

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **017547**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2013.01.30

(21) Номер заявки
200901294

(22) Дата подачи заявки
2008.06.13

(51) Int. Cl. **C07C 25/06** (2006.01)
C07C 17/12 (2006.01)
B01J 29/18 (2006.01)

(54) **СИСТЕМА И СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ХЛОРБЕНЗОЛА (ВАРИАНТЫ)**

(31) **60/946,524**

(32) **2007.06.27**

(33) **US**

(43) **2010.02.26**

(86) **PCT/US2008/066904**

(87) **WO 2009/002732 2008.12.31**

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

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

(74) Представитель:
Попеленский Н.К. (RU)

(56) JP-A-61183235
US-A-5710355
US-A-4724269
US-A-5009816
US-A-5451348

(57) В изобретении использование механического устройства высокой скорости сдвига при получении хлорбензола позволяет уменьшить влияние ограничений, связанных с массопереносом в ходе реакции и тем самым улучшить способ получения хлорбензола. Система получения хлорбензола из бензола и хлора содержит реактор и внешнее устройство высокой скорости сдвига, выход которого связан текучей средой со входом реактора, устройство высокой скорости сдвига способно создать эмульсию пузырьков газообразного хлора в жидком бензоле.

017547

B1

017547
B1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится в целом к получению хлорбензола путем хлорирования бензола и, в частности, к устройствам и способам получения хлорбензола путем хлорирования бензола в устройстве высокой скорости сдвига. Более конкретно, изобретение относится к уменьшению влияния ограничений, связанных с массопереносом для преобразования бензола в хлорбензол.

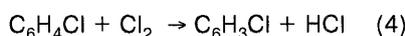
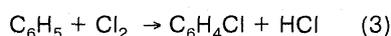
Сведения о предшествующем уровне техники

Хлорбензол используется в качестве растворителя, применяемого в производстве некоторых пестицидов, автомобильных и промышленных обезжиривающих средств, а также в качестве промежуточного продукта в производстве гербицидов, резины и красителей. Бензол реагирует с хлором в присутствии катализатора при комнатной температуре, при этом один из атомов водорода в бензольном кольце заменяется атомом хлора. В качестве катализатора обычно используется хлорид алюминия или железа.

В ходе реакции из железа получается хлорид железа(III) FeCl_3

$$2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{FeCl}_3 \quad (1)$$

Это соединение играет роль катализатора аналогично хлориду алюминия AlCl_3 . Реакция между бензолом и хлором в присутствии хлорида алюминия или железа приводит к образованию хлорбензола. В сокращенной записи это выглядит следующим образом:



Поскольку желательной является реакция, описанная уравнением (2), в реакторе необходимо поддерживать определенные параметры. В некоторых случаях, если температура в реакторе регулируется недостаточно точно, возможно образование дихлорбензола.

Промышленность нуждается в усовершенствованных способах получения хлорбензола из бензола и хлора, позволяющих снизить расходы за счет проведения реакции при более низкой температуре и/или давлении, повышения выхода готового продукта, сокращения времени реакции и/или уменьшения капитальных и/или эксплуатационных расходов.

Сущность изобретения

Предлагается система высокой скорости сдвига и способ ускорения получения хлорбензола из бензола. Раскрываемый способ высокой скорости сдвига позволяет уменьшить влияние ограничений, связанных с массопереносом, что улучшает условия протекания реакции в реакторе с точки зрения скорости реакции, температуры, давления, времени и/или выхода конечного продукта. В соответствии с некоторыми вариантами осуществления настоящего изобретения предлагается способ, позволяющий повысить скорость получения хлорбензола из бензола посредством обеспечения более оптимальных условий по времени, температуре и давлению по сравнению с традиционно используемыми условиями.

В способе используется устройство высокой скорости сдвига для обеспечения улучшенных условий по времени, температуре и давлению, что приводит к ускорению химических реакций между реагентами, находящимися в разных агрегатных состояниях.

В некоторых вариантах осуществления способ предполагает использование устройства высокой скорости сдвига под давлением, что позволяет получать хлорбензол без использования реакторов большого объема.

Эти и другие варианты осуществления, особенности и преимущества станут очевидны при рассмотрении следующего подробного описания и чертежей.

Перечень чертежей и иных материалов

Для более подробного описания предпочтительного варианта осуществления настоящего изобретения дается ссылка на прилагаемые чертежи, на которых:

фиг. 1 - вид в разрезе устройства высокой скорости сдвига, предназначенного для получения хлорбензола;

фиг. 2 - схема технологического процесса согласно варианту осуществления настоящего раскрытия, включающая устройство высокой скорости сдвига для получения хлорбензола.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

Общие сведения

Описываемая система и способ используют внешнее механическое устройство высокой скорости сдвига, обеспечивающее быстрое соприкосновение и перемешивание химических компонентов в среде с контролируемыми параметрами в реакторе/смесителе. Устройство высокой скорости сдвига уменьшает ограничения, связанные с массопереносом в ходе реакции, что позволяет повысить скорость реакции.

