

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **038369**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2021.08.17**

(51) Int. Cl. **B29C 47/42 (2006.01)**  
**B29C 47/76 (2006.01)**

(21) Номер заявки  
**201992031**

(22) Дата подачи заявки  
**2015.11.17**

---

(54) **СИСТЕМЫ И СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБЪЕМНО-ЖГУТОВОЙ НИТИ**

---

(31) **14/546,819**

(56) US-B1-8597553  
US-A1-20130320581  
US-A1-20070261777

(32) **2014.11.18**

(33) **US**

(43) **2020.01.31**

(62) **201791091; 2015.11.17**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**АЛАДДИН МАНУФЭКЧУРИНГ  
КОРПОРЕЙШН (US)**

(72) Изобретатель:  
**Кларк Томас Р. (US)**

(74) Представитель:  
**Фелицына С.Б. (RU)**

---

(57) Способ изготовления объемно-жгутовой ковровой нити, который в ряде вариантов выполнения содержит: (А) измельчение использованных ПЭТ бутылок в хлопья; (В) промывку хлопьев; (С) идентификацию и удаление примесей, включая сюда загрязненные хлопья, из хлопьев; (D) прохождение хлопьев через экструдер с увеличенной площадью поверхности при поддержании давления в экструдере с увеличенной площадью поверхности ниже приблизительно 25 миллибар; (Е) прохождение полученного расплава полимера через по меньшей мере один фильтр, имеющий размер ячейки сетки менее приблизительно 50 микрон; и (F) переработку вторичного полимера в объемно-жгутовую ковровую нить, которая содержит, по существу, вторичный ПЭТ.

**B1**

**038369**

**038369**

**B1**

### Область техники, к которой относится изобретение

Благодаря тому, что первичный ПЭТ полимер является более дорогим, чем вторичный ПЭТ полимер, и благодаря экологическим выгодам, связанным с использованием вторичного полимера, было бы желательно обеспечить возможность изготовления объемно-жгутовой ковровой нити и других изделий из 100% вторичного ПЭТ полимера (например, ПЭТ полимера из использованных ПЭТ бутылок).

### Раскрытие изобретения

Способ изготовления объемно-жгутовой ковровой нити по ряду вариантов выполнения содержит: (А) обеспечение наличия первого экструдера, содержащего первый выпуск экструдера, первый выпуск экструдера и систему регулирования давления, которая выполнена с возможностью поддержания давления в первом экструдере ниже приблизительно 18 миллибар; (В) использование системы регулирования давления для уменьшения давления в первом экструдере до давления ниже приблизительно 18 миллибар; (С) при поддержании давления в первом экструдере ниже приблизительно 18 миллибар прохождение множества хлопьев из вторичного ПЭТ через первый экструдер с помощью выпуска первого экструдера для, по меньшей мере, частичного плавления множества хлопьев для получения расплава полимера; (D) обеспечение наличия, по меньшей мере, одной машины для формования нити, содержащей, по меньшей мере, один выпуск машины для формования нити, причем, по меньшей мере, один выпуск машины для формования нити непосредственно соединен с выпуском первого экструдера; (Е) после этапа прохождения расплава полимера через первый экструдер, по существу, незамедлительная переработка расплава полимера в объемно-жгутовую ковровую нить, используя, по меньшей мере, одну машину для формования нити.

Способ изготовления объемно-жгутовой ковровой нити по конкретным вариантам выполнения: (А) обеспечение наличия экструдера с увеличенной площадью поверхности, причем экструдер с увеличенной площадью поверхности определяет выпуск экструдера с увеличенной площадью поверхности и выпуск экструдера с увеличенной площадью поверхности; (В) обеспечение наличия системы регулирования давления, выполненной с возможностью уменьшения давления, по меньшей мере, на участке экструдера с увеличенной площадью поверхности до давления ниже приблизительно 12 мбар; (С) обеспечение наличия машины для формирования нити, определяющей выпуск машины для формирования нити, причем выпуск машины для формирования нити функционально связан с выпуском экструдера с увеличенной площадью поверхности; (D) использование системы регулирования давления для уменьшения давления, по меньшей мере, на участке экструдера с увеличенной площадью поверхности до давления ниже приблизительно 12 мбар; (Е) прохождение множества хлопьев, состоящих, по существу, из ПЭТ хлопьев, через экструдер с увеличенной площадью поверхности с помощью выпуска экструдера с увеличенной площадью поверхности для, по меньшей мере, частичного плавления множества хлопьев для получения расплава полимера; и (F) по существу, незамедлительно после прохождения множества хлопьев через экструдер с увеличенной площадью поверхности использование машины для формирования нити с целью переработки расплава полимера в объемно-жгутовую ковровую нить.

Способ изготовления ковровой нити в конкретных вариантах выполнения содержит следующие этапы: (А) измельчение множества использованных ПЭТ бутылок в полимерные хлопья; (В) промывка полимерных хлопьев для удаления, по меньшей мере, части одного или нескольких загрязнений с поверхности хлопьев, причем хлопья содержат первое множество хлопьев, которые состоят, по существу, из ПЭТ, и второе множество хлопьев, которые не состоят, по существу, из ПЭТ; (С) после этапа промывки первого множества хлопьев: (i) сканирование промытых хлопьев для идентификации второго множества хлопьев; (ii) отделение второго множества хлопьев от первого множества хлопьев; (D) обеспечение наличия экструдера с увеличенной площадью поверхности, имеющего выпуск экструдера и выпуск экструдера; (Е) обеспечение наличия системы регулирования давления, выполненной с возможностью уменьшения давления в экструдере с увеличенной площадью поверхности до давления от приблизительно 0 мбар до приблизительно 5 мбар; (F) обеспечение наличия машины для формирования нити, имеющей выпуск машины для формирования нити, причем выпуск машины для формирования нити непосредственно связан с выпуском экструдера; (G) использование системы регулирования давления для уменьшения давления в экструдере с увеличенной площадью поверхности до давления от приблизительно 0 мбар до приблизительно 5 мбар; (H) при поддержании давления в экструдере с увеличенной площадью поверхности от приблизительно 0 мбар до приблизительно 5 мбар прохождение второго множества хлопьев через экструдер с увеличенной площадью поверхности с помощью первого выпуска; (I) плавление второго множества хлопьев, используя экструдер с увеличенной площадью поверхности для получения расплава полимера; и (J) по существу, незамедлительно после прохождения второго множества хлопьев через экструдер с увеличенной площадью поверхности переработка расплава полимера в объемно-жгутовую ковровую нить с помощью машины для формования нити.

### Краткое описание чертежей

После описания ряда вариантов выполнения в общих чертах будет дана ссылка на приложенные чертежи, которые могут быть выполнены не в масштабе и на которых:

на фиг. 1 - технологическая схема по конкретному варианту выполнения для изготовления объемно-жгутовой ковровой нити;

на фиг. 2 - MRS экструдер, пригодный для использования в процессе, представленном на фиг. 1, вид в перспективе;

на фиг. 3 - иллюстративная MRS секция MRS экструдера, показанного на фиг. 2, вид в разрезе;

на фиг. 4 - технологическая схема движения потока полимера через MRS экструдер и систему фильтрации по конкретному варианту выполнения;

на фиг. 5 - схема производственного процесса по способу согласно ряду вариантов выполнения для изготовления объемно-жгутовой ковровой нити.

### Осуществление изобретения

Ниже приведено подробное описание различных вариантов выполнения. Следует принять во внимание, что изобретение может быть внедрено во множестве различных форм и не должно истолковываться как ограничиваемое до представленных здесь вариантов выполнения. Наоборот, эти варианты выполнения позволяют сделать описание изобретения обстоятельным и всеобъемлющим и дают специалистам в этой области полное представление об объеме изобретения. На протяжении всего описания сходные номера позиций обозначают сходные элементы.

#### I. Введение

Ниже приведено описание новых процессов изготовления волокна из вторичного полимера (например, из вторичного ПЭТ полимера). В различных вариантах выполнения этот новый процесс: (1) является более эффективным по сравнению с предшествующими процессами при удалении загрязнений и воды из вторичного полимера; и/или (2) не требует многократного расплавления и охлаждения, как в предшествующих процессах. По меньшей мере, в одном варианте выполнения усовершенствованный процесс позволяет получать вторичный ПЭТ полимер, имеющий достаточно высокое качество, чтобы ПЭТ полимер мог использоваться в производстве объемно-жгутовой ковровой нити из 100% вторичного ПЭТ (например, 100% ПЭТ, полученного из ранее использованных ПЭТ бутылок). В конкретных вариантах выполнения вторичный ПЭТ полимер имеет характеристическую вязкость, по меньшей мере, приблизительно 0,9 дл/г (например, от приблизительно 0,79 дл/г до приблизительно 1,00 дл/г).

#### II. Подробное описание

Процесс изготовления BCF (объемно-жгутовой нити) по конкретному варианту выполнения, в общем, можно разбить на три этапа: (1) приготовление хлопьев ПЭТ полимера из использованных бутылок для использования в процессе; (2) прохождение хлопьев через экструдер, который расплавляет хлопья и очищает полученный ПЭТ полимер; и (3) подача очищенного полимера в машину для формования нити, которая превращает полимер в нить для использования в производстве ковров. Эти три этапа подробно описаны ниже.

