

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **024431**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2016.09.30

(21) Номер заявки
200901532

(22) Дата подачи заявки
2008.06.23

(51) Int. Cl. **C08F 10/06** (2006.01)
C08F 10/02 (2006.01)
C08F 4/658 (2006.01)
B01F 7/26 (2006.01)
C08F 2/01 (2006.01)

(54) СПОСОБ И СИСТЕМА ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИМЕРОВ, В ЧАСТНОСТИ ПОЛИЭТИЛЕНА И ПОЛИПРОПИЛЕНА

(31) 60/946,450; 60/946,456

(32) 2007.06.27

(33) US

(43) 2010.04.30

(86) PCT/US2008/067830

(87) WO 2009/002896 2008.12.31

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ЭйчАДи КОПЭРЕЙШН (US)

(72) Изобретатель:
Багхерзадех Ибрагим, Босинге
Грегори, Хассан Аббас, Хассан Азиз,
Энтони Райфорд Г. (US)

(74) Представитель:
Нилова М.И. (RU)

(56) WO-A-98043725
JP-A-2002003505
JP-A-12143706
JP-A-2007505201
JP-A-2002121353

(57) Изобретение относится к способу получения полиэтиленового или полипропиленового полимеров или их сополимера, включающему контактирование среды, содержащей мономер, с частицами катализатора полимеризации по крайней мере в одном смешивающем устройстве высокой скорости сдвига с образованием нанодисперсии, в которой частицы обладают средним диаметром менее 1 мкм. Мономер выбирают из группы, включающей этилен, пропилен и их комбинации. Способ дополнительно включает обработку нанодисперсии в условиях полимеризации, включающих давление в диапазоне от примерно 203 до примерно 6080 кПа (от примерно 2 до примерно 60 атм) и температуру в диапазоне от примерно 20 до примерно 230°C, при которых по крайней мере часть мономера полимеризуется. Также раскрывается система для осуществления этого способа.

B1

024431

024431

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение в целом относится к жидкофазной полимеризации этиленового или пропиленового мономера в присутствии высокодисперсного катализатора с образованием полиэтилена или полипропилена, соответственно. Более конкретно, изобретение относится к устройствам и способам получения полиэтилена или полипропилена, которые используют смешивание реагентов высокой скоростью сдвига.

Сведения о предшествующем уровне техники

Полиэтилен представляет собой термопластичный материал, который получается полимеризацией этиленового мономера и который применяется в производстве широкого многообразия потребительских продуктов, включая упаковку, экструзию труб, покрытия и изоляцию проволоки и кабеля и многих других продуктов. Поскольку этилен не содержит групп заместителей, влияющих на стабильность растущей головы растущей полимерной цепи, могут быть получены полимеры с различными степенями разветвления путем радикальной полимеризации, анионной ступенчатой полимеризации, ионной координационной полимеризации или катионной ступенчатой полимеризации. В настоящее время один из наиболее общих способов получения крайне предпочтительного линейного (высокой плотности) полиэтилена включает контактирование этилена с каталитической системой Циглера-Натта, которая включает катализатор переходного металла, такой как $TiCl_4$, и органическое соединение непереходного металла групп с IA до IIIA периодической таблицы элементов, в частности органические соединения алюминия.

Полипропилен представляет собой другой термопластичный полимер, который широко применяется в производстве множества продуктов, включающих предметы домашнего потребления и части малого и крупного оборудования, одноразовые контейнеры, пищевые упаковки, веревки, текстильные изделия и пластиковые части автомобилей, и многое другое. Он синтезируется химически, путем каталитической полимеризации пропиленового мономера. Полипропилен наиболее часто получается в виде стереоспецифического полимера. Изотактический полипропилен содержит все боковые металлические группы, ориентированные либо над, либо под полимерной цепью. Любое отклонение или преобразование в структуре цепи уменьшает стереорегулярность и кристалличность полимера. Большая часть промышленно доступного полипропилена делается на катализаторах хлорида титана с образованием практически изотактического полипропилена, который является крайне предпочтительным для получения продуктов, которые требуют прочных полимеров.

Катализаторы Циглера-Натта представляют собой стереоспецифические комплексы, которые ограничивают входящие мономеры в специфической ориентации, присоединяя их к полимерной цепи только в том случае, если они ориентированы в определенном направлении, с образованием стереорегулярных (неразветвленных) полимеров. Поскольку органические соединения переходных металлов могут применяться в качестве катализаторов полимеризации, только когда они являются катализаторами на подложке, они делаются на подложке из подходящего матричного материала, такого как оксид алюминия, диоксид кремния или оксид магния. Обычные катализаторы Циглера-Натта представляют собой стереоспецифические комплексы, образующиеся из галогенида переходного металла, такого как титан, хром или ванадий, с гидридом металла и/или металл-алкилом, обычно, алюминийорганическим соединением, таким как алкилалюминиевое соединение, например триэтилалюминий (ТЭАЛ), триметилалюминий (ТМА) или триизобутилалюминий (ТИБАЛ), в качестве сокатализатора. Как полимеризация в жидкофазной взвеси (суспензии), так и полимеризация в газовой фазе катализируются с использованием катализаторов Циглера-Натта. Хотя скорость полимеризации увеличивается с повышением температуры, температуры реакции выше 70-100°C применяются редко, так как высокие температуры приводят к потере стереоспецифичности, а также уменьшению скоростей полимеризации в результате пониженной стабильности катализатора. В настоящее время во многих способах получения полиолефинов катализаторы на основе металлоценов вытесняют некоторые катализаторы Циглера-Натта.

Другие катализаторы на основе переходных металлов, которые применяют для полимеризации этилена, основаны на оксидах хрома или молибдена. Другие системы переходных металлов включают органические соединения переходных металлов с π -аллильными, циклопентадиенильными, норборнильными, бензильными и арильными группами, а также соединения, включающие группы такого типа, примерами которых служат неопентильные и замещенные силлилметильные соединения. Катализаторы, способствующие разветвлению полимеров, применяются тогда, когда стремятся к полиэтилену низкой плотности.

В типовом процессе полимеризации в жидкофазной взвеси (суспензии) этиленовый или пропиленовый мономер растворяют в органической реакционной среде, а затем осуществляют контактирование с корпускулярным катализатором. Полиэтилен или полипропилен, которые образуются, также растворяют в органической среде, которая может становиться достаточно вязкой. Хотя скорость полимеризации увеличивается с возрастанием температуры, температуру реакции редко поднимают выше 70-100°C, поскольку высокие температуры приводят к потере стереоспецифичности, а также уменьшают скорость полимеризации в результате пониженной стабильности катализатора.

В настоящее время обычно считается, что полимеризация в растворе ограничивается получением полиэтилена и полипропилена с низким молекулярным весом. Существующие способы и производственные установки для получения таких полимеров типично испытывают множество ограничений, вклю-

чающих ограничения, связанные с массопереносом, выходом продукта, размером установки и потребляемой энергией. Соответственно, существует постоянный интерес в разработке путей повышения селективности и выхода полимеров в результате каталитической полимеризации этиленового и пропиленового мономеров.

Сущность изобретения

В соответствии с определенными вариантами осуществления изобретения раскрывается способ получения полиэтилена, который включает введение в смешивающее устройство высокой скорости сдвига, выполненное с возможностью осуществления кавитации с интенсивностью, достаточной для диссоциации одного или нескольких реагентов на свободные радикалы, этилена и катализатора полимеризации, диспергированных в растворителе, с образованием смеси, содержащей частицы субмикронного размера, и наложение на указанную смесь условий полимеризации, включающих давление от примерно 203 до примерно 6080 кПа и температуру от примерно 20 до примерно 230°C, с осуществлением полимеризации по меньшей мере части указанного этилена с образованием полиэтилена. В некоторых вариантах осуществления смесь высокой скорости сдвига включает пузырьки, содержащие газообразный этилен, субмикронного размера.

В соответствии с определенными вариантами осуществления изобретения предлагается способ получения полипропилена, который включает введение в смешивающее устройство высокой скорости сдвига, выполненное с возможностью осуществления кавитации с интенсивностью, достаточной для диссоциации одного или нескольких реагентов на свободные радикалы, пропилена и катализатора полимеризации, диспергированных в растворителе, с образованием смеси, содержащей частицы субмикронного размера, и наложение на смесь давления от примерно 203 до примерно 6080 кПа и температуру от примерно 20 до примерно 230°C, с осуществлением полимеризации по меньшей мере части указанного пропилена с образованием полипропилена. В некоторых вариантах осуществления смесь высокой скорости сдвига включает пузырьки, содержащие газообразный пропилен, субмикронного размера.