Химические реакции с участием жидкостей, газов и твердых веществ протекают в соответствии с кинетическими законами, устанавливающими зависимость скорости реакции от времени, температуры и давления. Если требуется провести реакцию двух или более компонентов, находящихся в разных агрегатных состояниях (например, твердого вещества и жидкости; жидкости и газа; твердого вещества, жид-

кости и газа), одним из факторов, ограничивающим возможность регулирования скорости реакции, является продолжительность контакта реагентов. При проведении гетерогенных реакций с катализатором дополнительным фактором, ограничивающим скорость протекания реакции, является необходимость удаления продуктов реакции с поверхности катализатора для того, чтобы реагенты продолжали поступать на катализатор.

В традиционных реакторах продолжительность контакта реагентов друг с другом и/или с катализатором часто регулируется путем перемешивания, которое обеспечивает контакт двух или более реагентов, участвующих в химической реакции. Реактор, в составе которого имеется механический смеситель высокой скорости сдвига, позволяет уменьшить ограничения, связанные с массопереносом, что позволяет приблизить скорость реакции к пределам, определяемым кинетическими законами. При увеличении скорости реакции можно уменьшить время взаимодействия и соответственно повысить производительность. Если же достигнута производительность приемлема, уменьшение времени взаимодействия дает возможность работать с пониженными значениями температур и/или давлений, чем при использовании традиционных процессов.

Устройство высокой скорости сдвига.

Устройства высоких скоростей сдвига (HSD), например смеситель или измельчитель высокой скорости сдвига, обычно подразделяются на два вида по способности перемешивать текучие среды. Перемешивание - это процесс уменьшения размера неоднородного продукта или частиц внутри текучей среды. Одним из показателей степени тщательности перемешивания является плотность энергии на единицу объема, создаваемая смесителем для разъединения частиц текучей среды. Классы различаются по создаваемой плотности энергии. Существует три класса промышленных смесителей, имеющих достаточную плотность энергии для непрерывного получения смесей или эмульсий с размерами частиц или пузырьков в пределе от 0 до 50 мкм.

Клапанные системы гомогенизации обычно относят к устройствам высокой энергии. Перерабатываемая текучая среда прокачивается под очень высоким давлением через узкозонный клапан в область с более низким давлением. Градиенты давления в клапанах и получаемые в результате турбулентность и кавитация разрушают любые связи между частицами текучей среды. Эти клапанные системы чаще всего используются для гомогенизации молока и позволяют получать частицы размером примерно от 0,01 до примерно 1 мкм. На противоположной стороне спектра - системы перемешивания высокой скорости сдвига, относящиеся к устройствам низкой энергии. Эти системы обычно имеют лопатки или жидкостные роторы, вращающиеся с высокой скоростью в резервуаре с перерабатываемой текучей средой, которые чаще всего находят применение в пищевой промышленности. Эти системы обычно используются, если допустимый размер частиц, капелек или пузырьков обрабатываемой текучей среды превышает 20 мкм.

Промежуточное положение по плотности энергии перемешивания, отдаваемой текучей среде, между смесителями низкой энергии высокой скорости сдвига и клапанными системами гомогенизации занимают коллоидные измельчители, относящиеся к устройствам со средней энергией. Конструкция типичной коллоидной мельницы включает конический или дисковый ротор, отделенный от взаимодополняющего статора с жидкостным охлаждением точно регулируемым зазором, который может составлять от 0,025 до 10,0 мм. Привод ротора обычно осуществляется электродвигателем напрямую либо через ременную передачу. На многих коллоидных измельчителях при правильной регулировке можно получить размер пузырьков или частиц в обрабатываемой текучей среде примерно от 0,01 до 25 мкм. Такие функциональные возможности позволяют использовать коллоидные измельчители в различных сферах, включая обработку коллоидных эмульсий и эмульсий с масляной/водной основой, что требуется в производстве косметики, майонеза, образования кремнево/серебряной амальгамы или перемешивания кровельной мастики.

На фиг. 1 представлена принципиальная схема устройства 200 высокой скорости сдвига. Устройство 200 высокой скорости сдвига имеет по меньшей мере один набор ротор-статор. Наборы ротор-статор также могут называться генераторами 220, 230, 240 или ступенями без ограничений. Устройство 200 высокой скорости сдвига содержит не менее двух генераторов; в то же время предпочтительно, чтобы количество генераторов было не менее трех.

Первый генератор 220 состоит из ротора 222 и статора 227. Второй генератор 230 состоит из ротора 223 и статора 228, третий генератор состоит из ротора 224 и статора 229. В каждом из генераторов 220, 230, 240 вращение ротора осуществляется входным валом 250. Генераторы 220, 230, 240 вращаются вокруг оси 260 в направлении вращения 265. Статор 227 неподвижно соединен со стенкой 255 устройства высокой скорости сдвига.

Между роторами и статорами генераторов имеются зазоры. Первый генератор 220 содержит первый зазор 225, второй генератор 230 содержит второй зазор 235, третий генератор 240 содержит третий зазор 245. Ширина зазоров 225, 235, 245 составляет примерно от 0,025 мм (0,01 дюйма) до 10,0 мм (0,4 дюйма). В качестве альтернативы также может использоваться устройство 200 высокой скорости сдвига, в котором ширина зазоров 225, 235, 245 составляет примерно от 0,5 мм (0,02 дюйма) до 2,5 мм (0,1 дюйма). В отдельных случаях поддерживается зазор примерно 1,5 мм (0,06 дюйма). Возможен также вариант, при

котором зазоры 225, 235, 245 в генераторах 220, 230, 240 различаются между собой. В некоторых случаях зазор 225 в первом генераторе 220 больше зазора 235 во втором генераторе 230, который, в свою очередь, больше зазора 245 в третьем генераторе 240.