##### Этап 1: Приготовление хлопьев ПЭТ полимера из использованных бутылок

В конкретном варианте выполнения этап приготовления хлопьев ПЭТ полимера из использованных бутылок содержит: (A) сортировку использованных ПЭТ бутылок и измельчение бутылок в хлопья; (B) промывку хлопьев; и (C) идентификацию и удаление примесей или загрязненных хлопьев.

##### A. Сортировка использованных ПЭТ бутылок и измельчение бутылок в хлопья

В конкретных вариантах выполнения кипы прозрачных и смешанных цветных утилизированных использованных (например, из контейнеров, установленных по обочинам улиц) ПЭТ бутылок (или других емкостей) состоят из использованных ПЭТ емкостей для использования в указанном процессе. В других вариантах выполнения использованные ПЭТ емкости могут быть возвращаемыми бутылками многократного использования (например, ПЭТ бутылками, цена которых включает в себя залог, который возвращают заказчику, когда заказчик возвращает бутылку после расходования содержимого бутылки). Емкости из контейнеров, установленных по обочинам улиц, или возвращаемые использованные или утилизированные емкости могут содержать небольшое количество загрязнения, которые не относятся к ПЭТ. Загрязнения емкостей могут включать в себя, например, полимерные загрязнения, которые не относятся к ПЭТ (например, ПВХ, ПЛА, полипропилен, полиэтилен, полистирол, полиамид и т.д.), металл (например, цветной и черный металл), бумагу, картон, песок, стекло или другие нежелательные материалы, которые могут попадать в место сбора утилизируемого ПЭТ. Загрязнения, которые не относятся к ПЭТ, можно удалять из требующихся ПЭТ компонентов, например, с помощью одного или нескольких из ряда процессов, описанных ниже.

В конкретных вариантах выполнения небольшие элементы и мусор (например, элементы и мусор размером больше 2 дюймов) удаляют из всех бутылок с помощью поворотного промывочного устройства. Для удаления любых металлических загрязнений в указанном процессе могут использоваться различные магниты для удаления металла и системы вихревых токов. Для удаления любых ослабленных полимерных загрязнений, которые могут быть смешаны с ПЭТ хлопьями (например, ПВХ, ПЛА, полипропилен, полиэтилен, полистирол и полиамид), можно использовать работающую в ближней инфракрасной области спектра сортировочную аппаратуру, например установку NRT Multi Sort IR от компании Bulk Handling Systems Company, Юджин, штат Орегон, или установку Spyder IR от компании National Recovery Technologies, Нашвилл, штат Теннесси. Кроме того, для удаления оставшихся ПВХ загрязнений можно использовать автоматизированное сортировочное устройство с использованием рентгеновского излучения, например устройство VINYL CYCLE от компании National Recovery Technologies, Нашвилл, штат

Теннесси.

В конкретных вариантах выполнения разделение прозрачных материалов и цветных материалов обеспечивают с помощью автоматизированного оборудования для сортировки по цвету, снабженного системой обнаружения с помощью камер (например, устройством Multisort ES от компании National Recovery Technologies, Нашвилл, штат Теннесси). В различных вариантах выполнения в ряде мест на линии установлены устройства ручной сортировки для удаления загрязнений, которые не были удалены устройством сортировки, и цветных бутылок. В конкретных вариантах выполнения отсортированный материал направляют на операцию гранулирования (например, с помощью устройства 50B Granulator от компании Cumberland Engineering Corporation, Нью Берлин, штат Висконсин) для уменьшения размера (например, измельчения) бутылок вплоть до размера меньше половины дюйма. В ряде вариантов выполнения бутылочные этикетки из полученных "грязных хлопьев" (например, ПЭТ хлопьев, образованных во время операции гранулирования) удаляют с помощью пневматической системы разделения перед процессом промывки.

#### В. Промывка хлопьев

В конкретных вариантах выполнения "грязные хлопья" смешивают в группе промывочных баков. В качестве части процесса промывки в ряде вариантов выполнения используют разделение по плотности в водной среде для разделения бутылочных крышек из олефина (которые могут, например, присутствовать в "грязных хлопьях" в качестве остатков от утилизированных ПЭТ бутылок) и ПЭТ хлопьев, имеющих более высокую удельную плотность. В конкретных вариантах выполнения хлопья промывают в каустической ванне, нагретой до приблизительно 190°F. В конкретных вариантах выполнения в каустической ванне поддерживают концентрацию гидроксида натрия от приблизительно 0,6 до приблизительно 1,2%. В ряде вариантов выполнения в каустическую ванну добавляют мыльные поверхностно-активные вещества, а также противопенные присадки, например, для дополнительного разделения и очистки хлопьев. Затем система двойной очистки смывает каустик с хлопьев.

В ряде вариантов выполнения хлопья обезвоживают посредством центрифугирования и затем высушивают горячим воздухом, по меньшей мере, для удаления, по существу, поверхностной влаги. Затем полученные "чистые хлопья" обрабатывают с помощью системы электростатического разделения (например, с помощью электростатического сепаратора от компании Carco, Inc., Джэксонвилл, штат Флорида) и системы обнаружения металла в хлопьях (например, MSS Metal Sorting System) для дополнительного удаления металлических загрязнений, оставшихся в хлопьях. В конкретных вариантах выполнения на этапе пневматического разделения из чистых хлопьев удаляют оставшиеся этикетки. Затем в ряде вариантов выполнения хлопья направляют на операцию сортировки по цвету хлопьев (например, используя установку OPTIMIX от компании TSM Control Systems, Дандолк, Ирландия) для удаления цветных загрязнений, оставшихся в хлопьях. В ряде вариантов выполнения электрооптическое устройство сортировки хлопьев, по меньшей мере, частично на основе рамановской технологии (например, Powerpost 200 от компании Unisensor Sensorsysteme GmbH, Карлсруэ, Германия), выполняет окончательное разделение полимеров для удаления полимеров, которые не относятся к ПЭТ, оставшихся в хлопьях. На этом этапе также дополнительно удаляют оставшиеся металлические загрязнения и цветные загрязнения.

В ряде вариантов выполнения комбинирование этих этапов позволяет направлять, по существу, чистые (например, чистые) хлопья из ПЭТ бутылок, содержащие менее приблизительно 50 частей на миллион ПВХ (например, 25 млн<sup>-1</sup> ПВХ) и менее приблизительно 15 частей на миллион металла для выполнения описанного далее процесса экструзии ниже по технологическому потоку.

#### С. Идентификация и удаление примесей и загрязненных хлопьев

В конкретных вариантах выполнения после промывки хлопьев их направляют на транспортер и сканируют с помощью высокоскоростной лазерной системы 300. В ряде вариантов выполнения отдельные лазеры, составляющие высокоскоростную лазерную систему 300, сконфигурированы таким образом, чтобы они обнаруживали загрязнения в виде частиц (например, ПВХ или алюминий). Хлопья, которые идентифицированы как не состоящие в основном из ПЭТ, можно удалять из основного потока хлопьев струями воздуха. В ряде вариантов выполнения содержание хлопьев, которые не относятся к ПЭТ, составляет менее 25 млн<sup>-1</sup>.

В ряде вариантов выполнения система адаптирована таким образом, что ПЭТ полимер, перерабатываемый в нить, по существу, не содержит воду (например, совсем не содержит воду). В конкретном варианте выполнения хлопья помещают в предкондиционер на период времени от приблизительно 20 мин до приблизительно 40 мин (например, приблизительно на 30 мин), в течение которого предкондиционер выдувает поверхностную воду из хлопьев. В конкретных вариантах выполнения в хлопьях остается поровая вода. В ряде вариантов выполнения эти "мокрые" хлопья (например, хлопья, содержащие поровую воду) затем могут направляться в экструдер (например, как описано ниже в этапе 2), который содержит вакуумное устройство, предназначенное для удаления, помимо прочего, поровой воды, которая остается в хлопьях после выполнения процесса быстрой сушки, описанного выше.

#### Этап 2: Использование системы экструзии для плавления и очистки ПЭТ хлопьев

В конкретных вариантах выполнения экструдер используют для превращения вышеописанных хло-

пьев в расплавленный вторичный ПЭТ полимер и выполнения ряда процессов очистки для приготовления полимера, превращаемого в BCF для ковра. Как указано выше, в ряде вариантов выполнения после завершения этапа 1 хлопья вторичного ПЭТ полимера являются влажными (например, поверхностную воду, по существу, удаляют из (например, полностью удаляют) из хлопьев, но поровая вода остается в хлопьях). В конкретных вариантах выполнения эти влажные хлопья подают в мультиротационный ("MRS") экструдер 400. В других вариантах выполнения влажные хлопья направляют в любой другой соответствующий экструдер (например, двухшнековый экструдер, многошнековый экструдер, планетарный экструдер или любую другую соответствующую систему экструзии). Иллюстративный MRS экструдер 400 показан на фиг. 2 и 3. Конкретный пример такого MRS экструдера описан в американской опубликованной патентной заявке 2005/0047267, озаглавленной "Экструдер для производства расплавленных пластиковых материалов", которая была опубликована 3 марта 2005 г. и которая включена в настоящую заявку посредством ссылки.