В соответствии с определенными вариантами осуществления изобретения предлагается способ получения сополимера этилена и пропилена, включающий введение в устройство высокой скорости сдвига, выполненное с возможностью осуществления кавитации с интенсивностью, достаточной для диссоциации одного или нескольких реагентов на свободные радикалы, растворителя и мономера, выбранного из группы, включающей этилен, пропилен, и их комбинации, с образованием смеси и наложение на указанную смесь условий полимеризации, включающих давление от примерно 203 до примерно 6080 кПа и температуру в диапазоне от примерно 20 до примерно 230°C, с образованием указанного сополимера. В некоторых вариантах осуществления смесь высокой скорости сдвига включает пузырьки, содержащие газообразный этилен или пропилен, субмикронного размера, диспергированные в растворителе.

В соответствии с определенными вариантами осуществления изобретения предлагается система получения полиэтилена или полипропилена, которая включает по меньшей мере одно смешивающее устройство высокой скорости сдвига, выполненное с возможностью образования нанодисперсии частиц или пузырьков субмикронного размера и осуществления кавитации с интенсивностью, достаточной для диссоциации одного или нескольких реагентов на свободные радикалы, диспергированных в жидкой или газовой фазе, содержащей мономер, выбранный из группы, включающей этилен, пропилен, и их комбинации, насос, выполненный с возможностью подачи сжатого жидкого потока, содержащего указанный мономер, в указанное смешивающее устройство высокой скорости сдвига, и резервуар, выполненный с возможностью приема указанной нанодисперсии из указанного смешивающего устройства высокой скорости сдвига и поддержания заданных давления и температуры.

Перечень фигур, чертежей и иных материалов

Фиг. 1 представляет технологическую схему процесса получения полиэтилена или полипропилена, в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 2 представляет собой вид продольного сечения многоступенчатого устройства высокой скорости сдвига, которое применяется в вариантах осуществления системы фиг. 1.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

Настоящие способы и системы получения полиэтилена и полипропилена из различных сополимеров посредством гетерогенной полимеризации в жидкой и твердой фазах, жидкой, газообразной и твердой фазах или газообразной и твердой фазах соответствующих мономеров и сомономеров в присутствии подходящего катализатора или инициатора включают внешнее механическое устройство высокой скорости сдвига для обеспечения быстрого контактирования и перемешивания химических ингредиентов в контролируемой среде в перемешивающем устройстве высокой скорости сдвига, и отдельный резервуар или реактор. Устройство высокой скорости сдвига уменьшает ограничения на реакцию, связанные с массопереносом и таким образом, увеличивают общую скорость реакции.

Скорость химических реакций, в которых участвуют жидкости, газы и твердые вещества, подчиняется кинетическим законам и зависит от времени контактирования, температуры и давления. В случаях, когда желательнее, чтобы прореагировали два или более необработанных материала в различных фазовых состояниях (например, твердое вещество и жидкость; жидкость и газ; твердое вещество, жидкость и газ), один из ограничивающих факторов, контролирующих скорость реакции, включает время контактирова-

ния реагентов. В случае гетерогенно катализируемых реакций существует дополнительный фактор, ограничивающий скорость, а именно удаление продуктов реакции с поверхности катализатора, для того, чтобы дать возможность катализатору далее катализировать реагенты. Время контактирования реагентов и/или катализатора часто контролируется перемешиванием, которое обеспечивает контакт с двумя или более реагентами, участвующими в химической реакции. Реактор в сборе, который включает внешнее устройство или смеситель высокой скорости сдвига, описываемое в изобретении, дает возможность уменьшить ограничения, связанные с массопереносом, и тем самым позволяет реакции более тесно приближаться к кинетическим ограничениям. Когда скорость реакции увеличивается, время пребывания может быть уменьшено, увеличивая тем самым получаемую производительность. Выход продукта может быть увеличен как результат применения системы и способа высокой скорости сдвига. Альтернативно, если выход продукта в существующем способе является приемлемым, уменьшение требуемого времени пребывания с помощью применения высокой скорости сдвига может дать возможность применить более низкие температуру и/или давления, чем применяются в традиционных процессах. В некоторых случаях оказывается возможным уменьшить размер реактора, сохраняя прежний выход продукта.

Система получения полиэтилена и полипропилена. Система высокой скорости сдвига будет описываться со ссылкой на фиг. 1, которая представляет собой технологическую схему процесса варианта осуществления системы 1 высокой скорости сдвига для получения полиэтилена или полипропилена посредством каталитической полимеризации соответствующего мономера. Должно пониматься, что аналогичные способ и система применяются для получения сополимеров полиэтилена и/или полипропилена из соответствующих мономеров и выбранных сомономеров. Например, некоторые подходящие сомомеры для полимеризации с этиленом или пропиленом включают короткоцепочечные альфа-олефины, такие как 1-бутен, 1-гексен и 1-октен, винилацетат и разнообразные акрилаты. Основные компоненты представленной системы включают внешнее перемешивающее устройство 40 высокой скорости сдвига (УВСС), резервуар 10 и насос 5. Как показано на фиг. 1, устройство 40 высокой скорости сдвига расположено снаружи резервуара/реактора 10. Каждой из этих компонентов дополнительно детально описывается ниже. Линия 21 связана с насосом 5 для введения жидкого потока, содержащего растворитель и/или мономер. Линия 13 соединяет насос 5 с УВСС 40, а линия 18 соединяет УВСС 40 с резервуаром 10. Линия 22 может соединяться с линией 13 для введения суспензии тонко измельченного катализатора, суспендированного в подходящем растворителе. Линия 17 соединяется с резервуаром 10 для выведения удаляемого газа. Между резервуаром 10 и УВСС 40 или перед насосом 5 или УВСС 40 при желании могут быть введены дополнительные компоненты или этапы способа. В альтернативной конфигурации, вместо этого линия 22 выполнена для введения потока газообразного мономера в УВСС 40, с образованием дисперсии газа и твердого вещества, как детально описывается ниже. В еще одной альтернативной конфигурации, линия 22 выполнена для подачи потока корпускулярного катализатора, а линия 13 выполнена для подачи растворителя в УВСС 40.

Перемешивающее устройство высокой скорости сдвига. Как показано на фиг. 1, внешнее перемешивающее устройство 40 высокой скорости сдвига (УВСС), также иногда упоминаемое как смеситель высокой скорости сдвига, выполнено для получения входящего потока через линию 13. Альтернативно, система 1 может быть выполнена более чем с одной входящей линией (не показано). Например, УВСС 40 может быть выполнено для получения потоков мономера и катализатора через отдельные входные линии. Хотя на фиг. 1 показано только одно устройство высокой скорости сдвига, должно быть понятно, что некоторые варианты осуществления системы могут иметь два или более перемешивающих устройств высокой скорости сдвига, расположенных либо последовательно, либо параллельно. УВСС 40 представляет собой механическое устройство, которое использует один или более генераторов, содержащих наборы ротор/статор, каждый из которых имеет фиксированный зазор между статором и ротором. УВСС 40 выполнено таким образом, что оно способно создавать дисперсию с частицами субмикронного (т.е. меньше чем 1 мкм в диаметре) и/или микронного размера (например, частицы катализатора), диспергированными в газовой или жидкой среде, текущую через смешивающее устройство. Например, в некоторых вариантах осуществления УВСС 40 способно тонко диспергировать катализатор полимеризации в основной жидкой фазе, включающей мономер и растворитель, которые нормально являются несмешиваемыми, в таких условиях, что по крайней мере часть мономера реагирует с образованием потока продукта полимеризации. Альтернативно, УВСС 40 выполнено для получения дисперсии, содержащей пузырьки субмикронного и микронного размера (например, газообразного мономера), диспергированные в жидкой среде, включающей растворитель. В другом альтернативном варианте осуществления, УВСС 40 выполнено для получения дисперсии, содержащей пузырьки мономера субмикронного и микронного размера и частички катализатора, диспергированные в жидкой среде растворителя. Для проведения определенных гетерофазных реакций в газовой и твердой фазах УВСС 40 выполнено для диспергирования частичек катализатора в основной газовой фазе мономера. В еще одном альтернативном варианте осуществления, УВСС 40 выполнено для диспергирования катализатора и газообразного мономера в жидком растворителе или в жидкой фазе растворитель-мономер, для определенных гетерогенных реакций полимеризации в жидкой-газовой-твердой фазах. Перемешивающее устройство высокой скорости сдвига включает камеру или емкость и можно контролировать давление и температуру реакционной смеси.