Кроме того, возможна грубая, средняя, точная и сверхточная регулировка величины зазоров 225, 235, 245. Роторы 222, 223 и 224 и статоры 227, 228 и 229 могут иметь зубчатую конструкцию. Каждый генератор может содержать два или более двух наборов ротор-статор зубцов. Роторы 222, 223 и 224 могут содержать несколько роторных зубцов, расположенных по окружности каждого ротора. Статоры 227, 228 и 229 могут содержать несколько статорных зубцов, расположенных по окружности каждого статора. Внутренний диаметр ротора в вариантах осуществления составляет около 11,8 см. Наружный диаметр статора в вариантах осуществления составляет около 15,4 см. В дополнительных вариантах осуществления наружный диаметр ротора и статора может составлять около 60 и 64 мм соответственно. В качестве альтернативы ротор и статор могут иметь переменные диаметры, что позволяет изменять окружную скорость и давление сдвига. В отдельных вариантах осуществления каждая из трех ступеней подключена к высокодисперсному генератору с зазором, составляющим от 0,025 до 3 мм. Когда питающий поток 205, содержащий твердые частицы, проходит через устройство 200 высокой скорости сдвига, то вначале подбирают подходящую ширину зазора с целью надлежащего снижения размера частиц и повышения площади их поверхности. В вариантах осуществления увеличение площади поверхности катализатора путем сдвигового деформирования или диспергирования частиц оказывается полезным.

В устройство 200 высокой скорости сдвига подается реакционная смесь, из которой и состоит питающий поток 205. Питающий поток 205 содержит эмульсию диспергируемой и непрерывной фаз. Термин "эмульсия" относится к сжиженной смеси, которая содержит два различимых вещества (или "фазы"), которые неохотно смешиваются или растворяются друг в друге. Большинство эмульсий содержат "непрерывную" фазу (или "матрицу"), которая удерживает внутри себя дискретные капли, пузыри и/или частицы другой фазы или вещества. Эмульсии могут быть очень вязкими, такими как суспензии или пасты, или могут представлять собой пены, в которых очень маленькие пузырьки газа суспендированы в жидкости. Используемый в этом документе термин "эмульсии" охватывает непрерывные фазы, содержащие пузырьки газа, непрерывные фазы, содержащие частицы (например, частицы твердого катализатора), непрерывные фазы, содержащие капли жидкости, которые, по существу, нерастворимы в непрерывной фазе, и их комбинации.

Питающий поток 205 может включать измельченный компонент твердого катализатора. Питающий поток 205 прокачивается через генераторы 220, 230, 240, для того чтобы образовалась дисперсия 210 продукта. Роторы 222, 223, 224 каждого генератора вращаются с высокой скоростью относительно неподвижных статоров 227, 228, 229. Роторы за счет вращения прокачивают текучую среду, например питающий поток 205, между наружной поверхностью ротора 222 и внутренней поверхностью статора 227, создавая локальное состояние с высокой скоростью сдвига. Зазоры 225, 235, 245 генерируют высокие сдвиговые усилия, которые способствуют переработке питающего потока 205. Большие сдвиговые усилия между ротором и статором предназначены для переработки питающего потока 205 с целью создания дисперсии 210 продукта. Каждый генератор 220, 230, 240 устройства 200 высокой скорости сдвига имеет взаимозаменяемые наборы ротор-статор для обеспечения узкого распределения по желаемым размерам пузырьков, если питающий поток 205 содержит газ, или по размером капелек, если питающий поток 205 содержит жидкость, в дисперсии 210 продукта.

Получаемая дисперсия 210 частиц газа или пузырьков жидкости содержит эмульсии. В вариантах осуществления получаемая дисперсия 210 может содержать дисперсию газа, жидкости или твердого вещества в непрерывной фазе, несмешиваемых или нерастворимых в предыдущем состоянии. Средний размер частиц или пузырьков газа в дисперсии продукта 210 составляет 1,5 мкм, предпочтительно пузырьки имеют субмикронный диаметр. В отдельных случаях средний размер пузырьков составляет от 0,1 до 1,0 мкм. В качестве альтернативы средний размер пузырьков составляет менее 400 нм (0,4 мкм) и наиболее предпочтительно менее 100 нм (0,1 мкм).

Окружная скорость - это скорость (м/с), связанная с концом одного или нескольких вращающихся элементов, которые передают энергию реагентам. Окружная скорость вращающегося элемента представляет собой расстояние на окружности, проходимое концом лопатки ротора за единицу времени, и обычно определяется по формуле $V \text{ (м/с)} = \pi \cdot D \cdot n$, где V - это окружная скорость, D - диаметр ротора, измеряемый в метрах, а n - частота вращения ротора, измеряемая количеством оборотов в секунду. Таким образом, окружная скорость является функцией диаметра и частоты вращения ротора.