Как можно понять из этих фигур, в конкретных вариантах выполнения MRS экструдер включает в себя первую секцию 410 экструдера с одним шнеком для подачи материала в MRS секцию 420 и вторую секцию 440 экструдера с одним шнеком для транспортирования материала из MRS секции.

В ряде вариантов выполнения влажные хлопья подают непосредственно в MRS экструдер 400, по существу, сразу же (например, сразу же) после вышеописанного этапа промывки (например, без сушки хлопьев или осушения хлопьев). В конкретных вариантах выполнения система, которая подает влажные хлопья непосредственно в MRS экструдер 400, по существу, сразу же (например, сразу же) после вышеописанного этапа промывки, может расходовать приблизительно на 20% меньше энергии по сравнению с системой, которая, по существу, полностью предварительно высушивает хлопья перед экструзией (например, системой, которая предварительно высушивает хлопья посредством прохождения горячего воздуха через влажные хлопья в течение длительного периода времени). В ряде вариантов выполнения система, которая подает влажные хлопья непосредственно в MRS экструдер 400, по существу, сразу же (например, сразу же) после вышеописанного этапа промывки, исключает необходимость ожидания в течение некоторого периода времени (например, до 8 ч), в общем, необходимого для полного высушивания хлопьев (например, удаления всей поверхностной и поровой воды из хлопьев).

На фиг. 4 представлена технологическая схема, на которой показан ряд процессов, выполняемых MRS экструдером 400 в конкретном варианте выполнения. В варианте выполнения, показанном на этой фигуре, влажные хлопья сначала подают через первую секцию 410 MRS экструдера с одним шнеком, которая может, например, вырабатывать тепло (например, посредством сдвига), достаточное, по меньшей мере, для, по существу, плавления (например, плавления) влажных хлопьев.

Полученный полимерный расплав (например, содержащий расплавленные хлопья) в ряде вариантов выполнения далее направляют в MRS секцию 420 экструдера, в которой экструдер разделяет поток расплава на множество разных потоков (например, 4, 6, 8 или больше потоков) с помощью множества открытых камер. На фиг. 3 показан вид с частичным вырывом MRS секции 420 по конкретному варианту выполнения. В конкретных вариантах выполнения, например, в варианте, показанном на этой фигуре, MRS секция 420 разделяет поток расплава на восемь разных потоков, которые далее направляют через восемь сателлитных шнеков 425А-Н. Как можно понять из фиг. 2, в конкретных вариантах выполнения эти сателлитные шнеки, по существу, параллельны (например, параллельны) друг другу и основной оси MRS экструдера 400.

В MRS секции 420 в ряде вариантов выполнения сателлитные шнеки 425А-Н могут, например, вращаться быстрее (например, приблизительно в четыре раза быстрее), чем в существующих системах. Как показано на фиг. 3, в конкретных вариантах выполнения: (1) сателлитные шнеки 425А-Н расположены внутри одиночного шнекового барабана 428, который смонтирован с возможностью вращения вокруг своей центральной оси; и (2) сателлитные шнеки 425А-Н выполнены с возможностью вращения в направлении, противоположном направлению, в котором вращается одиночный шнековый барабан 428. В ряде вариантов выполнения сателлитные шнеки 425А-Н и одиночный шнековый барабан 428 вращаются в одном и том же направлении. В конкретных вариантах выполнения вращение сателлитных шнеков 425А-Н осуществляется с помощью кольцевого зубчатого колеса. Кроме того, в ряде вариантов выполнения одиночный шнековый барабан 428 вращается приблизительно в четыре раза быстрее, чем каждый отдельный сателлитный шнек 425А-Н. В определенных вариантах выполнения сателлитные шнеки 425А-Н вращаются, по существу, со сходными (например, одними теми же) скоростями.

В ряде вариантов выполнения, как можно видеть на фиг. 4, сателлитные шнеки 425А-Н помещены внутри соответствующих цилиндров экструдера, которые могут быть, например, приблизительно на 30% открыты в наружную камеру MRS секции 420. В конкретных вариантах выполнения вращение сателлитных шнеков 425А-Н и одиночного шнекового барабана 428 увеличивает поверхностный обмен полимерного расплава (например, оставляет незащищенной большую площадь поверхности расплавленного полимера по отношению к открытой камере по сравнению с существующими системами). В ряде вариантов выполнения MRS секция 420 образует поверхность поверхности расплава, которая, например, от приблизительно 20 до приблизительно 30 раз больше, чем площадь поверхности расплава, создаваемая однонаправленным шнековым экструдером. В конкретном варианте выполнения MRS секция 420 создает пло-

щадь поверхности расплава, которая, например, приблизительно в 25 раз больше площади поверхности расплава, создаваемой однонаправленным шнековым экструдером.

В ряде вариантов выполнения MRS секция 420 MRS экструдера снабжена вакуумным насосом 430, который крепят к участку 422 крепления вакуумного насоса MRS секции 420, так что вакуумный насос 430 сообщается с внутренней стороной MRS секции через соответствующее отверстие 424 в корпусе MRS секции. В других вариантах выполнения MRS секция 420 снабжена группой вакуумных насосов. В других вариантах выполнения вакуумный насос 430 выполнен с возможностью уменьшения давления внутри MRS секции 420 до давления, которое составляет от приблизительно 0,5 миллибар до приблизительно 5 миллибар. В конкретных вариантах выполнения вакуумный насос 430 выполнен с возможностью уменьшения давления в MRS секции 420 до менее чем приблизительно 1,5 миллибара (например, приблизительно 1 миллибара и менее). Вакуум низкого давления, создаваемый вакуумным насосом 430 в MRS секции 420, может удалять, например: (1) летучие органические вещества, присутствующие в расплавленном полимере, когда расплавленный полимер проходит через MRS секцию 420; и/или (2) по меньшей мере, часть поровой воды, которая присутствует во влажных хлопьях, которые поступают в MRS экструдер 400. В ряде вариантов выполнения вакуум низкого давления удаляет, по существу, всю (например, всю) воду и загрязнения из потока полимера.

В конкретном примере вакуумный насос 430 содержит три механических лопастных вакуумных насоса (например, установленных последовательно) для уменьшения давления в камере до соответствующего уровня (например, до давления приблизительно 1,0 миллибар). В других вариантах выполнения вместо конструкции из трех механических лопастных вакуумных насосов, описанной выше, вакуумный насос 430 является струйным вакуумным насосом, пригодным для MRS экструдера. В ряде вариантов выполнения струйный вакуумный насос выполнен с возможностью создания давления приблизительно 1 миллибар внутри MRS секции 420 и обеспечения приблизительно таких же результатов, как описано выше, относящихся к получаемой характеристической вязкости полимерного расплава. В ряде вариантов выполнения использование струйного вакуумного насоса может быть предпочтительным, поскольку струйные вакуумные насосы имеют паровой привод и, следовательно, по существу, являются самоочищающимися (например, самоочищающимися), что позволяет уменьшить объем необходимого технического обслуживания по сравнению с механическими лопастными насосами (которые могут, например, требовать многократной очистки из-за выделения летучих веществ, которые конденсируются на лопасти насоса). В конкретном варианте выполнения вакуумный насос 430 является струйным вакуумным насосом, от компании Arguma GmbH, Бергхайм, Германия.

В конкретных вариантах выполнения после прохождения расплавленного полимера через многопоточную MRS секцию 420 потоки расплавленного полимера воссоединяются и протекают во вторую секцию 440 экструдера с одним шнеком. В ряде вариантов выполнения одиночный поток расплавленного полимера далее проходит через систему 450 фильтрации, которая содержит, по меньшей мере, один фильтр. В конкретном варианте выполнения система 450 фильтрации имеет два уровня фильтрации (например, сетчатый фильтр с размером ячейки сетки 40 микрон и установленный после него сетчатый фильтр с размером ячейки сетки 25 микрон). Несмотря на то, что в ряде вариантов выполнения воду и примеси в виде летучих органических веществ удаляют во время вакуумного процесса, описанного выше, загрязнения в виде частиц, например, частицы алюминия, песок, грязь и другие загрязнения, могут оставаться в полимерном расплаве. Таким образом, этап фильтрации может быть предпочтительным в отношении удаления загрязнений в виде частиц (например, загрязнений в виде частиц, которые не были удалены в MRS секции 420).

В конкретных вариантах выполнения используют датчик 460 вязкости (см. фиг. 4) для определения вязкости расплава в потоке расплавленного полимера, после его прохождения через систему 450 фильтрации. В ряде вариантов выполнения датчик 460 вязкости измеряет вязкость расплава в потоке, например, посредством измерения перепада давления в потоке на известном участке. В конкретных вариантах выполнения в ответ на измерение характеристической вязкости потока, которая оказывается ниже заданного уровня (например, ниже приблизительно 0,8 дл/г), система может: (1) отбраковывать часть потока с низкой характеристической вязкостью; и/или (2) понижать давление в MRS секции 420 для достижения более высокой характеристической вязкости полимерного расплава. В конкретных вариантах выполнения уменьшение давления в MRS секции 420 выполняют, по существу, автоматическим образом (например, автоматически), используя датчик вязкости в компьютеризированном контуре управления с обратной связью с вакуумным насосом 430.