Перемешивающие устройства высокой скорости сдвига в целом делятся на три основных класса на основании их способности к перемешиванию текучей среды. Перемешивание представляет собой способ уменьшения размера частиц или неоднородностей внутри текучей среды. Один показатель степени или полноты перемешивания представляет собой плотность энергии на единицу объема, которую генерирует перемешивающее устройство для разрушения частиц текучей среды. Классы различаются на основании плотностей подаваемой энергии. Три класса промышленных смесителей, обладающих достаточной плотностью энергии для последовательно получаемых смесей или дисперсий с размером частиц в диапазоне от субмикрона до 50 мкм, включают клапанную систему для гомогенизации, коллоидные мельницы и смесители высокой скорости. В первом классе устройств с высокой энергией, упоминаемых как клапанная система гомогенизации, текучая среда для переработки закачивается под очень высоким давлением через узкозонный клапан в среду с меньшим давлением. Градиент давления в клапане и возникающие турбулентность и кавитация действуют для разрушения любых частиц текучей среды. Такие клапанные системы наиболее часто применяются для гомогенизации молока и могут давать средний размер частиц в диапазоне 0-1 мкм.

На противоположном конце спектра плотности энергии лежит третий класс устройств, упоминаемый как устройства низкой энергии. Эти системы обычно имеют лопаточные или жидкостные роторы, которые поворачиваются с высокой скоростью в резервуаре с текучей средой для переработки, для которых многие из наиболее обычных применений представляют собой пищевые продукты. Эти системы низкой энергии обычно применяют, когда в перерабатываемой текучей среде допустим средний размер частиц больше 20 мкм.

Между устройствами низкой энергии и клапанными системами гомогенизации, в терминах прилагаемой к текучей среде плотности энергии перемешивания, лежат коллоидные мельницы и другие высокоскоростные роторно-статорные устройства, которые классифицируются, как промежуточные по энергии устройства. Типовая конструкция коллоидной мельницы включает конический или дисковый ротор, который отделен от работающего совместно статора, охлаждаемого жидкостью, тщательно контролируемым роторно-статорным зазором, который обычно составляет от 0,0254 до 10,16 мм (0,001-0,40 дюймов). Роторы обычно приводятся в действие электрическим двигателем напрямую или через приводной механизм. Поскольку ротор вращается при высоких скоростях, он закачивает текучую среду между внешней поверхностью ротора и внутренней поверхностью статора, и силы сдвига, генерируемые в зазоре, воздействуют на текучую среду. Многие коллоидные мельницы с соответствующей настройкой достигают при переработке текучей среды среднего размера частиц 0,1-25 мкм. Эти возможности делают коллоидные мельницы подходящими для множества применений, включая переработку коллоидной и маслянисто/водной эмульсии, так как это требуется для создания косметики, майонеза или силиконо/серебряной амальгамы, для перемешивания кровельной мастики.

Приблизительная энергия, прилагаемая к текучей среде (кВт/л/мин), может быть оценена посредством измерения энергии двигателя (кВт) и пропускной способности текучей среды (л/мин). Скорость на конце лопатки представляет собой окружное расстояние, проходимое концом лопатки ротора за единицу времени. Скорость на конце лопатки, таким образом, является функцией диаметра ротора и частоты вращения. Скорость на конце лопатки (например, в м/мин) может быть вычислена путем умножения окружного расстояния, проходимого концом лопатки ротора, $2\pi R$, где R представляет собой радиус ротора (например, в м), на частоту оборотов (например, об/мин). Коллоидная мельница, например, может иметь скорость на конце лопатки свыше 22,9 м/с (4500 футов/мин), которая может превышать 40 м/с (7900 футов/мин). Применимо к данному описанию термин "высокая скорость сдвига" относится к механическим роторно-статорным устройствам (например, коллоидным мельницам или роторно-статорным диспергаторам), которые способны достигать скорости на конце лопатки свыше 5,1 м/с (1000 футов/мин) и требуют внешнего механически запускаемого источника энергии для передачи энергии в поток продуктов, предназначенных для реакции. Например, в УВСС 40 достигается скорость на конце лопатки свыше 22,9 м/с (4500 футов/мин), и она может превышать 40 м/с (7900 футов/мин). В некоторых вариантах осуществления УВСС 40 способно доставлять текучую среду по крайней мере 300 л/ч при потребляемой энергии 1,5 кВт и номинальной скорости на конце лопатки по крайней мере 22,9 м/с (4500 футов/мин).

УВСС 40 объединяет высокую скорость на конце лопатки с очень маленьким сдвиговым зазором, производя значительный сдвиг на перерабатываемом материале. Величина сдвига будет зависеть от вязкости текучей среды. Соответственно, во время работы устройства высокой скорости сдвига на конце ротора создается локальная зона повышенных давления и температуры. В некоторых случаях локально повышенное давление составляет около 1034,2 МПа (150,000 фунтов/кв.дюйм). В некоторых случаях локально повышенная температура составляет около 500°C. В некоторых случаях эти локальные повышения давления и температуры могут продолжаться в течение нано- или пикосекунд. В некоторых вариантах осуществления потребление энергии смешивающим устройством высокой скорости сдвига больше чем 1000 Вт/м³. В вариантах осуществления потребления энергии УВСС 40 находится в диапазоне от приблизительно 3000 до приблизительно 7500 Вт/м³. Скорость сдвига представляет собой скорость конца лопатки, деленную на величину сдвигового зазора (минимальный зазор между ротором и статором).

Скорость сдвига, создаваемая в УВСС 40, может быть более 20000 с^{-1} . В некоторых вариантах осуществления скорость сдвига равна по крайней мере 1600000 с^{-1} . В некоторых вариантах осуществления скорость сдвига, создаваемая в УВСС 40, находится в диапазоне от 20000 до 100000 с^{-1} . Например, в одной из заявок скорость на конце лопатки ротора составляет около 40 м/с (7900 футов/мин) и величина сдвигового зазора составляет $0,0254 \text{ мм}$ ($0,001$ дюймов), что дает скорость сдвига 1600000 с^{-1} . В другой заявке скорость на конце лопатки ротора составляет около $22,9 \text{ м/с}$ (4500 футов/мин) и величина сдвигового зазора составляет $0,0254 \text{ мм}$ ($0,001$ дюймов), что дает скорость сдвига 902000 с^{-1} .

В некоторых вариантах осуществления УВСС 40 включает коллоидную мельницу. Подходящие коллоидные мельницы производятся, например, IKA® Works, Inc. Wilmington, NC и APV North America, Inc. Wilmington, MA. В некоторых случаях УВСС 40 включает реактор Dispax Reactor® от IKA® Works, Inc. Доступны несколько моделей, имеющих различные соединения входного и выходного отверстий, мощность, номинальную скорость на конце лопатки, обороты на выходе и номинальную скорость потока. Выбор конкретного устройства будет зависеть от специфических требований производительности для предполагаемого применения, и от желаемого размера частиц в дисперсии, выходящей из смесителя высокой скорости сдвига. В некоторых вариантах осуществления выбор соответствующих смешивающих механизмов (генераторов) в составе УВСС 40 может позволить уменьшить размер катализатора/увеличить площадь поверхности катализатора.

Устройство высокой скорости сдвига содержит по крайней мере один вращающийся элемент, который создает механическое усилие, прилагаемое к реагентам. Устройство высокой скорости сдвига включает по крайней мере один статор и по крайней мере один ротор, разделенные зазором. Например, ротор может быть конической или дисковой формы и может отделяться от взаимодополняющего по форме статора; как ротор, так и статор могут включать группу расположенных на одной окружности зубцов. В некоторых вариантах осуществления статор(ы) является регулируемым для получения желаемого сдвигового зазора между ротором и статором каждого генератора (набора ротор/статор). Пазы между зубцами ротора и/или статора могут чередоваться по направлению в чередующихся ступенях для увеличения турбулентности. Каждый генератор может приводиться в действие любым подходящим приводным устройством, выполненным для обеспечения необходимого вращения.

В некоторых вариантах осуществления минимальный зазор между статором и ротором находится в диапазоне от примерно $0,0254$ до примерно $3,175 \text{ мм}$ (от примерно $0,001$ до примерно $0,125$ дюйма). В определенных вариантах осуществления минимальный зазор между статором и ротором составляет примерно $1,524 \text{ мм}$ ($0,060$ дюйма). В определенных конструкциях минимальный зазор между статором и ротором составляет по крайней мере $1,778 \text{ мм}$ ($0,07$ дюйма). Скорость сдвига, создаваемая смешивающим устройством высокой скорости сдвига, может изменяться вместе с продольным положением вдоль направления движения потока. В некоторых вариантах осуществления ротор настроен так, чтобы вращаться со скоростью, соответствующей диаметру ротора и желаемой окружной скоростью. В некоторых вариантах осуществления коллоидная мельница имеет фиксированный зазор между статором и ротором. Альтернативно, коллоидная мельница имеет регулируемый зазор.