Окружные скорости в коллоидных измельчителях обычно превышают 23 м/с (4500 фут/мин), а иногда могут превосходить 40 м/с (7900 фут/мин). Для целей настоящего изобретения термин "высокая скорость сдвига" применяется к механическим роторно-статорным устройствам, например измельчителям и смесителям, способным развивать окружную скорость свыше 5 м/с (1000 фут/мин) и нуждающимся во внешнем приводном устройстве для передачи энергии потоку реагентов. Устройство высокой скорости сдвига сочетает в себе высокую окружную скорость конца лопатки ротора и очень малый сдвиговый зазор, при этом сила трения оказывает существенное воздействие на обрабатываемый материал. Соответственно во время работы устройства на конце лопатки мешалки со скоростью сдвига возникают локаль-

ное давление от 1000 МПа (145000 фунт/кв.дюйм) до 1050 МПа (152300 фунт/кв.дюйм) и повышенные температуры. В отдельных вариантах осуществления локальное давление составляет по меньшей мере 1034 МПа (150000 фунт/кв.дюйм). Локальное давление, кроме того, зависит от значений окружной скорости, вязкости текучей среды и роторно-статорного зазора во время работы.

Приблизительную величину энергии, подводимой к текучей среде (кВт/(л·мин)), можно оценить измерением мощности двигателя (кВт) и количеством выходящей текучей среды (л/мин). В вариантах осуществления расход энергии устройства высокой скорости сдвига составляет более 1000 Вт/м³. В вариантах осуществления расход энергии составляет от 3000 до 7500 Вт/м³. Устройство 200 высокой скорости сдвига сочетает в себе высокую окружную скорость с очень малым сдвиговым зазором, что оказывает значительное сдвиговое усилие на материал. Величина сдвига, как правило, зависит от вязкости текучей среды. Скорость сдвига, генерируемая в устройстве 200 высокой скорости сдвига, может превышать 20000 с⁻¹. В вариантах осуществления генерируемая скорость сдвига находится в диапазоне от 20000 до 100000 с⁻¹.

Устройство 200 высокой скорости сдвига вырабатывает эмульсию газа, которая при атмосферном давлении способна оставаться в диспергированном состоянии в течение по меньшей мере 15 мин. С целью данного раскрытия эмульсия частиц или пузырьков газа, диаметр которых составляет менее 1,5 мкм, в диспергированной фазе дисперсии 210 продукта может содержать микропену. Не стремясь ограничиться теорией, в химии эмульсий известно, что субмикронные частицы или пузырьки, диспергированные в жидкости, претерпевают движение в основном за счет эффектов броуновского движения. Пузырьки в эмульсии получаемой дисперсии 210, которая создается устройством 200 высокой скорости сдвига, могут обладать большей подвижностью через пограничные слои частиц твердого катализатора, облегчая и ускоряя тем самым каталитическую реакцию за счет улучшенного переноса реагентов.

Ротор настраивают так, чтобы он вращался со скоростью, соизмеримой с диаметром ротора и желаемой окружной скоростью, как описывалось выше. За счет введения устройства 200 высокой скорости сдвига снижается сопротивление переносу так, что скорость реакции повышается по меньшей мере на 5%. В качестве альтернативы устройство 200 высокой скорости сдвига включает коллоидную мельницу с высокой скоростью сдвига, которая служит в качестве реактора с увеличенной скоростью (ARR). Реактор с увеличенной скоростью содержит одноступенчатую камеру диспергирования. Реактор с увеличенной скоростью содержит встроенную в линию многоступенчатую камеру диспергирования, содержащую по меньшей мере 2 ступени.

Выбор устройства 200 высокой скорости сдвига зависит от требований по пропускной способности и желаемого размера частиц или пузырьков в выходящей дисперсии 210. В отдельных случаях устройство 200 высокой скорости сдвига включает реактор Dispax Reactor® фирмы IKA® Works, Inc. Wilmington, Северная Каролина и реактор фирмы APV North America, Inc. Wilmington, Массачусетс. Например, модель DR 2000/4 включает в себя ременный привод, 4М генератор, уплотнительное кольцо из политетрафторэтилена (ПТФЭ), санитарный зажим для впускного фланца диаметром 1 дюйм (25,4 мм), санитарный зажим для выпускного фланца 3/4 дюйма (19 мм), электродвигатель мощностью примерно 1,5 кВт (2 л.с.) с частотой вращения выходного вала 7900 об/мин, пропускную способность (для воды) от 300 л/ч до приблизительно 700 л/ч (в зависимости от типа генератора), окружную скорость от примерно 9,4 м/с до примерно 41 м/с (примерно от 1850 фут/мин до примерно 8070 фут/мин). Доступно несколько альтернативных моделей с различными входными/выходными соединениями, мощностью, номинальной окружной скоростью, частотой вращения выходного вала и номинальной скоростью потока.

Не стремясь ограничиться частной теорией, предполагают, что уровень или степень перемешивания с высокой скоростью сдвига достаточны для повышения скорости массопереноса и могут давать локальные неидеальные условия, обеспечивающие протекание таких реакций, которых по-другому нельзя ожидать, исходя из предварительных оценок свободной энергии Гиббса. Локализованные неидеальные условия, которые, как полагают, возникают внутри устройства высокой скорости сдвига, приводят к повышенным температурам и давлениям, при этом полагают, что наиболее существенное увеличение происходит в значениях локального давления. Увеличение значений давления и температуры внутри устройства высокой скорости сдвига является мгновенным и локальным, и эти параметры возвращаются в основное или среднее состояние системы после выхода потока из устройства высокой скорости сдвига. В некоторых случаях перемешивающее устройство высокой скорости сдвига вызывает кавитацию с интенсивностью, достаточной для диссоциации одного или нескольких реагентов на свободные радикалы, которые могут ускорять химическую реакцию или способствовать протеканию реакции при менее жестких условиях, которые могли бы потребоваться в иных способах. Кавитация может также повышать скорость способов переноса за счет порождения локальной турбулентности и микроциркуляции жидкости (акустический поток). Обзор по применению явления кавитации по химической/физической обработке дается в работе Gogate и др. "Cavitation: A technology on the horizon," Current Science 91 (No. 1):35-46 (2006). Перемешивающее устройство высокой скорости сдвига в отдельных вариантах осуществления настоящей системы и способов работает, как полагают, в кавитационных условиях, достаточных для диссоциации бензола на свободные радикалы, подвергающиеся воздействию катализаторов хлорирования для

образования хлорбензола.

