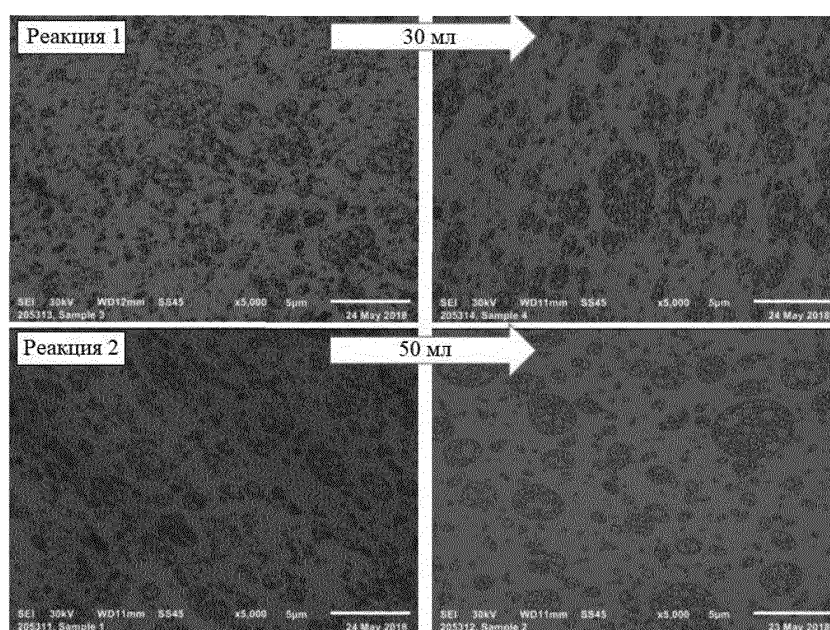


Фиг. 1

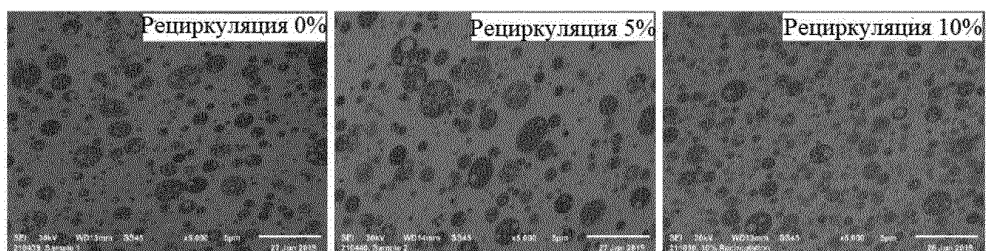
100



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