В некоторых вариантах осуществления УВСС 40 содержит одноступенчатую дисперсионную камеру (например, единственный набор ротор/статор, единственный генератор). В некоторых вариантах осуществления устройства 40 высокой скорости сдвига представляет собой многоступенчатую коллоидную мельницу непрерывного смешивания и содержит группу генераторов. В определенных вариантах осуществления УВСС 40 содержит по крайней мере два генератора. В других вариантах осуществления устройство 40 высокой скорости сдвига содержит по крайней мере 3 генератора высокой скорости сдвига. В некоторых вариантах осуществления устройство 40 высокой скорости сдвига представляет собой многоступенчатый смеситель, в котором скорость сдвига (которая, как упоминалось выше, изменяется пропорционально скорости конца лопатки и обратно пропорционально величине зазора между ротором/статором) изменяется вместе с продольным положением вдоль направления движения потока, как дополнительно описывается в заявке ниже.

В некоторых вариантах осуществления каждая ступень внешнего устройства высокой скорости сдвига имеет взаимозаменяемые перемешивающие приспособления, обеспечивая гибкость. Например, DR 2000/4 Dispax Reactor® от IKA® Works, Inc. Wilmington, NC и APV North America, Inc. Wilmington, MA содержит трехступенчатый диспергирующий модуль. Этот модуль может содержать до трех наборов ротор/статор (генераторов), с возможностью выбора тонкого, среднего, грубого и супертонкого режима для каждой ступени. Это позволяет сделать эмульсию, обладающую узким распределением частиц желаемого размера. В некоторых вариантах осуществления каждая ступень приводится в действие супертонким генератором. В некоторых вариантах осуществления по крайней мере один генератор имеет минимальный зазор между ротором/статором более $5,08 \text{ мм}$ ($0,20$ дюйма). В некоторых вариантах осуществления по крайней мере один из набора генераторов имеет минимальный зазор между ротором/статором более $1,78 \text{ мм}$ ($0,07$ дюйма). В некоторых вариантах осуществления диаметр роторов составляет 60 мм , а диаметр статоров составляет 64 мм , обеспечивая зазор примерно 4 мм .

Теперь посмотрим фиг. 2, на которой представлено продольное сечение устройства 200 высокой

скорости сдвига. Устройство 200 высокой скорости сдвига представляет собой диспергирующее устройство, включающее три ступени или набора ротор-статор, 220, 230 и 240. Три набора ротор/статор или генераторы 220, 230 и 240 располагаются последовательно вдоль входного вала 250. Первый генератор 220 содержит ротор 222 и статор 227. Второй генератор 230 содержит ротор 223 и статор 228; третий генератор 240 содержит ротор 224 и статор 229. Ротор каждого генератора приводится во вращение входным валом 250 и вращается вокруг оси 260, как показано стрелкой 265. Статор 227 жестко крепится к стенке 255 устройства высокой скорости сдвига. Каждый генератор имеет величину сдвигового зазора, которая представляет собой минимальное расстояние между ротором и статором. Первый генератор 220 содержит первый сдвиговый зазор 225; второй генератор 230 содержит второй сдвиговый зазор 235; и третий генератор 240 содержит третий сдвиговый зазор 245. В некоторых вариантах осуществления сдвиговые зазоры 225, 235, 245 имеют ширину в диапазоне от примерно 0,025 до примерно 10,0 мм. В некоторых вариантах осуществления способ включает применение устройства 200 высокой скорости сдвига, в котором зазоры 225, 235, 245 имеют величину в диапазоне от примерно 0,5 до примерно 2,5 мм. В определенных случаях величина сдвигового зазора поддерживается около 1,5 мм. Альтернативно, величина сдвиговых зазоров 225, 235, 245 различна для генераторов 220, 230, 240. В определенных случаях величина сдвигового зазора 225 первого генератора 220 больше величины сдвигового зазора 235 второго генератора 230, которая, в свою очередь, больше величины сдвигового зазора 245 третьего генератора 240. Как упоминалось выше, генераторы каждой ступени могут быть взаимозаменяемыми, обеспечивая гибкость.

Генераторы 220, 230 и 240 могут включать грубую, среднюю, тонкую и супертонкую характеристики. Роторы 222, 223 и 224 и статоры 227, 228 и 229 могут иметь зубчатую конструкцию. Каждый генератор может содержать два или более наборов роторно-статорных зубца. Роторы 222, 223 и 224 могут содержать группу роторных зубцов, расположенных на одной окружности по периметру каждого ротора. Статоры 227, 228 и 229 могут содержать дополнительную группу роторных зубцов, расположенных на одной окружности по периметру каждого статора. В некоторых вариантах осуществления внутренний диаметр ротора составляет около 11,8 см. В вариантах осуществления внешний диаметр статора составляет около 15,4 см. В определенных вариантах осуществления каждая из трех ступеней приводится в действие супертонким генератором, содержащим сдвиговый зазор между примерно 0,025 мм и примерно 3 мм. Для приложений, в которых через устройство 200 высокой скорости сдвига проходят твердые частицы, может быть выбрана соответствующая величина сдвигового зазора для уменьшения размера частиц и увеличения площади поверхности частиц. В некоторых вариантах осуществления диспергатор выполнен таким образом, чтобы скорость сдвига увеличивалась пошагово вдоль направления движения потока. Например, IKA® модель DR 2000/4, включает приводной ремень, 4М генератор, ПТФЭ уплотнительное кольцо, входной фланцевый 25,4 мм (1 дюйм) санитарный хомут, выходной фланцевый 19 мм (3/4 дюйма) санитарный хомут, мощность 1,5 кВт (2 л.с), скорость на выходном валу 7900 об/мин, пропускная способность (воды) приблизительно 300-700 л/ч (в зависимости от генератора), окружная скорость от 9,4 до 41 м/с (1850 до 8070 футов/мин).

Реактор/резервуар.

Резервуар 10 может представлять собой любой тип резервуара, в котором могут быть проведены многофазные реакции вышеописанного типа. Например, резервуар 10 может представлять собой башенный реактор, трубчатый реактор или многотрубчатый реактор или может представлять собой реактор с неподвижным слоем. В некоторых вариантах осуществления резервуар 10 может представлять собой непрерывный или полунепрерывный реактор с мешалкой или могут применяться один или более реакторов периодического действия, установленные последовательно или параллельно. Одна или более линии 15 могут соединяться с резервуаром 10 для введения исходного растворителя и мономера или для впрыскивания катализатора или других материалов.

Резервуар 10 может включать один или более из следующих компонентов: устройство перемешивания, возможность нагрева и/или охлаждения, прибор для измерения давления, прибор для измерения температуры, одну или более точку нагнетания и регулятор уровня (не показан), как известно в области конструирования реакционных резервуаров. Например, устройство перемешивания может включать приводной смеситель. Устройства для нагрева и/или охлаждения могут включать, например, теплообменник. Альтернативно, поскольку в некоторых вариантах осуществления внутри УВСС 40 может происходить большая часть реакции полимеризации, резервуар 10 в некоторых случаях может служить в первую очередь как резервуар для хранения. Хотя в общем случае менее желательно, в некоторых заявках резервуар 10 может быть опущен, особенно если составные устройства высокой скорости сдвига/реакторы применяются последовательно, как дополнительно описывается ниже. Линия 16 соединяется с резервуаром 10 для отвода или выведения полиэтилена, полипропилена или продукта сополимеризации.

Теплообменники.

В дополнение к вышеупомянутым нагревательным/охлаждающим возможностям резервуара 10, в вариантах осуществления, проиллюстрированных на фиг. 1, также предусмотрены другие внешние или внутренние теплообменники для нагрева или охлаждения перерабатываемого потока. Некоторые подходящие месторасположения для одного или более таких теплообменников находятся между насосом 5 и УВСС 40, между УВСС 40 и резервуаром 10 и между резервуаром 10 и насосом 5, когда система 1 работает в многопроходном режиме. Некоторые неограничивающие примеры таких теплообменников представляют собой кожух, трубку, пластину и индукционную катушку, которые известны в области техники.

Насосы.

Насос 5 выполнен либо для непрерывной, либо для полунепрерывной работы и может представлять собой любое подходящее насосное устройство, которое способно обеспечить давление больше 203 кПа (2 атм), предпочтительно больше 304 кПа (3 атм), для того чтобы дать возможность контролировать поток через УВСС 40 и систему 1. Например, Roper Type 1 шестеренчатый насос, Roper Pump Company (Commerce Georgia) Dayton Pressure Booster Pump Model 2P372E, Dayton Electric Co (Niles, IL) представляет собой один из подходящих насосов. Предпочтительно, чтобы все соприкасающиеся части насоса были выполнены из нержавеющей стали. Если будут прокачиваться коррозионные вещества, может быть желательно, чтобы соприкасающиеся поверхности были покрыты золотом. В некоторых вариантах осуществления системы насос 5 способен обеспечивать давление большее чем примерно 2027 кПа (20 атм). В дополнение к насосу 5, в систему, проиллюстрированную на фиг. 1, может быть включен один или более дополнительных насосов высокого давления (не показаны). Например, насос высокого давления, который может быть аналогичным насосу 5, может быть включен между УВСС 40 и резервуаром 10 для повышения давления в резервуаре 10. В качестве другого примера дополнительный питающий насос, который может быть аналогичным насосу 5, может быть включен в линию 15 для введения мономера, растворителя, инициатора или катализатора в резервуар 10. Линия 24 соединяет резервуар 10 с линией 21 для введения исходного жидкого потока в УВСС 40 через насос 5 и линию 13, или для многопроходного режима, как дополнительно описывается ниже. В еще одном варианте осуществления насос компрессорного типа может быть размещен между линией 17 и HSD 40 для рециркулирования газа из резервуара 10 во входное отверстие устройства высокой скорости сдвига.