В конкретных вариантах выполнения удаление воды и загрязнений из полимера улучшает характеристическую вязкость вторичного ПЭТ полимера, позволяя полимерным цепям полимера воссоединяться и увеличивать длину цепи. В конкретных вариантах выполнения после прохождения через MRS секцию 420 с прикрепленным вакуумным насосом 430 расплав вторичного полимера имеет характеристическую вязкость, по меньшей мере, приблизительно 0,79 дл/г (например, от приблизительно 0,79 дл/г до приблизительно 1,00 дл/г). В конкретных вариантах выполнения прохождение через MRS секцию 420 низкого давления обеспечивает очистку расплава вторичного полимера (например, посредством удаления загрязнений и поровой воды) и делает вторичный полимер, по существу, сходным по структуре (например,

позволяет получить такую же структуру) с первичным ПЭТ полимером. В конкретных вариантах выполнения вода, удаляемая с помощью вакуума, содержит воду, которая является промывочной водой, используемой для очистки использованных ПЭТ бутылок, как описано выше, а также воду, которая является непрореагировавшей водой, образующейся посредством плавления ПЭТ полимера в секции 410 экструдера с одним шнеком (например, поровой водой). В конкретных вариантах выполнения большая часть воды, присутствующей в полимере, является промывочной водой, но некоторая процентная доля может быть не прореагировавшей водой.

В конкретных вариантах выполнения полученный полимер является вторичным ПЭТ полимером (например, полученным на 100% из использованных ПЭТ изделий, например, из ПЭТ бутылок или емкостей), имеющим качество полимера, пригодное для использования в изготовлении ПЭТ ковровой нити, используя, по существу, только (например, только) ПЭТ из использованных ПЭТ изделий.

Этап 3: Подача очищенного ПЭТ полимера в машину для формования нити для переработки в ковровую пряжу

В конкретных вариантах выполнения после экструзии и очистки вторичного ПЭТ полимера посредством вышеописанного процесса экструзии, полученный расплавленный вторичный ПЭТ полимер подают непосредственно в машину 500 для получения BCF (или "формования нити"), которая предназначена для переработки расплавленного полимера в объемно-жгутовую нить. Например, в ряде вариантов выполнения выход MRS экструдера 400 соединен, по существу, непосредственно (например, непосредственно) с входом машины 500 для формования нити, так чтобы подавать расплавленный полимер из экструдера непосредственно в машину 500 для формования нити. Этот процесс может быть предпочтительным, поскольку расплавленный полимер в определенных вариантах выполнения может не требовать охлаждения с образованием гранул после экструзии (что потребовалось бы, если вторичный полимер смешивали с первичным ПЭТ полимером). В конкретных вариантах выполнения отсутствие операции охлаждения вторичного расплавленного полимера с образованием гранул позволяет исключить разрыв цепи в полимере, что могло бы снизить характеристическую вязкость полимера.

В конкретных вариантах выполнения машина 500 для формования нити выполняет экструзию расплавленного полимера через небольшие отверстия в фильере для изготовления ковровой пряжной нити из полимера. В конкретных вариантах выполнения расплавленный вторичный ПЭТ полимер охлаждается после выхода из фильеры. Далее ковровая пряжа подхватывается валиками и, в конечном итоге, превращается в нити, используемые для производства ковра. В ряде вариантов выполнения ковровая пряжа, изготавливаемая машиной 500 для формования нити, может иметь удельную прочность от приблизительно 3 грамм-силы на денье (гс/дене) до приблизительно 9 гс/дене. В конкретных вариантах выполнения полученная ковровая пряжа имеет удельную прочность, по меньшей мере, приблизительно 3 гс/дене.

В конкретных вариантах выполнения машина 500 для формования нити, используемая в вышеописанном процессе, является машиной Sytec One для формования нити, которую изготавливает компания Oerlika Neumag, Ноймюнстер, Германия. Машину Sytec One можно специально адаптировать для труднообрабатываемых волокон, таких как нейлон или окрашенные в массу волокна, где нити имеют предрасположенность к обрыву во время процесса обработки. В ряде вариантов выполнения машина Sytec One может поддерживать максимально возможное прямолинейное движение нити после фильеры, при этом предусматривают обработку только одной непрерывной нити, и машина спроектирована с возможностью быстрой заправки нити в случаях обрыва.

Несмотря на то, что в вышеописанном примере представлена машина для формования нити Sytec One для изготовления ковровой пряжной нити из полимера, должно быть понятно, что можно использовать любую другую машину для формования нити. Такие машины для формования нити могут включать в себя, например, любую пригодную машину для формования нити, где предусмотрена обработка одной непрерывной нити или трех непрерывных нитей, производства компании Oerlika Neumag, Ноймюнстер, Германия или любой другой компании.

В ряде вариантов выполнения повышенная прочность вторичного ПЭТ полимера, достигаемая с помощью вышеописанного процесса, позволяет перемещать его в машине 500 для формования нити с более высокими скоростями, чем это было бы возможно при использовании первичного ПЭТ полимера. Таким образом, можно обеспечить более высокие скорости обработки, чем это было бы возможно при использовании первичного ПЭТ полимера.

#### **Краткое изложение иллюстративного процесса**

На фиг. 5 в общих чертах показана сущность способа изготовления объемно-жгутовой нити, описанного выше. Как показано на фигуре, осуществление способа начинают с этапа 602, где использованные ПЭТ бутылки измельчают в хлопья. Далее на этапе 604 хлопья промывают для удаления загрязнений с соответствующих наружных поверхностей хлопьев. Далее на этапе 606 группу хлопьев сканируют (например, используя один или несколько вышеописанных способов) для идентификации примесей, включая сюда загрязненные хлопья. Эти примеси и загрязненные хлопья затем удаляют из хлопьев.

Далее на этапе 608 хлопья проходят через MRS экструдер, причем в MRS секции экструдера поддерживают давление ниже приблизительно 1,5 миллибара. На этапе 610 полученный полимерный расплав проходит через, по меньшей мере, один фильтр, имеющий размер ячейки сетки менее приблизи-

тельно 50 микрон. И, наконец, на этапе 612 вторичный полимер перерабатывается в объемно-жгутую ковровую нить, которую можно использовать в производстве ковров. Осуществление способа завершают на этапе 614.

#### **Другие варианты выполнения**

В конкретных вариантах выполнения система может содержать другие компоненты или выполнять другие процессы для изготовления, по существу, непрерывной ВСФ из 100% вторичного ПЭТ или другого вторичного полимера. Ниже приведены описания иллюстративных вариантов.

##### **Немультиротационная система экструзии**

В конкретных вариантах выполнения при выполнении процесса можно использовать систему экструзии полимера, которая не относится к MRS экструдеру, описанному выше. Другая система экструзии может включать в себя, например, двухшнековый экструдер, многошнековый экструдер, планетарный экструдер или любую другую соответствующую систему экструзии. В конкретном варианте выполнения процесс может включать в себя множество любых комбинаций любых пригодных конических шнековых экструдеров (например, четыре двухшнековых экструдера, три многошнековых экструдера и т.д.).

##### **Изготовление ковровой пряжи из на 100% перерабатываемого ковра**

В конкретных вариантах выполнения вышеописанный процесс можно адаптировать для обработки и подготовки старого ковра (или любого другого пригодного использованного изделия) для производства новой ковровой пряжи, содержащей на 100% материал перерабатываемого ковра. В таких вариантах выполнения процесс начинают с измельчения и промывки перерабатываемого ковра, а не использованных ПЭТ бутылок. В ряде вариантов выполнения, где старый ковер перерабатывают в новую ковровую пряжу, содержащую на 100% материал перерабатываемого ковра, процесс может содержать дополнительные этапы для удаления дополнительных материалов или примесей, которые могут присутствовать в перерабатываемом ковре, но не могут присутствовать в использованных ПЭТ бутылках (например, основа ковра, клей и т.д.).

##### **Другие источники перерабатываемого ПЭТ**

В ряде вариантов выполнения вышеописанный процесс адаптирован для обработки перерабатываемого ПЭТ из любого пригодного источника (например, источников, которые не относятся к использованным бутылкам или коврам) для производства новой ковровой пряжи, содержащей 100% вторичный ПЭТ.

##### **Использование кристаллизатора в качестве части процесса изготовления ВСФ**

В ряде вариантов выполнения процесс изготовления ВСФ из вторичного полимера может дополнительно включать в себя этап кристаллизации, на котором используют один или несколько кристаллизаторов ПЭТ. В конкретных вариантах выполнения система сконфигурирована с возможностью выполнения этапа кристаллизации измельченных хлопьев перед прохождением хлопьев через один или несколько экструдеров (например, одношнековый экструдер, MRS экструдер и т.д.). В конкретных вариантах выполнения кристаллизатор ПЭТ содержит корпус, шнек с бункером (например, шнековый транспортер), расположенный, по меньшей мере, частично, в корпусе, перемешивающее устройство, один или несколько нагревательных элементов и одно или несколько воздушодувных устройств.