Описание способа высокой скорости сдвига и системы получения хлорбензола

Способ и система получения хлорбензола с использованием высокой скорости сдвига согласно настоящему раскрытию будут описываться со ссылками на фиг. 2, на которой представлена схема технологического процесса, включающая систему 100 высокой скорости сдвига (HSS) для получения хлорбензола из бензола и газообразного хлора. Система состоит из насоса 5, смесителя 40 высокой скорости сдвига и реактора 10.

Насос 5 предназначен для обеспечения регулируемого потока через устройство 40 высокой скорости сдвига (HSD) и систему 100 высокой скорости сдвига для получения хлорбензола. Входящий поток 21 насоса представляет собой жидкий бензол, поступающий в насос 5. В вариантах осуществления входящий поток 21 насоса содержит сухой бензол. Насос 5 повышает давление входящего потока 21 до величины, превышающей 203 кПа (примерно 2 атм); в некоторых конструкциях давление повышается до величины, превышающей 304 кПа (примерно 3 атм). Кроме того, насос 5 может создавать давление во всей системе HSS 100. Таким образом, HSS 100 сочетает высокую скорость сдвига и давление для более тщательного перемешивания реагентов. Желательно, чтобы все детали насоса 5, контактирующие с реагентами, были изготовлены из нержавеющей стали, например, марки 316. В качестве насоса 5 может использоваться любой подходящий насос, например Dayton Pressure Booster Pump модели 2P372E, Dayton Electric Co (Niles, Иллинойс).

Жидкий бензол под давлением выходит из насоса 5 через выходящий поток 12. Выходящий поток 12 насоса связан текучей средой с входящим потоком 13 HSD. В некоторых случаях диспергируемый поток 22 газа, содержащий газообразный хлор, вводится во входящий поток 13 HSD. В некоторых вариантах осуществления газообразный хлор может непрерывно примешиваться к выходящему потоку 12 для образования входящего потока 13 HSD. Входящий поток 13 HSD представляет собой смесь газообразного хлора и катализатора в жидком бензоле. Диспергируемый поток 22 газа и выходящий поток 12 насоса под давлением могут вводиться отдельно во входящий поток 13 HSD для обработки в устройстве высокой скорости сдвига. Кроме того, во входящий поток 13 HSD можно вводить любые подходящие катализаторы хлорирования, известные специалистам, для обработки в HSD 40. В некоторых случаях вводимый катализатор содержит кислоту Льюиса. Катализаторы можно выбирать из хлоридов металлов и йода. В вариантах осуществления катализатор выбирается из кислот Льюиса, выбранных из группы, содержащей Fe, FeCl₃ и AlCl₃. Входящий поток 13 HSD связан текучей средой с устройством 40 высокой скорости сдвига.

HSD 40 служит для тщательного перемешивания раствора бензола с диспергируемым потоком 22 газа и катализатором. Как подробно описано выше, устройство 40 высокой скорости сдвига - это механическое устройство, в котором используется, например, перемешивающая головка со статором и ротором и постоянным зазором между ними. В устройстве 40 высокой скорости сдвига происходит перемешивание газообразного хлора с бензолом для образования эмульсии, содержащей микропузырьки и нанопузырьки газообразного хлора. В вариантах осуществления получаемая в результате дисперсия содержит пузырьки микронного размера. В вариантах осуществления получаемая в результате дисперсия содержит пузырьки, средний размер которых составляет менее 1,5 мкм. В вариантах осуществления средний размер пузырька составляет примерно от 0,1 до 1,5 мкм. Не ограничиваясь описанием конкретного способа, заметим, что в химии эмульсий известно, что субмикронные пузырьки, диспергированные в жидкости, перемещаются, главным образом, под воздействием броуновского движения. Считается, что субмикронные частицы газа, образовавшиеся в устройстве 40 высокой скорости сдвига, обладают большей проникающей способностью через наружные слои твердого катализатора, что облегчает и ускоряет протекание каталитической реакции за счет более активного переноса реагентов. В вариантах осуществления смеситель высокой скорости сдвига образует пузырьки газа, способные оставаться диспергированными при атмосферном давлении от 15 мин и более, в зависимости от размера пузырьков. В вариантах осуществления средний размер пузырьков составляет менее примерно 400 нм; желательно, чтобы он был менее примерно 100 нм. HSD 40 предназначено для создания эмульсии пузырьков хлора во входящем потоке 13 устройства высокой скорости сдвига, содержащей водные альдегиды и газообразный хлор. Далее эта эмульсия может образовывать микропену.