Способ получения полиэтилена или полипропилена.

При получении полимеров путем гетерогенной каталитической реакции этилена и/или пропилена в жидкой и твердой фазах или жидкой, твердой и газовой фазах мономер(ы), любые желаемые сомомеры и растворитель сначала смешиваются в резервуаре 10. Мономеры и/или растворитель могут первоначально вводиться в резервуар 10 через одну или более подающие линии 15. В некоторых вариантах осуществления раствор мономера содержит около 70% этилена или пропилена, растворенного в подходящем органическом растворителе, таком как, например, гексан, циклогексан, бутан или пентан.

Способ может выполняться либо в непрерывном, либо в полунепрерывном поточном режиме или может выполняться в пакетном режиме. Содержимое резервуара 10 поддерживается при определенной средней температуре реакционной массы с использованием подходящих нагревательных и/или охлаждающих возможностей (например, змеевикового холодильника) и приборов для измерения температуры. Давление в резервуаре может отслеживаться с использованием подходящих инструментов для измерения давления, и уровень реагентов в резервуаре может контролироваться с использованием регулятора уровня (не показано), применяя технологии, известные специалистам в данной области. Содержимое перемешивается или циркулирует непрерывно или полунепрерывно.

Насос 5 работает для прокачивания жидкого потока (например, раствора растворителя или раствора мономер-растворитель) из реактора/резервуара 10, через линии 24 и 21, и для создания давления и питания УВСС 40, обеспечивая контролируемый поток через линию 13 и смеситель 40 высокой скорости сдвига (УВСС), и во всей системе 1 высокой скорости сдвига. В некоторых вариантах осуществления насос 5 повышает давление жидкого потока до величины выше 203 кПа (2 атм), предпочтительно выше 304 кПа (3 атм). В некоторых приложениях может применяться давление выше примерно 2027 кПа (20 атм) для ускорения реакций, при этом ограничивающим фактором служит ограничение по давлению выбранного насоса 5 и смесителя 40 высокой скорости сдвига. В некоторых случаях газообразный мономер может вводиться через линию, аналогичную линии 22 в жидкий поток, протекающий через линию 13. В некоторых вариантах осуществления поток, содержащий мономер, в линии 13 включает этиленовый и/или полиэтиленовый мономер плюс любые желаемые сомомеры, растворенные в подходящем растворителе, для каталитической полимеризации мономеров с образованием полиэтилена или полипропилена или их сополимера. В некоторых вариантах осуществления поток, содержащий мономер, включает растворитель и пузырьки газообразного мономера с или без частичек катализатора или инициатора.

Катализатор.

Взвесь тонко измельченного катализатора, суспендированного в подходящем растворителе, объединяют с потоком мономера или с потоком растворитель-мономер, в линии 13, вводя его через линию 22. В некоторых вариантах осуществления взвесь катализатора содержит от примерно 0,00001 до 0,1% ката-

лизатора Циглера-Натта, такого как $TiCl_4$ /алкиламмонийхлорид. В некоторых вариантах осуществления катализатор представляет собой металлоценовый катализатор. Металлоценовые соединения состоят из двух циклопентадиенильных анионов (Ср), связанных с центральным металлом с валентностью II, в общем виде соответствуют общей формуле $(C_5R_5)_2M$. Катализаторы Циглера-Натта и металлоценовые катализаторы хорошо известны в области полимеризации олефинов. Альтернативно, в настоящем способе может применяться любой подходящий катализатор полимеризации олефинов. В некоторых вариантах осуществления, в которых твердый катализатор передается через УВСС 40, выбранные приспособления смешивания (например, наборы ротор/статор или генераторы) позволяют уменьшить размер катализатора и/или увеличить площадь поверхности катализатора.

Жидкий поток, содержащий мономер, непрерывно накачивается в линию 13 с образованием входящего потока, поступающего в смеситель высокой скорости сдвига. Дополнительный растворитель может вводиться в линию 13, а в некоторых вариантах осуществления мономер и/или растворитель независимо вводятся в УВСС 40. Применяемое действительное соотношение сырых исходных материалов определяется на основании желаемой селективности и рабочих температуры и давления. В некоторых вариантах осуществления давление во всей системе 1 поддерживается достаточно высоким для того, чтобы удерживать мономер в растворе. Для целей данного описания термины "давление на поверхности" и "температура на поверхности" относятся к очевидному объемному или измеряемому давлению или температуре соответственно в резервуаре, трубопроводе или других устройствах системы. Действительные температуры и/или давления, при которых реагенты осуществляют контакт и реагируют в микроокружении кратковременной полости, создаваемой гидродинамическими силами в смесителе высокой скорости сдвига, могут достаточно сильно различаться, как дополнительно описано в документе.

После закачивания катализатор и жидкая фаза мономера смешиваются в УВСС 40, которое служит для получения тонкой дисперсии катализатора в жидкой фазе, содержащей мономер, которая может также включать инициатор (катализатор). В некоторых вариантах осуществления это создает тонкую смесь, эмульсию или дисперсию реагентов, которая также может включать катализатор. При использовании в описании термин "дисперсия" относится к смеси, превращенной в жидкое состояние, которая содержит по крайней мере два различных вещества (или "фазы"), которые не являются легко перемешиваемыми и растворимыми друг в друге. Дисперсия включает дисперсную фазу (или матрицу), которая содержит в себе дискретные капельки, пузырьки и/или частицы другой фазы или вещества. Термин "дисперсия" может, таким образом, относиться к пенам, включающим пузырьки газа, суспендированным в жидкой дисперсной среде, эмульсиям, в которых капельки первой жидкости диспергированы по всему объему дисперсной фазы, включающей вторую жидкость, с которой первая жидкость не перемешивается, и жидких дисперсных фаз, во всем объеме которых распределены твердые частицы. Термин "дисперсия" охватывает дисперсные жидкие фазы, во всем объеме которых распределены пузырьки газа, дисперсные жидкие фазы, во всем объеме которых распределены твердые частицы (например, твердый катализатор), дисперсные фазы первой жидкости, во всем объеме которых распределены капельки второй жидкости, которая является практически нерастворимой в дисперсной фазе, и жидкие фазы, во всем объеме которых распределена любая из или комбинация твердых частиц, неперемешивающихся капелек жидкости и пузырьков газа. Следовательно, дисперсия может существовать в некоторых случаях в виде гомогенной смеси (например, фаза жидкость/жидкость) или в виде гетерогенной смеси (например, газ/жидкость, твердое вещество/жидкость или газ/твердое вещество/жидкость) в зависимости от природы материалов, выбранных для комбинации.

В УВСС 40 катализатор и мономер тщательно диспергируются так, что образуются наночастицы и микрочастицы для лучшего растворения в растворе и/или улучшения смешивания реагентов. Например, ИКА® модели DR 2000/4 трехступенчатое диспергирующее устройство высокой скорости сдвига, выполненное с тремя наборами ротор/статор, расположенными последовательно, применяется для создания дисперсии диспергированного катализатора в жидкой среде, содержащей мономер и любой инициатор (т.е. "реагенты"). Наборы ротор/статор могут быть выполнены, например, как показано на фиг. 2. Для некоторых приложений направление вращения генераторов может быть противоположным тому, как показано стрелкой 265 (например, по часовой стрелке или против часовой стрелки вокруг оси вращения 260). Объединенные реагенты поступают в смеситель высокой скорости сдвига через линию 13 и поступают на первую ступень набора ротор/статор, имеющей расположенные на одной окружности сдвигающие отверстия первой ступени. В некоторых приложениях направление потока реагентов, поступающих во входное отверстие 205, соответствует оси вращения 260. Грубая дисперсия, выходящая из первой ступени, поступает на вторую роторно/статорную ступень, имеющую вторую ступень сдвигающих отверстий. Дисперсия с меньшими размерами капелек, получающаяся на второй ступени, поступает на третью ступень набора ротор/статор, имеющую третью ступень сдвигающих отверстий. Дисперсия выходит из смесителя высокой скорости сдвига через линию 18. В некоторых вариантах осуществления скорость сдвига увеличивается ступенчато вдоль продольного направления потока. Например, в некоторых вариантах осуществления скорость сдвига на первой роторно/статорной ступени больше, чем скорость сдвига на последующей ступени(ступенях). В других вариантах осуществления скорость сдвига практически постоянна вдоль направления движения потока, оставаясь одной и той же от ступени к ступени. Если

смеситель высокой скорости сдвига включает ПТФЭ прокладку, например, прокладка может охлаждаться с использованием любой подходящей технологии, которая известна в области. Например, поток реагента, текущий по линии 13, может использоваться для охлаждения прокладки и при этом предварительно нагреваться до желаемой степени перед поступлением в смеситель высокой скорости сдвига.