##### **Шнек с бункером**

В конкретных вариантах выполнения шнек с бункером содержит пригодный винтовой транспортер (например, архимедов винт) для перемещения жидких или гранулированных материалов (например, ПЭТ хлопьев). В ряде вариантов выполнения шнек с бункером содержит, по существу, цилиндрический вал и винтовую лопасть, расположенную вдоль, по меньшей мере, участка цилиндрического вала. В конкретных вариантах выполнения, по существу, цилиндрический вал, предназначен для вращения винтовой лопасти, что вынуждает шнек с бункером перемещать материал (например, ПЭТ хлопья) вдоль цилиндрического вала в корпус кристаллизатора. В других вариантах выполнения шнек с бункером содержит другой пригодный винтовой транспортер, например, безвальную спираль. В вариантах выполнения, в которых шнек с бункером содержит безвальную спираль, эта безвальная спираль, по существу, может быть закреплена на одном конце и может быть свободна на другом конце, и приводится в движение у неподвижного конца. В ряде вариантов выполнения шнек с бункером расположен, по меньшей мере, частично, в корпусе кристаллизатора.

В ряде вариантов выполнения шнек с бункером выполнен с возможностью подачи ПЭТ хлопьев в кристаллизатор. В ряде вариантов выполнения кристаллизатор ПЭТ выполнен с возможностью подачи ПЭТ хлопьев в кристаллизатор при относительно небольшой скорости шнека с бункером.

##### **Один или несколько нагревательных элементов**

В ряде вариантов выполнения кристаллизатор содержит один или несколько нагревательных элементов для повышения температуры в кристаллизаторе. В конкретных вариантах выполнения один или несколько нагревательных элементов содержат один или несколько электрических нагревательных элементов, один или несколько работающих на газе нагревательных элементов или любые другие пригодные нагревательные элементы. В некоторых вариантах выполнения один или несколько нагревательных элементов могут быть по существу электрическими нагревательными элементами. В ряде вариантов выполнения один или несколько нагревательных элементов содержат один или несколько инфракрасных

нагревательных элементов. В других вариантах выполнения один или несколько нагревательных элементов могут использовать природный газ, например пропан. В конкретных вариантах выполнения один или несколько нагревательных элементов выполнены с возможностью повышения температуры в кристаллизаторе от приблизительно 100 до приблизительно 180°F. В других вариантах выполнения один или несколько нагревательных элементов выполнены с возможностью повышения температуры в кристаллизаторе от приблизительно 100 до приблизительно 180°C. В некоторых вариантах выполнения один или несколько нагревательных элементов выполнены с возможностью поддержания температуры в кристаллизаторе, которая, по существу, является приблизительно максимальной температурой кристаллизации ПЭТ. В конкретных вариантах выполнения максимальная температура кристаллизации ПЭТ составляет от приблизительно 140 до приблизительно 230°C.

#### Одно или несколько воздуходувных устройств

В ряде вариантов выполнения кристаллизатор дополнительно содержит одно или несколько воздуходувных устройств, предназначенных для продувки воздуха через хлопья, когда хлопья проходят через кристаллизатор. В конкретных вариантах выполнения одно или несколько воздуходувных устройств содержат любые пригодные воздуходувные устройства для перемещения воздуха, по существу, по площади поверхности хлопьев, когда хлопья проходят через кристаллизатор. Например, в некоторых вариантах выполнения одно или несколько воздуходувных устройств содержат один или несколько пригодных вентиляторов или других пригодных механизмов для перемещения воздуха. В ряде вариантов выполнения одно или несколько воздуходувных устройств выполнены с возможностью продувки воздуха, который был, по меньшей мере, частично, нагрет одним или несколькими нагревательными элементами. В конкретных вариантах выполнения одно или несколько воздуходувных устройств выполнены с возможностью продувки воздуха, имеющего температуру, по меньшей мере, приблизительно 140°F. В других конкретных вариантах выполнения одно или несколько воздуходувных устройств выполнены с возможностью продувки воздуха, имеющего температуру, по меньшей мере, приблизительно 140°C. В других вариантах выполнения одно или несколько воздуходувных устройств выполнены с возможностью поддержания температуры в кристаллизаторе от приблизительно 140 до приблизительно 180°F. В некоторых вариантах выполнения одно или несколько воздуходувных устройств выполнены с возможностью продувки горячего воздуха от нижнего участка кристаллизатора и забора воздуха из верхнего участка кристаллизатора.

#### Перемешивающее устройство

В ряде вариантов выполнения кристаллизатор содержит перемешивающее устройство, которое содержит пригодное устройство для перемешивания ПЭТ хлопьев, когда ПЭТ хлопья проходят через кристаллизатор. В ряде вариантов выполнения перемешивающее устройство можно приводить в действие, например, с помощью соответствующего редукторного электродвигателя. В конкретном варианте выполнения перемешивающее устройство содержит соответствующую штангу или другой пригодный механизм, установленный с возможностью вращения или иного перемешивания ПЭТ хлопьев, когда ПЭТ хлопья проходят через кристаллизатор. В других вариантах выполнения перемешивающее устройство может содержать любое пригодное устройство, которое может, например, содержать барабан, пригодный для установки с возможностью вращения с помощью редукторного двигателя, так чтобы ПЭТ хлопья, по меньшей мере, частично, перемешивались и/или встряхивались, когда ПЭТ хлопья находятся в барабане. В других вариантах выполнения перемешивающее устройство содержит один или несколько шнеков и/или шнековых транспортеров, выполненных с возможностью вращения и перемешивания ПЭТ хлопьев. В конкретных вариантах выполнения перемешивающее устройство содержит шнек с бункером.

Как можно понять из этого описания, перемешивающее устройство выполнено с возможностью встряхивания и/или перемешивания ПЭТ хлопьев, когда одно или несколько воздуходувных устройств продувают воздух, нагретый одним или несколькими нагревательными элементами, через ПЭТ хлопья. В конкретных вариантах выполнения перемешивающее устройство выполнено с возможностью, по меньшей мере, частичного уменьшения агломерации хлопьев (например, слипания или комкования хлопьев), когда хлопья, по меньшей мере, частично, кристаллизуются в кристаллизаторе.

В конкретных вариантах выполнения кристаллизатор, по меньшей мере, частично, высушивает поверхность ПЭТ хлопьев. В ряде вариантов выполнения кристаллизатор ПЭТ выполнен с возможностью уменьшения содержания влаги в ПЭТ хлопьях приблизительно до 50 млн<sup>-1</sup>. В других вариантах выполнения кристаллизатор ПЭТ выполнен с возможностью уменьшения содержания влаги в ПЭТ хлопьях от приблизительно 30 до приблизительно до 50 млн<sup>-1</sup>.

В ряде вариантов выполнения использование сухих хлопьев может позволить системе транспортировать хлопья через MRS экструдер более медленно, что позволяет создавать более высокое давление в MRS экструдере во время экструзии (например, позволяет системе поддерживать более высокое давление в MRS экструдере вместо очень низкого давления). В ряде вариантов выполнения процесса система регулирования давления может быть сконфигурирована для поддержания давления в MRS от приблизительно 0 миллибар до приблизительно 25 миллибар. В конкретных вариантах выполнения, например, в вариантах выполнения, в которых ПЭТ хлопья проходили через кристаллизатор перед экструзией в MRS

экструдере, система регулирования давления может быть сконфигурирована для поддержания давления в MRS экструдере от приблизительно 0 миллибар до приблизительно 18 миллибар. В других вариантах выполнения система регулирования давления может быть сконфигурирована для поддержания давления в MRS экструдере от приблизительно 0 миллибар до приблизительно 12 миллибар. В других вариантах выполнения система регулирования давления может быть сконфигурирована для поддержания давления в MRS экструдере от приблизительно 0 миллибар до приблизительно 8 миллибар. В других вариантах выполнения система регулирования давления может быть сконфигурирована для поддержания давления в MRS экструдере от приблизительно 5 миллибар до приблизительно 10 миллибар. В конкретных вариантах выполнения система регулирования давления может быть сконфигурирована для поддержания давления в MRS экструдере приблизительно 5 миллибар, приблизительно 6 миллибар, приблизительно 7 миллибар, приблизительно 8 миллибар, приблизительно 9 миллибар или приблизительно любого пригодного давления от приблизительно 0 миллибар до приблизительно 25 миллибар.

В конкретных вариантах выполнения кристаллизатор вынуждает хлопья, по меньшей мере, частично, уменьшаться в размере, что может, например, снижать вероятность комкования хлопьев. В конкретных вариантах выполнения кристаллизатор может, в частности, уменьшать клейкость больших хлопьев, которые могут, например, включать в себя хлопья, содержащие частицы измельченных ПЭТ бутылок, которые могут иметь большую толщину по сравнению с другими частицами ПЭТ бутылок (например, хлопья, измельченные из резьбового участка ПЭТ бутылки, на который навинчивают крышку).