Эмульсия выходит из HSD 40 через выходящий поток 18 эмульсии HSD. Поток 18 эмульсии HSD перед поступлением в реактор 10 может подвергаться дополнительной обработке. Перед подачей в реактор 10 можно уменьшить содержание влаги в бензоле. В вариантах осуществления бензол в потоке 18 эмульсии HSD содержит сухой бензол. Поток 18 эмульсии HSD поступает в реактор 10 посредством входящего потока 19 реактора. Входящий поток 19 реактора связан текучей средой с реактором 10.

Образование эмульсии в присутствии катализатора способно привести к началу реакции хлорирования. Реакции хлорирования возможны при наличии требуемого времени, температуры и давления. В некоторых случаях, где используется катализатор на основе суспензии, более вероятно протекание реакции в точках за пределами реактора 10. Однако часто желательно использование отдельного реактора 10, что позволит увеличить продолжительность нахождения в устройстве, перемешивания и нагрева и/или охлаждения. С использованием неподвижного катализатора наличие катализатора увеличивает скорость

реакции хлорирования.

Конструкция реактора 10 рассчитана на получение хлорбензола. Кроме того, в состав реактора могут входить регулирование температуры (например, теплообменник), мешалки и регулятор уровня, известные специалистам из уровня техники. В вариантах осуществления входящий поток 15 связан текучей средой с реактором 10. Входящий поток 15 может содержать дополнительный катализатор, ускоряющий хлорирование бензола и получение хлорбензола. Как описано в настоящем документе, возможно добавление кислоты Льюиса для ускорения получения хлорбензола. В вариантах осуществления в реакторе 10 газообразный хлор реагирует с сухим бензолом в присутствии катализатора в виде кислоты Льюиса при заданной температуре, в результате чего увеличивается выход смеси, содержащей хлорбензол. В вариантах осуществления образование хлорбензола в реакторе происходит непрерывно. Из реактора 10 вытекает поток 16 продукта.

В реакторе 10 заданная температура реакции может поддерживаться способами, известными специалистам. В различных вариантах осуществления реактор может содержать внутренний или внешний теплообменники. Но теплообменники также могут быть установлены в любом месте производственного потока системы HSS 100. Подходящие места установки внешних теплообменников - между насосом 5 и смесителем 40 высокой скорости сдвига, между смесителем 40 высокой скорости сдвига и реактором 10, а также между реактором и дополнительными устройствами. Существуют различные виды теплообменников, которые можно использовать в данном процессе, такие теплообменники могут включать кожухотрубные, пластинчатые и змеевиковые теплообменники без всяких ограничений. Кроме того, теплообменники могут быть известны специалистам из уровня техники.

Поток 16 продуктов хлорирования содержит хлорбензол, непрореагировавший бензол и HCl. Поток 16 продуктов можно обрабатывать любыми способами, известными специалистам, для выделения из него непрореагировавшего бензола, удаления образовавшегося HCl и очистки хлорированного бензола. В варианте осуществления, показанном на фиг. 2, поток 16 продукта 16 связан текучей средой с перегонной установкой 99. Перегонная установка 99 включает в себя перегонный резервуар 30, связанный текучей средой с реактором 10 через поток 16 продукта. Поток 32, не содержащий катализаторов, выводится из резервуара 30 в накопительную емкость 50. В накопительной емкости 50 хлорбензол, не содержащий катализаторов, хранится до проведения дальнейшей обработки. В показанном варианте накопительная емкость 50 связана текучей средой с колоннами 60 для дистилляции хлорбензола через входящий поток 33 дистилляции. Колонны 60 для дистилляции хлорбензола связаны текучей средой с потоками 80 дополнительной обработки через поток 65 хлорбензола. Кроме того, колонны 60 для дистилляции хлорбензола могут быть связаны со сборником 90 для орошения через систему 62 регенерации газа. Система 62 регенерации газа связана текучей средой со сборником 90 для орошения и колоннами 60 для дистилляции хлорбензола. В некоторых случаях сборник 90 для орошения связан текучей средой с резервуаром 30 посредством водного потока 92. Сборник 90 для орошения также связывает текучей средой поток 95 бензола со вторыми колоннами 70 для дистилляции. Слив из вторых колонн 70 для дистилляции может осуществляться в накопительную емкость 130 для хранения бензола через поток 71 к питающему потоку 20. Питающий поток 20 связан текучей средой с входящим потоком 21 насоса.

Резервуар 30 представляет собой бак, сосуд или контейнер, конструкция которого позволяет удалять кислоту и катализатор. В вариантах осуществления удаление кислот и катализатора из потока продукта перед поступлением в накопительную емкость 50 производится водой. Продукт, содержащий хлорбензол, подается из накопительной емкости 50 в колонны 60 для дистилляции хлорбензола. Поток 65 хлорбензола выводится для дальнейшей переработки в конечные продукты - резину, красители, пестициды и т.п. без ограничений. Кроме того, поток 65 хлорбензола может быть направлен для дальнейшего разделения, например, в колонну для дистилляции, где возможно отделение монохлорбензола от других изомеров хлорбензола, таких как парадихлорбензол, ортодихлорбензол и трихлорбензол.

В вариантах осуществления резервуар 30 связан текучей средой с устройством 110 регенерации растворителя. Вода сливается из резервуара 30 вместе с растворенными в ней кислотами и катализатором и проходит через поток 105 в устройство 110 регенерации растворителя, где происходит дополнительная очистка воды от органических веществ.