Ротор УВСС 40 устанавливается для вращения со скоростью, соизмеримой с диаметром ротора и желаемой окружной скоростью. Как описывалось выше, смеситель высокой скорости сдвига (например, коллоидная мельница) имеет либо фиксированный зазор между статором и ротором, либо переменный регулируемый зазор. УВСС 40 предназначено для тщательного перемешивания катализатора и жидкой фазы (т.е. мономера или растворителя или их обоих). В некоторых вариантах осуществления способа сопротивление переносу реагентов уменьшается при работе смесителя высокой скорости сдвига, так что скорость реакции увеличивается больше чем примерно в 5 раз. В некоторых вариантах осуществления скорость реакции увеличивается по крайней мере в 10 раз. В некоторых вариантах осуществления скорость увеличивается в диапазоне от примерно 10 до примерно 100 раз. В некоторых вариантах осуществления УВСС 40 создает поток по крайней мере 300 л/ч с потребляемой мощностью 1,5 кВт при номинальной окружной скорости по крайней мере 22,9 м/с (4500 футов/мин), которая может превышать 40 м/с (7900 футов/мин).

Хотя измерение мгновенной температуры и давления на конце вращающегося устройства высокой скорости сдвига или вращающегося элемента в УВСС 40 является трудным, оценивается, что локализованная температура, наблюдаемая при тщательном перемешивании реагентов, превышает 500°C при давлении, превышающем 5000 кПа (500 кг/см²) в условиях кавитации. Перемешивание высокой скоростью сдвига приводит к формированию дисперсии частичек катализатора микронного или субмикронного размера (т.е. средний диаметр менее 1 мкм). В некоторых вариантах осуществления полученная дисперсия имеет средний размер частичек меньший чем примерно 1,5 мкм. В некоторых вариантах осуществления средний размер капельки составляет меньше 1 мкм в диаметре. Соответственно, дисперсия, выходящая из УВСС 40 через линию 18, включает частички микронного и/или субмикронного размера. В некоторых вариантах осуществления средний размер частичек находится в диапазоне от примерно 0,4 до примерно 1,5 мкм. В некоторых вариантах осуществления средний размер частичек составляет менее примерно 400 нм, в диапазоне от примерно 200 до примерно 400 нм или в некоторых случаях может быть около 100 нм. В данном описании нанодисперсия представляет собой дисперсию гетерогенных фаз твердое вещество-жидкость, в которой размеры частичек в дисперсной фазе составляют менее 1000 нм (т.е. меньше 1 мкм в диаметре). Нанодисперсия иногда также упоминается как "дисперсия". Во многих вариантах осуществления нанодисперсия способна оставаться в дисперсном состоянии при атмосферном давлении по крайней мере в течение 15 мин.

После диспергирования полученная нанодисперсия выходит из УВСС 40 через линию 18 и поступает в резервуар 10, как показано на фиг. 1, в котором происходит или продолжает происходить полимеризация. При желании, дисперсия может быть дополнительно обработана перед поступлением в резервуар 10. Хотя в некоторых вариантах осуществления реакция полимеризации может происходить, по крайней мере в некоторой степени, без катализатора или инициатора, в большинстве вариантов осуществления включен катализатор или инициатор. Некоторые подходящие типы катализаторов представляют собой катализаторы Циглера-Натта и металлоценовые катализаторы, как описывалось выше. Альтернативно, может применяться другой подходящий катализатор полимеризации олефинов. В некоторых вариантах осуществления добавляется переносчик кинетической цепи (т.е. водород) для завершения процесса полимеризации и контроля за молекулярным весом полимеров. Водород может добавляться в любой точке процесса полимеризации, где желателен окончание цепи. Одна или более таких добавок могут вводиться в линию 13, линию 18 или любую другую подходящую точку процесса, или как показано на технологической схеме, изображенной на фиг. 1. В некоторых вариантах осуществления происходит гетерогенная реакция, в которой тщательно смешанные мономер и тонко измельченный катализатор образуют высокодисперсную жидкость. В некоторых вариантах осуществления в результате тщательного смешивания реагентов перед поступлением в реактор 10 значительная часть химической реакции может происходить в УВСС 40, в присутствии катализатора или без него. Полимеризация мономера с образованием соответствующего полимера будет происходить там, где созданы подходящие условия по времени, температуре и давлению, которой в некоторых случаях способствуют присутствию катализатора и/или инициатора. В этом смысле полимеризация мономера может происходить в любой точке технологической диаграммы, показанной на фиг. 1, если существуют подходящие условия по температуре и давлению. Обычно желателен дискретный реактор, для обеспечения увеличенного времени пребывания, перемешивания и нагрева и/или охлаждения объема реагентов. Соответственно, в некоторых вариантах осуществления реактор/резервуар 10 может использоваться в первую очередь для нагрева и отделения летучих продуктов реакции (т.е. выходного газа) от продукта полимеризации.

Альтернативно, резервуар 10 может служить в качестве первичного реакционного резервуара, где получается большинство полимеров в некоторых вариантах осуществления. Например, процесс может выполняться за однократный проход или как проточный процесс для того, чтобы минимизировать воздействие сдвига на образованный полимер, в случае чего резервуар 10 может служить в качестве пер-

вичного реакционного резервуара. Резервуар/реактор 10 может работать либо в непрерывных условиях, либо в полунепрерывном поточном режиме или может работать в пакетном режиме. Содержимое резервуара 10 может поддерживаться при определенной температуре реакции с использованием нагревательных и/или охлаждающих возможностей (например, охлаждающего змеевика) и приборов для измерения температуры. Давление в резервуаре может контролироваться с использованием приборов для измерения давления, а уровень реагентов в резервуаре может контролироваться с использованием регулятора уровня (не показано), способами известными специалистам в данной области. Содержимое перемешивается непрерывно или полунепрерывно.

Среднюю объемную или общую рабочую температуру реагентов желательно поддерживать ниже их точки воспламенения. В некоторых вариантах осуществления рабочие условия системы 1 включают температуру в диапазоне от примерно 200 до примерно 230°C. В некоторых вариантах осуществления температура меньше чем примерно 200°C. В некоторых вариантах осуществления температура находится в диапазоне от примерно 160 до 180°C. В определенных вариантах осуществления температура реакции в резервуаре 10, в частности, находится в диапазоне от примерно 155 до примерно 160°C. В некоторых вариантах осуществления процесс осуществляется при комнатной температуре. В некоторых вариантах осуществления реакционное давление в резервуаре 10 находится в диапазоне от примерно 203 кПа (2 атм) до примерно 5573-6080 кПа (55-60 атм). В некоторых вариантах осуществления давление реакции находится в диапазоне от примерно 811 до примерно 1520 кПа (от примерно 8 до примерно 15 атм). В некоторых вариантах осуществления реакционное давление составляет менее 609 кПа (6 атм). Лучшее растворение и/или диспергирование, предусматриваемые внешним смешивающим устройством высокой скорости сдвига, потенциально позволяют уменьшить рабочее давление при сохранении или даже увеличении скорости реакции. Работа процесса полимеризации при пониженном давлении потенциально уменьшает износ материалов, составляющих реакторы, трубопроводы и механические части установок, а также вспомогательных устройств в некоторых вариантах осуществления улучшенного с помощью высокой скорости сдвига процесса полимеризации.

Продукт полимеризации может, по желанию, производиться непрерывно, полунепрерывно или в пакетном режиме и выводиться из системы 1 через линию 16 продукта. В некоторых вариантах осуществления для выведения продукта применяют группу линий 16 продукта реакции. Выходной газ, содержащий пары непрореагировавшего мономера и любые летучие побочные продукты реакции, например, выходит из реактора через линию 17. В некоторых случаях может быть желательным использовать насос компрессорного типа для возвращения выходных газов в линии 17 назад в УВСС 40. Выходной газ может дополнительно обрабатываться и выводиться или его компоненты могут быть, при желании, возвращены с использованием известных методик. Продукт реакции, включающий полимер и растворенный непревращенный мономер, выходит из реактора 10 через линию 16. В некоторых вариантах осуществления поток продукта дополнительно перерабатывается. Например, содержание непревращенного мономера в потоке продукта может быть уменьшено с использованием подходящих технологий, как известно в области. Полимерный продукт может применяться для получения любого из широкого разнообразия промышленных продуктов. Например, он может служить как исходный материал для получения упаковочных материалов, виниловых покрытий, водопроводных труб, обшивочных, обивочных или строительных материалов.