Сравнение использования бутылок, собранных из контейнеров, установленных по обочинам улиц, и бутылок многоразового использования в процессе изготовления волокна

В ряде вариантов выполнения система выполнена с возможностью использования вторичного ПЭТ различного качества в вышеописанном процессе. Например, в ряде вариантов выполнения система выполнена с возможностью изготовления объемно-жгутовой ковровой нити из ПЭТ, полученного в результате переработки ПЭТ бутылок, собранных из контейнеров, установленных по обочинам улиц (например, ПЭТ бутылок, которые были собраны в рамках общей программы переработки использованной тары или из другого источника), а также ПЭТ бутылок многоразового использования (например, бутылок, возвращаемых в рамках программы использования залоговой тары). В ряде вариантов выполнения использованные бутылки, собранные из контейнеров, установленных по обочинам улиц, могут требовать более тщательной обработки для изготовления объемно-жгутовой нити, поскольку использованные бутылки, собранные из контейнеров, установленных по обочинам улиц, могут смешиваться с загрязнениями или иным образом содержать загрязнения, например: другие перерабатываемые материалы (например, бумагу, другие пластики и т.д.), мусор и другие бутылочные изделия, не относящиеся к ПЭТ, из-за несовершенной сортировки использованных изделий или в силу других причин. Бутылки многоразового использования могут включать в себя ПЭТ бутылки с меньшим количеством нежелательных загрязнений, в частности, из-за того, что ПЭТ бутылки многоразового использования можно собирать отдельно от других изделий, пригодных для переработки или подлежащих удалению.

В ряде вариантов выполнения бутылки, собранные в конкретные времена года из контейнеров, установленных по обочинам улиц, могут содержать больше примесей и других загрязнений, чем в другие времена года. Например, бутылки, собранные в летние месяцы из контейнеров, установленных по обочинам улиц, могут содержать большую процентную долю чистых ПЭТ бутылок (например, бутылок из-под воды), по меньшей мере, частично, из-за дополнительного потребления воды в летние месяцы.

В ряде вариантов выполнения вышеописанная система может быть выполнена с возможностью регулирования конкретных компонентов процесса на основе, по меньшей мере, частично, источника вторичного ПЭТ, используемого для изготовления объемно-жгутовой ковровой нити. Например, поскольку ПЭТ бутылки многоразового использования содержат меньше примесей, подлежащих удалению во время этапов начальной очистки и сортировки процесса, систему регулирования давления можно сконфигурировать для поддержания давления в MRS экструдере, превышающего давление, которое бы потребовалось для обработки ПЭТ хлопьев, полученных из использованных ПЭТ бутылок, собранных из контейнеров, установленных по обочинам улиц. В конкретном варианте выполнения система регулирования давления может быть выполнена с возможностью поддержания давления в MRS экструдере от приблизительно 0 миллибар до приблизительно 12 миллибар, когда хлопья, полученные из ПЭТ бутылок многоразового использования, проходят через MRS экструдер. В других вариантах выполнения, в таких случаях система регулирования давления может быть выполнена с возможностью поддержания давления в MRS экструдере от приблизительно 5 миллибар до приблизительно 10 миллибар.

В ряде вариантов выполнения система выполнена с возможностью определения пригодного давления для поддержания давления в MRS экструдере на основе, по меньшей мере, частично, источника вторичного ПЭТ. В других вариантах выполнения система выполнена с возможностью исключения одного или нескольких из вышеописанных этапов или включения одного или нескольких дополнительных этапов в вышеописанные этапы на основе, по меньшей мере, частично, источника вторичного ПЭТ.

Непосредственное соединение ряда компонентов, используемых в процессе изготовления нити

Непосредственное соединение MRS экструдера с машиной для формования нити

В конкретных вариантах выполнения выпуск MRS машины можно, по существу, непосредственно соединять (например, непосредственно соединять) с машиной для формования нити для переработки полученного расплавленного полимера в объемно-жгутовую нить. В таких вариантах выполнения после экструзии и очистки вторичного ПЭТ полимера с помощью вышеописанного процесса экструзии полученный расплавленный вторичный ПЭТ полимер подают, по существу, непосредственно (например, непосредственно) в машину для формования нити. Этот процесс может быть предпочтительным, поскольку расплавленный полимер в определенных вариантах выполнения может не требовать охлаждения с образованием гранул после экструзии (что потребовалось бы, если вторичный полимер смешивали с первичным ПЭТ полимером) перед переработкой расплавленного полимера в нить. В конкретных вариантах выполнения отсутствие операции охлаждения вторичного расплавленного полимера с образованием гранул позволяет исключить разрыв цепи в полимере, что могло бы снизить характеристическую вязкость полимера.

Непосредственное соединение неротационного экструдера с машиной для формования нити

В ряде вариантов выполнения процесса для переработки ПЭТ (например, или других полимеров) в BCF хлопья вторичного ПЭТ проходят через экструдер, который не является MRS экструдером (например, "первый экструдер") перед переработкой полученного расплавленного полимера в BCF. В конкретных вариантах выполнения первый экструдер, по существу, непосредственно соединен (например, непосредственно соединен) с машиной для формования нити (например, выпуск первого экструдера, по существу, непосредственно соединен с впуском машины для формования нити). Например, в ряде вариантов выполнения выпуск первого экструдера, по существу, непосредственно соединен (например, с помощью соответствующей трубы, соединителя и т.д.) с одним или несколькими впусками одной или нескольких машин для формования нитей. В конкретных вариантах выполнения первый экструдер может включать в себя любой пригодный экструдер с увеличенной площадью поверхности. В ряде вариантов выполнения первый экструдер может включать в себя, например, двухшнековый экструдер, многошнековый экструдер, планетарный экструдер или любую другую пригодную систему экструзии (например, любой другой экструдер с увеличенной площадью поверхности). В ряде вариантов выполнения первый экструдер является любым экструдером, пригодным для увеличения площади поверхности расплава полимера, экструдированного первым экструдером, который подвергается воздействию низкого давления в первом экструдере (например, низкого давления, создаваемого системой регулирования давления, например, любой пригодной системой регулирования давления, описанной выше). В конкретном варианте выполнения первый экструдер является MAS экструдером производства компании Maschinen und Anlagenbau Schulz GmbH, Пуккинг, Австрия.

В ряде вариантов выполнения первый экструдер является коническим двухшнековым экструдером совместного однонаправленного вращения. В таких вариантах выполнения первый экструдер содержит корпус экструдера, в котором размещены два конических шнека совместного однонаправленного вращения (например, первый конический шнек и второй конический шнек). В ряде вариантов выполнения каждый конический шнек, по существу, является коническим (например, коническим), так что шнек сужается от первого диаметра у основания каждого соответствующего конического шнека ко второму диаметру у конца вершины каждого соответствующего конического шнека, который меньше первого диаметра. В ряде вариантов выполнения каждый конкретный конический шнек может иметь соответствующую резьбу или нарезку резьбы. В некоторых вариантах выполнения каждый конический шнек имеет, по существу, постоянный (например, постоянный) шаг резьбы и вершину резьбы вдоль, по меньшей мере, части конического шнека. В других вариантах выполнения шаг и вершина резьбы могут, по меньшей мере, частично, варьироваться по длине конкретного конического шнека. В других вариантах выполнения разница между большим и меньшим диаметрами конического шнека может варьироваться по длине конического шнека (например, резьба шнека может быть больше или меньше по длине конкретных участков конического шнека). В конкретных вариантах выполнения шаг резьбы конкретного конического шнека может уменьшаться вдоль конического шнека от участка основания до участка вершины. В конкретных вариантах выполнения первый и второй конические шнеки, по существу, идентичны по конструкции (например, идентичны по конструкции).

В конкретных вариантах выполнения два конических шнека ориентированы в коническом двухшнековом экструдере таким образом, что участок основания каждого шнека расположен рядом с входом (впуском) конического двухшнекового экструдера, и участок вершины каждого шнека расположен рядом с выпуском конического двухшнекового экструдера. В конкретных вариантах выполнения центральная ось первого конического шнека образует острый угол с центральной осью второго конического шнека. В ряде вариантов выполнения первый и второй конические шнеки расположены таким образом, что, по меньшей мере, часть резьбы первого конического шнека, по меньшей мере, частично, сопрягается (например, сопрягается), по меньшей мере, с частью резьбы второго конического шнека. В других вариантах выполнения, по меньшей мере, часть резьбы первого конического шнека, по меньшей мере, частично, входит в зацепление (например, входит в зацепление), по меньшей мере, с частью резьбы второго

конического шнека.

В конкретных вариантах выполнения конический двухшнековый экструдер может быть выполнен с возможностью, по меньшей мере, частичного плавления множества хлопьев для получения расплава полимера. В таких вариантах выполнения конический двухшнековый экструдер может, например, вырабатывать тепло (например, посредством сдвига), достаточное, по меньшей мере, для, по существу, плавления (например, плавления) хлопьев. В конкретных вариантах выполнения первый экструдер выполнен с возможностью увеличения площади поверхности расплава полимера. В ряде вариантов выполнения коническая конструкция конического двухшнекового экструдера может обеспечивать объема впуска, который значительно больше (например, больше) объема выгрузки из конического двухшнекового экструдера. Этот более высокий объем впуска в ряде вариантов выполнения может обеспечивать выработку большого объема на один оборот двух конических шнеков. В ряде вариантов выполнения первый экструдер выполнен с возможностью приема множества полимерных хлопьев (например, ПЭТ хлопьев) с помощью впуска первого экструдера, плавления множества хлопьев для получения расплава полимера с выполнением экструзии множества хлопьев, и прохождения полученного расплава полимера через выпуск экструдера.