Пары, содержащие бензол, в системе 62 регенерации газа отводятся из колонны 60 для дистилляции, конденсируются и поступают в сборник 90 для орошения. В вариантах осуществления часть бензола из сборника 90 для орошения направляется системой 62 регенерации газа обратно в колонны 60 для дистилляции. Поток 92 воды может удаляться из сборника 90 для орошения для возврата в резервуар 30 и/или дальнейшей обработки в устройстве 110 регенерации растворителя. Часть потока бензола 95 из сборника 90 для орошения может быть дополнена сырым бензолом из накопительной емкости 130. Поток 71 направляется во вторые колонны 70 для дистилляции вместе с потоком 95 бензола для получения сухого бензола. Сухой бензол представляет собой питающий поток 20, который может быть подан во входящий поток 21 насоса для возврата в систему высокой скорости сдвига, в состав которой входит устройство 40 высокой скорости сдвига.

В вариантах осуществления использование описанного способа с перемешиванием реагентов в устройстве 40 высокой скорости сдвига позволяет повысить степень преобразования бензола в хлорбензол

и/или повысить производительность системы. В вариантах осуществления возможна последовательная установка нескольких устройств 40 высокой скорости сдвига. В вариантах осуществления способ предполагает включение устройства 40 высокой скорости сдвига в общепринятый процесс, что позволяет повысить производительность (пропускную способность) по сравнению со способом без использования устройства 40 высокой скорости сдвига. Превосходный уровень растворения, обеспечиваемый перемешиванием с высокой скоростью сдвига, может позволить усовершенствовать условия проведения реакции, такие как температуру, давление и продолжительность контакта, при сохранении или повышении скорости реакции. В вариантах осуществления способ и система, составляющие суть настоящего изобретения, позволяют создавать менее масштабные и/или капиталоемкие процессы, чем было возможно ранее при отсутствии смесителя 40 высокой скорости сдвига. В вариантах осуществления изобретенный способ позволяет уменьшить эксплуатационные затраты/повысить производительность по сравнению с используемыми способами. Кроме того, изобретенный способ может позволить снизить капитальные затраты при проектировании новых производственных процессов. В число потенциальных преимуществ модифицированной системы и способа получения хлорбензола входят (но не ограничиваясь этим) уменьшение продолжительности производственного цикла, повышение производительности, снижение эксплуатационных затрат и/или капитальных вложений за счет возможности включения в проекты реакторов меньшего размера и/или управление получением хлорбензола при более низкой температуре и/или давлении.

Несмотря на то что показаны и описаны предпочтительные варианты осуществления изобретения, специалист в данной области техники может осуществить их модификации, не отклоняясь от сути и идей изобретения. Варианты осуществления, описанные в данном документе, приведены лишь в качестве примера и не предназначены для ограничения. Многие варианты и модификации изобретения, раскрытого в этом документе, являются возможными и находятся в пределах объема изобретения. В тех случаях, где числовые диапазоны и пределы заданы определенно, следует понимать, что такие определенные диапазоны и пределы включают повторяющиеся диапазоны и пределы схожей величины, попадающей в пределы определенно заданных диапазонов и пределов (например, диапазон от 1 до 10 включает 2, 3, 4 и т.д.; значения более 0,10 включают 0,11, 0,12, 0,13 и т.д.). Использование термина "необязательно" по отношению к какому-либо элементу формулы изобретения означает, что элемент предмета является требуемым или в качестве альтернативы не является требуемым. Предполагается, что обе альтернативы находятся в пределах объема формулы изобретения. Следует понимать, что использование более широких терминов, таких как содержит, включает, имеет и т.д., обеспечивает поддержку для более узких терминов, таких как состоит из, состоящий в основном из, состоящий по существу из и т.п.

Соответственно объем охраны не ограничивается вышеизложенным описанием, а только ограничивается следующей формулой изобретения, при этом объем охраны включает все эквиваленты предмета формулы изобретения. Каждый и любой пункт формулы изобретения включается в описание в виде варианта осуществления настоящего изобретения. Таким образом, формула изобретения является дополнительным описанием и дополнением к предпочтительным вариантам осуществления настоящего изобретения. Обсуждение ссылки в описании родственного уровня техники не является допущением того, что она является предшествующим уровнем техники для настоящего изобретения, в особенности это касается ссылки, позже даты приоритета данной заявки. Раскрытия всех патентов, патентных заявок и изданий, цитированных в этом документе, включаются посредством ссылок, в пределах даваемых ими примерных, процедурных или других деталей, дополняющих детали, изложенные в этом документе.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ получения хлорбензола, включающий использование устройства высокой скорости сдвига, снабженного по меньшей мере одним набором ротор-статор для выработки окружной скорости по меньшей мере 5 м/с, имеющим по меньшей мере один ротор и по меньшей мере один статор, образование эмульсии из бензола, содержащего жидкий раствор под давлением, и из газообразного хлора со средним диаметром пузырьков менее примерно 5 мкм, введение указанной эмульсии в реактор, содержащий катализатор, и проведение реакции с указанной эмульсией при температуре менее примерно 40°C в указанном реакторе, из которого удаляют продукт, содержащий хлорбензол.

2. Способ по п.1, в котором указанный раствор бензола находится под давлением по меньшей мере 203 кПа.