Многопроходная обработка.

Как показано на фиг. 1, система выполнена для однопроходной или многопроходной обработки, в которой, после первоначального приготовления раствора мономер-растворитель в резервуаре 10 и начала способа, выходное отверстие из линии 16 резервуара 10 ведет прямо к извлечению полимерного продукта или на дополнительную переработку. В некоторых вариантах осуществления может быть желательным, чтобы содержимое резервуара 10 или его фракция, содержащая непрореагировавший мономер, прошла через УВСС 40 за второй проход. В этом случае дисперсия и первоначально образованный полимер могут быть возвращены через линии 24 и 21, насос 5 и линию 13 в УВСС 40 для дополнительных диспергирования и реакции. Дополнительная суспензия катализатора может вводиться через линию 22 в линию 13 или может добавляться непосредственно в смеситель высокой скорости сдвига (не показано), если это необходимо. Дополнительный растворитель или мономер могут при необходимости вводиться в линию 13.

В некоторых вариантах осуществления два или более устройства высокой скорости сдвига, подобных УВСС 40 или выполненным по-другому, располагаются последовательно и применяются для дополнительного улучшения реакции. Их работа может производиться либо в пакетном, либо в непрерывном режиме. В некоторых случаях, в которых желателен один проход или один рабочий цикл, последовательное применение составных устройств высокой скорости сдвига также может давать преимущество. Например, в некоторых приложениях, где желателен продукт низкой плотности, содержащий более короткие полимерные цепи, продукт может быть рециклирован через линии 24 и 24, насос 5 и через смешивающее устройство высокой скорости сдвига, перед его возвращением через линию 18 в резервуар 10. В некоторых вариантах осуществления, когда последовательно работают составные устройства высокой скорости сдвига, резервуар 10 может быть опущен. Когда последовательно работают составные устрой-

ства 40 высокой скорости сдвига, дополнительный реагент(ы) может впрыскиваться во входящий поток исходного материала каждого устройства. В некоторых вариантах осуществления составные устройства 40 высокой скорости сдвига работают параллельно и выходящая из них эмульсия поступает в один или более резервуар 10.

В некоторых альтернативных вариантах осуществления катализатор не циркулирует через УВСС 40, а вместо этого остается в резервуаре 10, где он контактирует с предварительно смешанным мономером (мономерами), выходящим из УВСС 40 через линию 18. Например, в случаях, когда должен получаться полимер с очень низким молекулярным весом и/или очень низкие концентрации полимера с высоким молекулярным весом в растворителе, может применяться реактор с неподвижным слоем, такой как резервуар 10, при условии, что не будет допускаться блокирование его полимером. В таком случае растворитель закачивается через линию 21, а газообразный мономер подается через линию 22 в движущийся по линии 13 поток, который затем поступает в УВСС 40 и подвергается смешиванию высокой скорости сдвига, как описано выше, с образованием дисперсии газ-жидкость. Например, впрыскивание может представлять собой газообразный пропилен или этилен, вводимый в среду растворителя, такого как гексан, а затем полимеризующийся с использованием катализатора. Дисперсия газ-жидкость затем контактирует с катализатором в резервуаре 10, где происходит полимеризация. Не желая углубляться в теорию, думается, что пузырьки субмикронного размера, диспергированные в жидкости, осуществляют движение в первую очередь благодаря броуновскому эффекту. Пузырьки в дисперсии продукта, создаваемой в УВСС 40, могут обладать большей подвижностью через пограничные слои частиц катализатора в резервуаре 10, тем самым способствуя и облегчая каталитическую реакцию посредством улучшенного переноса реагентов.

В некоторых вариантах вышеописанного способа катализатор циркулирует через УВСС 40, а газообразный мономер вводится (через линию 22) в движущийся поток растворителя в линию 13, который может содержать растворенный мономер. В результате смешивания высокой скорости сдвига гетерогенная реакционная фазовая смесь твердое вещество-газ-жидкость выходит из УВСС 40 через линию 18. Реакция полимеризации может происходить в УВСС 40, линии 18, и/или резервуаре 10 или в любой другой точке системы 1, где созданы благоприятные условия по температуре и давлению.

В другом варианте вышеописанного способа гетерогенная полимеризация в фазе газ-твердое вещество проводится в УВСС 40. В этом случае растворитель или жидкий мономер не поступает в УВСС 40, а вместо этого через линию 13 протекает поток газообразного мономера, и частички катализатора вводятся через линию 22. Дисперсия частичек катализатора, диспергированного в газообразном мономере, получается в смешивающем устройстве высокой скорости сдвига. Такой вариант может быть желательным, например, когда желательно, чтобы газообразные мономеры олигомеризовались в результате реакции газ-твердое вещество с катализатором.

В еще одном варианте вышеописанного способа гомогенная фазовая смесь жидкость-жидкость мономера, растворенного в подходящем растворителе (например, гексане), вводится в УВСС 40 с или без катализатора и подвергается смешиванию с высокой скоростью сдвига, как описано выше. Реакция полимеризации может происходить в УВСС 40, линии 18 и/или резервуаре 10 или в любой другой точке системы 1, где созданы благоприятные условия по температуре и давлению.

Применение более эффективного смешивания реагентов посредством УВСС 40 потенциально способствует большей степени полимеризации мономера в некоторых вариантах осуществления. В вариантах осуществления более эффективное смешивание делает возможным увеличение производительности перерабатываемого потока. В некоторых вариантах осуществления смешивающее устройство высокой скорости сдвига вводится в налаженный процесс, позволяя, таким образом, увеличить производительность (большая выработка). В противоположность некоторым существующим способам, которые стремятся увеличить степень полимеризации путем повышения давления в реакторе, лучшее растворение и/или диспергирование, предусматриваемое внешним смешивающим устройством высокой скорости сдвига, может во многих случаях позволить уменьшить общее рабочее давление, сохраняя или даже увеличивая скорость полимеризации. Не углубляясь в конкретную теорию, думается, что уровень или степень перемешивания высокой скоростью сдвига является достаточным для увеличения скоростей массопереноса и также может создавать локальные неидеальные условия, позволяющие протекать реакции, которая по-другому не должна была бы происходить на основании предсказаний свободной энергии Гиббса. Считается, что локальные неидеальные условия осуществляются внутри устройства высокой скорости сдвига, приводя к повышенным температурам и давлениям, при этом считается, что наиболее существенное увеличение происходит из-за локального давления. Увеличение давления и температуры внутри устройства высокой скорости сдвига является мгновенным и локальным и быстро возвращается назад к средним объемным или средним системным условиям, существующим в устройстве высокой скорости сдвига. В некоторых случаях перемешивающее устройство высокой скорости сдвига вызывает кавитацию значительной интенсивности для диссоциации одного или более реагентов на свободные радикалы, которые могут ускорить химическую реакцию или позволить реакции происходить при менее жестких условиях, чем потребовалось бы в другом случае. Кавитация может также увеличить скорости процессов переноса путем создания локальной турбулентности и жидкостной микроциркуляции (акусти-

ческого ветра). Обзор приложений феномена кавитации к химическим/физическим приложениям по переработке дается Gogate et al., "Кавитации: Технология на горизонте", Current Science 91 (No. 1): 35-46 (2006). Перемешивающее устройство высокой скорости сдвига определенных вариантов осуществления настоящей системы и способов эффективно работает при тех условиях, которые принято называть условиями кавитации, для диссоциации реагентов на свободные радикалы, которые затем преобразуются в полимеры.

В некоторых вариантах осуществления применение вышеописанного способа высокой скорости сдвига позволяет увеличить степень каталитической полимеризации мономера в продукт полимеризации и/или увеличить коэффициент использования реагентов. В некоторых вариантах осуществления внешнее устройство 40 высокой скорости сдвига вводится в налаженный процесс, позволяя, таким образом, увеличить производительность по сравнению с процессом, работающим без устройства смешивания реагентов высокой скорости сдвига. В некоторых вариантах осуществления описываемый способ или система делают возможным создать меньший и/или менее капиталозатратный способ, чем было возможным осуществить без внедрения внешнего смешивающего устройства высокой скорости сдвига. В некоторых вариантах осуществления использование раскрываемого способа потенциально снижает эксплуатационные расходы и/или увеличивает производительность по сравнению с существующими способами. Определенные варианты осуществления описываемых способов дополнительно предлагают преимущество сниженных капитальных затрат на дизайн новых процессов полимеризации. Дополнительные потенциальные преимущества некоторых вариантов осуществления данной системы и способов получения полиэтилена или полипропилена включают уменьшение времени производственного цикла, увеличенную производительность, более высокую степень конверсии мономера, уменьшенные эксплуатационные расходы и/или уменьшенные капитальные затраты из-за возможности конструировать меньшие реакторы и/или проведение способов полимеризации при более низких температуре и/или давлении, но не ограничиваются ими. В некоторых вариантах осуществления предусматривается способ полимеризации для получения полипропилена, полиэтилена или их сополимеров без необходимости в реакторах большого объема и без необходимости возвращать существенные количества непревращенного мономера.