В ряде вариантов выполнения первый экструдер содержит систему регулирования давления, выполненную с возможностью уменьшения давления в первом экструдере. В конкретном варианте выполнения первый экструдер снабжен соответствующим вакуумным насосом, причем этот вакуумный насос сообщается с внутренней стороной корпуса первого экструдера с помощью соответствующего отверстия в корпусе первого экструдера. В других вариантах выполнения вакуумный насос выполнен с возможностью уменьшения давления внутри первого экструдера до давления, которое составляет от приблизительно 0 миллибар до приблизительно 25 миллибар. В других вариантах выполнения вакуумный насос выполнен с возможностью уменьшения давления внутри первого экструдера до давления, которое составляет от приблизительно 5 миллибар до приблизительно 18 миллибар. В других вариантах выполнения вакуумный насос выполнен с возможностью уменьшения давления внутри первого экструдера до любого конкретного пригодного давления, которое составляет от приблизительно 0 миллибар до приблизительно 25 миллибар. В ряде вариантов выполнения вакуум низкого давления, создаваемый вакуумным насосом в первом экструдере, может удалять, например: (1) летучие органические вещества, присутствующие в расплавленном полимере, когда расплавленный полимер проходит через первый экструдер; и/или (2) по меньшей мере, часть поровой воды, которая присутствует во влажных хлопьях, которые поступают в первый экструдер. В ряде вариантов выполнения вакуум низкого давления удаляет, по существу, всю (например, всю) воду и загрязнения из потока полимера. В ряде вариантов выполнения вакуумный насос может включать в себя любой пригодный вакуумный насос, например, любой вакуумный насос, описанный выше, или любой другой пригодный вакуумный насос.

В варианте выполнения, в котором система включает в себя первый экструдер, непосредственно соединенный с машиной для формования нити, процесс может включать в себя прохождение множества хлопьев (например, множества влажных хлопьев после этапа промывки) через первый экструдер, по меньшей мере, для частичного плавления множества хлопьев с целью получения расплава полимера и удаления, по меньшей мере, части примесей из расплава полимера. Далее расплав полимера подают, по существу, непосредственно (например, непосредственно) в машину для формования нити с целью переработки в объемно-жгутую ковровую нить.

#### Заключение

Специалист в области техники, к которой относится изобретение, может предложить множество модификаций и других вариантов выполнения, обеспечивающих эффект на основе принципов изобретения, представленных в вышеприведенном описании и на приложенных чертежах. Например, несмотря на то, что представленная выше вакуумная система описана как выполненная с возможностью поддержания давления в открытых камерах MRS экструдера приблизительно 1 мбар, в других вариантах выполнения вакуумная система может быть адаптирована для поддержания давления в открытых камерах MRS экструдера больше или меньше 1 мбар. Например, вакуумная система может быть адаптирована для поддержания этого давления от приблизительно 0,5 до приблизительно 12 мбар.

Сходным образом, несмотря на то, что ряд вариантов выполнения вышеописанных систем можно адаптировать для изготовления ковровой нити, по существу, только из вторичного ПЭТ (так чтобы полученная ковровая нить содержала, состояла и/или состояла, по существу, из вторичного ПЭТ), в других вариантах выполнения систему можно адаптировать для изготовления ковровой нити из комбинации вторичного ПЭТ и первичного ПЭТ. Полученная ковровая нить может, например, содержать, состоять и/или состоять, по существу, из от приблизительно 80 до приблизительно 100% вторичного ПЭТ и от приблизительно 0 до приблизительно 20% первичного ПЭТ.

Кроме того, несмотря на то, что вышеописанные варианты выполнения относятся к изготовлению ковровой нити из ПЭТ, сходные способы можно использовать для изготовления ковровой нити из других полимеров. Сходным образом, несмотря на то, что ряд вышеописанных вариантов выполнения относится к изготовлению ковровой нити из ПЭТ, сходные способы можно использовать для изготовления ковровой нити из ПЭТ или других полимеров.

Кроме того, следует принять во внимание, что в ряде вариантов выполнения можно исключить любой из вышеописанных этапов и включить дополнительные этапы.

В свете вышеизложенного следует принять во внимание, что изобретение не ограничено до конкретных раскрытых вариантов выполнения и что другие варианты выполнения могут быть включены в объем приложенной формулы изобретения. Несмотря на используемые в настоящей заявке специальные термины, они используются в общем и описательном смысле, а не в целях ограничения.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ изготовления объемно-жгутовой ковровой нити, включающий в себя:

(А) промывку множества хлопьев вторичного ПЭТ;

(В) обеспечение наличия кристаллизатора ПЭТ;

(С) после этапа промывки множества хлопьев вторичного ПЭТ, прохождение, по меньшей мере, части указанного множества хлопьев вторичного ПЭТ через указанный кристаллизатор ПЭТ, по меньшей мере, для частичной сушки поверхности указанного множества хлопьев вторичного ПЭТ;

(D) обеспечение наличия экструдера с увеличенной площадью поверхности, причем указанный экструдер с увеличенной площадью поверхности определяет выпуск экструдера с увеличенной площадью поверхности и выпуск экструдера с увеличенной площадью поверхности и содержит:

множество сателлитных шнеков, при этом каждый из указанного множества сателлитных шнеков, по меньшей мере, частично, помещен внутри соответствующего цилиндра экструдера и установлен с возможностью вращения вокруг своей соответствующей центральной оси, и

систему поддержки экструдера с сателлитным шнеком, которая выполнена с возможностью орбитального вращения каждого из указанного множества сателлитных шнеков вокруг основной оси, когда каждый из множества сателлитных шнеков вращается вокруг своей соответствующей центральной оси, причем указанная основная ось, по существу, параллельна каждой соответствующей центральной оси;

(Е) обеспечение наличия системы регулирования давления, которая выполнена с возможностью уменьшения давления внутри по меньшей мере части указанного экструдера с увеличенной площадью поверхности ниже приблизительно 25 мбар;

(F) использование указанной системы регулирования давления для уменьшения давления в указанном экструдере с увеличенной площадью поверхности до давления ниже приблизительно 25 мбар;

(G) после прохождения указанного множества хлопьев вторичного ПЭТ через указанный кристаллизатор ПЭТ, прохождение указанного множества хлопьев вторичного ПЭТ через указанный экструдер с увеличенной площадью поверхности с помощью указанного выпуска экструдера с увеличенной площадью поверхности, по меньшей мере, для частичного плавления указанного множества хлопьев для получения расплава полимера, так что, по меньшей мере, часть указанного расплава полимера проходит через каждый соответствующий сателлитный шнек;

(H) обеспечение наличия по меньшей мере одной машины для формования нити, содержащей по меньшей мере один выпуск машины для формования нити, причем указанный по меньшей мере один выпуск машины для формования нити функционально соединен с указанным выпуском экструдера с увеличенной площадью поверхности; и

(I) по существу, незамедлительно после указанного этапа прохождения указанного множества хлопьев через указанный экструдер с увеличенной площадью поверхности использование машины для формования нити для переработки указанного расплава полимера в объемно-жгутовую ковровую нить.

2. Способ по п.1, в котором указанный экструдер с увеличенной площадью поверхности является коническим двухшнековым экструдером совместного однонаправленного вращения и содержит первый конический шнек и второй конический шнек; и указанный первый конический шнек и указанный второй конический шнек выполнены с возможностью, по меньшей мере, частичного плавления указанного множества хлопьев для получения указанного расплава полимера посредством сдвига.

3. Способ по п.2, в котором центральная ось указанного первого конического шнека образует острый угол с центральной осью указанного второго конического шнека.

4. Способ по п.3, в котором конец вершины указанного первого конического шнека расположен рядом с концом вершины указанного второго конического шнека.

5. Способ по п.4, в котором указанный конец вершины указанного первого конического шнека и указанный конец вершины указанного второго конического шнека расположены рядом с указанным выпуском экструдера с увеличенной площадью поверхности.

6. Способ по п.5, в котором, по меньшей мере, часть резьбы указанного первого конического шнека, по меньшей мере, частично, сопрягается и, по меньшей мере, частично, входит в зацепление, по меньшей мере, с частью резьбы указанного второго конического шнека.