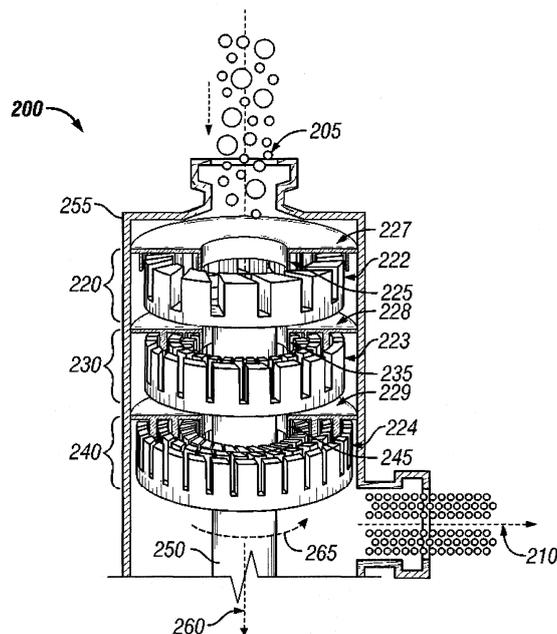
3. Способ по п.1, в котором средний диаметр указанных пузырьков газообразного хлора составляет менее 1,5 мкм.

4. Способ по п.1, в котором окружная скорость на конце лопатки ротора устройства высокой скорости сдвига составляет по меньшей мере 5 м/с.

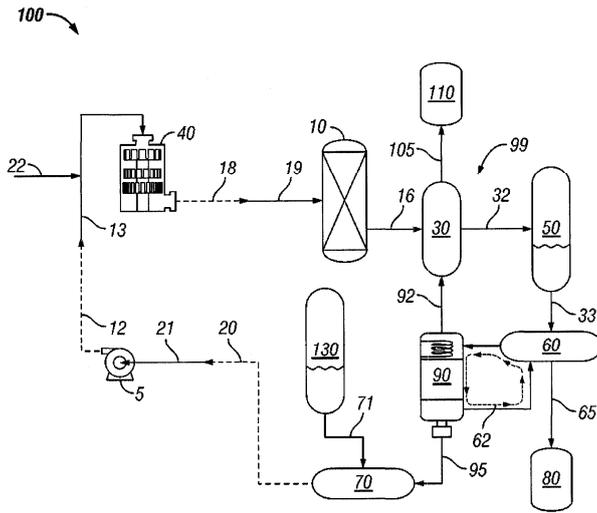
5. Способ по п.4, в котором на конце лопатки ротора устройства высокой скорости сдвига создают локальное давление примерно 1000 МПа.

6. Способ по п.1, в котором при образовании указанной эмульсии воздействуют на пузырьки газообразного окислителя и водный раствор под давлением скоростью сдвига больше 20000 с⁻¹.

7. Способ по п.1, в котором при образовании указанной эмульсии расходуют энергию по меньшей мере 1000 Вт/м^3 .
8. Способ по п.1, в котором эмульсия включает микропену.
9. Способ по п.1, в котором катализатор выбирают из группы, включающей кислоты Льюиса, хлориды металлов, йод или их соединения.
10. Способ по п.1, который дополнительно включает обработку продукта соляной кислотой.
11. Способ по п.10, который дополнительно включает дистилляцию продукта по меньшей мере один раз для извлечения хлорбензола.
12. Способ получения хлорбензола, включающий образование эмульсии пузырьков газообразного хлора в водном растворе, содержащем бензол, со средним размером указанных пузырьков по большей мере примерно 5 мкм и введение эмульсии в реактор, содержащий катализатор, для образования хлорбензола, причем эмульсию получают посредством подачи жидкого бензола и газообразного хлора в устройство высокой скорости сдвига и воздействия на смесь жидкого бензола и газообразного хлора скоростью сдвига по меньшей мере 20000 с^{-1} .
13. Способ по п.12, в котором устройство высокой скорости сдвига содержит по меньшей мере один ротор и по меньшей мере один статор.
14. Система получения хлорбензола, включающая насос, установленный по потоку выше входа диспергированного газообразного хлора, устройство высокой скорости сдвига, выполненное с возможностью образования эмульсии газообразного хлора в водном растворе, со средним диаметром пузырька менее примерно 5 мкм и реактор, выполненный с возможностью поддержания температуры менее примерно 40°C для реакции образования хлорбензола из бензола и связанный текучей средой с выходом устройства высокой скорости сдвига.
15. Система по п.14, в которой устройство высокой скорости сдвига выполнено с возможностью образования эмульсии.
16. Система по п.14, в которой окружная скорость устройства высокой скорости сдвига составляет по меньшей мере 5 м/с .
17. Система по п.14, в которой указанное устройство высокой скорости сдвига вырабатывает на конце лопатки ротора локальное давление по меньшей мере 1000 МПа .
18. Система по п.14, в которой указанное устройство высокой скорости сдвига установлено с возможностью воздействия на указанные пузырьки газообразного окислителя и водный раствор под давлением скоростью сдвига больше примерно 20000 с^{-1} .
19. Система по п.14, в которой указанное устройство высокой скорости сдвига установлено с возможностью расхода энергии по меньшей мере 1000 Вт/м^3 .
20. Система по п.14, в которой питающий поток устройства высокой скорости сдвига содержит микропену.



Фиг. 1



Фиг. 2