Хотя предпочтительные варианты осуществления изобретения были показаны и описаны, специалистами в этой области могут быть сделаны модификации без отступления от сущности и подхода изобретения. Варианты осуществления, описанные в заявке являются лишь иллюстрациями и не предполагают ограничений. Возможны многие варианты и модификации изобретения, описанного здесь, которые попадают в рамки изобретения. Там, где численные диапазоны и ограничения оговорены специально, должно пониматься, что эти определенные диапазоны и ограничения включают итеративные диапазоны и ограничения подобной величины, попадающие в специально оговоренные диапазоны или ограничения (например, от примерно 1 до примерно 10 включает 2, 3, 4, и т.д.; больше чем 0,10 включает 0,11, 0,12, 0,13 и т.д.). Применение термина "необязательно" по отношению к любому элементу или пункту формулы изобретения должно означать, что требуется или, альтернативно, не требуется подчиненный элемент. Обе альтернативы подразумеваются включенными в рамки пункта формулы изобретения. Должно пониматься, что применение более широких терминов, таких как включает, имеет и т.д., предлагает поддержку более узким терминам, таким как состоящий из, состоящий в основном из, состоящий практически из и т.п.

Соответственно, границы защиты не ограничиваются описаниями, изложенными выше, но ограничиваются только формулой изобретения, которая следует, так что рамки включают все эквиваленты предмета изобретения. Каждый пункт и вся формула изобретения включена в описание как вариант осуществления настоящего изобретения. Таким образом, формула изобретения представляет собой дополнительное описание и существует в дополнение к предпочтительным вариантам осуществления настоящего изобретения. Содержания всех патентов, заявок на патент и публикаций, цитируемых в заявке, внесены в описание посредством ссылок во всей своей полноте, в той степени, в которой они предлагают типовые, методические или другие детали, дополнительно к тем, которые изложены выше.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ получения полиэтилена, включающий введение в смешивающее устройство высокой скорости сдвига, выполненное с возможностью осуществления кавитации с интенсивностью, достаточной для диссоциации одного или нескольких реагентов на свободные радикалы, этилена и катализатора полимеризации, диспергированных в растворителе, с образованием смеси, содержащей частицы субмикронного размера; и наложение на указанную смесь условий полимеризации, включающих давление от примерно 203 до примерно 6080 кПа и температуру от примерно 20 до примерно 230°C, с осуществлением полимеризации по меньшей мере части указанного этилена с образованием полиэтилена.
2. Способ по п.1, в котором указанная смесь содержит пузырьки газообразного этилена субмикронного размера.
3. Способ получения полипропилена, включающий введение в смешивающее устройство высокой скорости сдвига, выполненное с возможностью осуществления кавитации с интенсивностью, достаточной для диссоциации одного или нескольких реагентов на свободные радикалы, пропилена и катализатора полимеризации, диспергированных в растворителе, с образованием смеси, содержащей частицы субмикронного размера; и наложение на смесь условий полимеризации, включающих давление от примерно 203 до примерно 6080 кПа и температуру от примерно 20 до примерно 230°C, с осуществлением полимеризации по меньшей мере части указанного пропилена с образованием полипропилена.
4. Способ по п.3, в котором указанная смесь содержит пузырьки газообразного пропилена субмикронного размера.
5. Способ получения сополимера этилена и пропилена, включающий введение в устройство высокой скорости сдвига, выполненное с возможностью осуществления кавитации с интенсивностью, достаточной для диссоциации одного или нескольких реагентов на свободные радикалы, растворителя и мономера, выбранного из группы, включающей этилен, пропилен и их комбинации, с образованием смеси; и наложение на указанную смесь условий полимеризации, включающих давление от примерно 203 до примерно 6080 кПа и температуру от примерно 20 до примерно 230°C, с образованием указанного сополимера.
6. Способ по п.5, в котором указанная смесь содержит пузырьки газообразного этилена или пропилена субмикронного размера, диспергированные в указанном растворителе.
7. Способ по п.5, в котором указанная смесь содержит частицы катализатора субмикронного размера, диспергированные в указанном растворителе.
8. Способ по п.5, в котором при указанных условиях полимеризации осуществляют контактирование указанной смеси с катализатором.
9. Способ по пп.2, 4, 6 или 7, в котором средний диаметр указанных частиц или пузырьков составляет менее 400 нм.
10. Способ по пп.2, 4, 6 или 7, в котором средний диаметр указанных частиц или пузырьков составляет менее 100 нм.
11. Способ по пп.1, 3 или 5, в котором указанные условия полимеризации включают давление менее 600 кПа и температуру менее 200°C.
12. Способ по п.5, в котором при образовании указанной смеси воздействуют на указанные мономер и растворитель скоростью сдвига, превышающей 20000 с⁻¹.
13. Способ по п.7, в котором указанное смешивающее устройство высокой скорости сдвига содержит набор статор/ротор, причем образование указанной смеси включает воздействие на мономер, растворитель и частицы катализатора указанным устройством, имеющим окружную скорость роторной насадки по меньшей мере 22,9 м/с.
14. Способ по п.13, в котором указанная окружная скорость роторной насадки составляет по меньшей мере 40 м/с.
15. Способ по п.5, в котором указанное смешивающее устройство высокой скорости сдвига, содержащее набор ротор/статор, имеет локальное давление у роторной насадки по меньшей мере 1034 МПа.
16. Способ по пп.1, 3 или 5, который дополнительно включает перенос указанной смеси из указанного смешивающего устройства высокой скорости сдвига в реакционный резервуар.
17. Способ по п.5, в котором указанный мономер включает этилен, винилацетат или пропилен.
18. Способ по п.5, в котором указанная смесь дополнительно включает по меньшей мере один сомономер, а продукт указанной полимеризации включает сополимер полиэтилена или сополимер полипропилена.
19. Система получения полиэтилена, полипропилена или их сополимера, включающая по меньшей мере одно смешивающее устройство высокой скорости сдвига, выполненное с возможностью образования нанодисперсии частиц или пузырьков субмикронного размера и осуществления ка-

витации с интенсивностью, достаточной для диссоциации одного или нескольких реагентов на свободные радикалы, диспергированных в жидкой или газовой фазе, содержащей мономер, выбранный из группы, включающей этилен, пропилен и их комбинации;

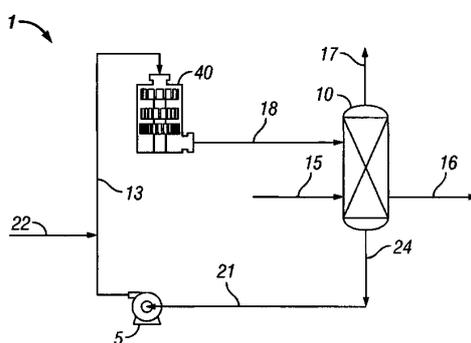
насос, выполненный с возможностью подачи сжатого жидкого потока, содержащего указанный мономер, в указанное смешивающее устройство высокой скорости сдвига;

резервуар, выполненный с возможностью приема указанной нанодисперсии из указанного смешивающего устройства высокой скорости сдвига и поддержания заданных давления и температуры.

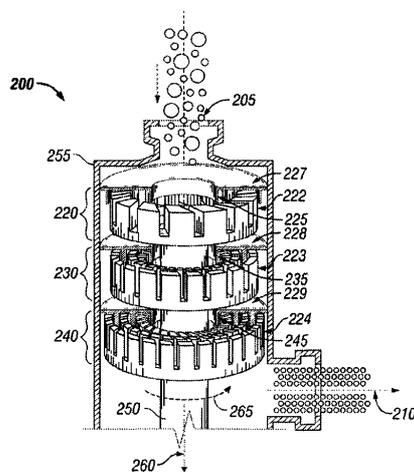
20. Система по п.19, в которой указанное по меньшей мере одно смешивающее устройство высокой скорости сдвига содержит набор ротор/статор, причем устройство выполнено с возможностью работы при скорости потока по крайней мере 300 л/ч при окружной скорости роторной насадки по меньшей мере 22,9 м/с.

21. Система по п.19, в которой указанное по меньшей мере одно смешивающее устройство высокой скорости сдвига выполнено с возможностью потребления энергии более чем 1000 Вт/м^3 .

22. Система по п.19, в которой указанный резервуар включает башенный реактор, трубчатый реактор, многотрубный реактор, корпусной реактор или реактор с неподвижным слоем.



Фиг. 1



Фиг. 2