7. Способ по п.1, в котором:

указанный экструдер с увеличенной площадью поверхности содержит мультиротационный шнековый экструдер, содержащий:

первый экструдер с сателлитным шнеком, причем указанный первый экструдер с сателлитным

шнеком содержит первый сателлитный шнек, который установлен с возможностью вращения вокруг центральной оси указанного первого сателлитного шнека;

второй экструдер с сателлитным шнеком, причем указанный второй экструдер с сателлитным шнеком содержит второй сателлитный шнек, который установлен с возможностью вращения вокруг центральной оси указанного второго сателлитного шнека;

третий экструдер с сателлитным шнеком, причем указанный третий экструдер с сателлитным шнеком содержит третий сателлитный шнек, который установлен с возможностью вращения вокруг центральной оси указанного третьего сателлитного шнека; и

четвертый экструдер с сателлитным шнеком, причем указанный четвертый экструдер с сателлитным шнеком содержит четвертый сателлитный шнек, который установлен с возможностью вращения вокруг центральной оси указанного четвертого сателлитного шнека; и

прохождение указанного расплава полимера через указанный экструдер с увеличенной площадью поверхности включает прохождение указанного расплава полимера через указанный мультиротационный шнековый экструдер таким образом, что (1) первая часть указанного расплава проходит через указанный первый экструдер с сателлитным шнеком, (2) вторая часть указанного расплава проходит через указанный второй экструдер с сателлитным шнеком, (3) третья часть указанного расплава проходит через указанный третий экструдер с сателлитным шнеком, и (4) четвертая часть указанного расплава проходит через указанный четвертый экструдер с сателлитным шнеком.

8. Способ по п.7, в котором указанный мультиротационный шнековый экструдер содержит систему поддержки экструдера с сателлитным шнеком, которая выполнена с возможностью вращения первого, второго, третьего и четвертого сателлитных шнеков вокруг основной оси, причем основная ось, по существу, параллельна: (а) указанной центральной оси указанного первого сателлитного шнека; (b) указанной центральной оси указанного второго сателлитного шнека; (с) указанной центральной оси указанного третьего сателлитного шнека; и (d) указанной центральной оси указанного четвертого сателлитного шнека.

9. Способ по п.8, в котором:

указанная система регулирования давления выполнена с возможностью поддержания указанного давления в указанном первом экструдере ниже приблизительно 5 мбар; и

указанный способ дополнительно содержит использование указанной системы регулирования давления для уменьшения давления в указанном первом экструдере до давления ниже приблизительно 5 мбар.

10. Способ по п.1, который дополнительно включает в себя, перед прохождением указанного множества хлопьев вторичного ПЭТ через указанный экструдер с увеличенной площадью поверхности, прохождение указанного множества хлопьев вторичного ПЭТ через указанный кристаллизатор ПЭТ, по меньшей мере, для частичной сушки поверхности указанного множества хлопьев вторичного ПЭТ.

11. Способ по п.10, в котором указанный кристаллизатор выполнен с возможностью уменьшения содержания влаги в указанном множестве хлопьев от приблизительно 30 до приблизительно до 50 млн<sup>-1</sup>.

12. Способ изготовления объемно-жгутовой ковровой нити, включающий в себя:

(A) обеспечение наличия кристаллизатора ПЭТ;

(B) прохождение множества хлопьев вторичного ПЭТ через указанный кристаллизатор ПЭТ, по меньшей мере, для частичной сушки поверхности указанного множества хлопьев вторичного ПЭТ;

(C) обеспечение наличия экструдера с увеличенной площадью поверхности, причем указанный экструдер с увеличенной площадью поверхности определяет выпуск экструдера с увеличенной площадью поверхности и выпуск экструдера с увеличенной площадью поверхности и содержит:

множество сателлитных шнеков, при этом каждый из указанного множества сателлитных шнеков, по меньшей мере, частично, помещен внутри соответствующего цилиндра экструдера и установлен с возможностью вращения вокруг своей соответствующей центральной оси, и

систему поддержки экструдера с сателлитным шнеком, которая выполнена с возможностью орбитального вращения каждого из указанного множества сателлитных шнеков вокруг основной оси, когда каждый из множества сателлитных шнеков вращается вокруг своей соответствующей центральной оси, причем указанная основная ось, по существу, параллельна каждой соответствующей центральной оси;

(D) обеспечение наличия системы регулирования давления, выполненной с возможностью уменьшения давления, по меньшей мере, в части указанного экструдера с увеличенной площадью поверхности до давления ниже приблизительно 25 мбар;

(E) обеспечение наличия машины для формования нити, определяющей выпуск машины для формования нити, причем указанный выпуск машины для формования нити функционально связан с выпуском указанного экструдера с увеличенной площадью поверхности;

(F) использование указанной системы регулирования давления для уменьшения указанного давления в указанной, по меньшей мере, части указанного экструдера с увеличенной площадью поверхности до давления ниже приблизительно 25 мбар;

(G) после прохождения указанного множества хлопьев вторичного ПЭТ через указанный кристаллизатор ПЭТ, прохождение указанного множества хлопьев, содержащих ПЭТ хлопья, через указанный экструдер с увеличенной площадью поверхности с помощью указанного выпуска экструдера с увеличен-

ной площадью поверхности, по меньшей мере, для частичного плавления указанного множества хлопьев для образования расплава полимера, так что, по меньшей мере, часть указанного расплава полимера проходит через каждый соответствующий сателлитный шнек; и

(Н) по существу незамедлительно после прохождения указанного множества хлопьев через указанный экструдер с увеличенной площадью поверхности использование указанной машины для формирования нити с целью переработки указанного расплава полимера в объемно-жгутовую ковровую нить.

13. Способ по п.12, в котором указанная система регулирования давления дополнительно выполнена с возможностью уменьшения указанного давления в указанной, по меньшей мере, части указанного экструдера с увеличенной площадью поверхности до давления ниже приблизительно 6 мбар.

14. Способ по п.13, в котором:

указанный экструдер с увеличенной площадью поверхности содержит первый конический шнек, имеющий первый конец основания и первый конец вершины; и

указанный первый конический шнек расположен в указанном экструдере с увеличенной площадью поверхности таким образом, что указанный первый конец основания находится рядом с указанным входом экструдера с увеличенной площадью поверхности, и указанный первый конец вершины находится рядом с указанным выходом экструдера с увеличенной площадью поверхности.

15. Способ по п.14, в котором:

указанный экструдер с увеличенной площадью поверхности содержит второй конический шнек, имеющий второй конец основания и второй конец вершины; и

указанный второй конический шнек расположен в указанном экструдере с увеличенной площадью поверхности таким образом, что указанный второй конец основания находится рядом с указанным первым концом основания и указанный второй конец вершины находится рядом с указанным первым концом вершины.

16. Способ по п.14, в котором указанный первый конический шнек и указанный второй конический шнек, по существу, имеют идентичную конструкцию.

17. Способ по п.12, в котором указанный экструдер с увеличенной площадью поверхности содержит конический двухшнековый экструдер совместного однонаправленного вращения.

18. Способ по п.12, в котором:

указанный экструдер с увеличенной площадью поверхности содержит мультиротационный шнековый экструдер, содержащий:

первый экструдер с сателлитным шнеком, причем указанный первый экструдер с сателлитным шнеком содержит первый сателлитный шнек, который установлен с возможностью вращения вокруг центральной оси указанного первого сателлитного шнека;

второй экструдер с сателлитным шнеком, причем указанный второй экструдер с сателлитным шнеком содержит второй сателлитный шнек, который установлен с возможностью вращения вокруг центральной оси указанного второго сателлитного шнека;

третий экструдер с сателлитным шнеком, причем указанный третий экструдер с сателлитным шнеком содержит третий сателлитный шнек, который установлен с возможностью вращения вокруг центральной оси указанного третьего сателлитного шнека; и

четвертый экструдер с сателлитным шнеком, причем указанный четвертый экструдер с сателлитным шнеком содержит четвертый сателлитный шнек, который установлен с возможностью вращения вокруг центральной оси указанного четвертого сателлитного шнека; и

систему поддержки экструдера с сателлитным шнеком, которая выполнена с возможностью вращения указанных первого, второго, третьего и четвертого сателлитных шнеков вокруг основной оси, причем указанная основная ось, по существу, параллельна: (а) указанной центральной оси указанного первого сателлитного шнека; (b) указанной центральной оси указанного второго сателлитного шнека; (с) указанной центральной оси указанного третьего сателлитного шнека; и (d) указанной центральной оси указанного четвертого сателлитного шнека; и

прохождение указанного множества хлопьев через указанный экструдер с увеличенной площадью поверхности, по меньшей мере, для частичного плавления указанного множества хлопьев для образования указанного расплава полимера включает в себя прохождение указанного расплава полимера через указанный мультиротационный шнековый экструдер таким образом, что: (1) первая часть указанного расплава проходит через указанный первый экструдер с сателлитным шнеком, (2) вторая часть указанного расплава проходит через указанный второй экструдер с сателлитным шнеком, (3) третья часть указанного расплава проходит через указанный третий экструдер с сателлитным шнеком, и (4) четвертая часть указанного расплава проходит через указанный четвертый экструдер с сателлитным шнеком.

19. Способ изготовления ковровой нити, включающий в себя следующие этапы:

(А) измельчение множества использованных ПЭТ бутылок в группу полимерных хлопьев;

(В) промывка указанной группы полимерных хлопьев для удаления, по меньшей мере, части одного или нескольких загрязнений с поверхности указанных хлопьев, причем указанная группа хлопьев содержит первое множество хлопьев, которые состоят, по существу, из ПЭТ, и второе множество хлопьев, которые не состоят, по существу, из ПЭТ;

(С) после указанного этапа промывки указанного первого множества хлопьев:

(i) сканирование указанной промытой группы хлопьев для идентификации указанного второго множества хлопьев,

(ii) отделение указанного второго множества хлопьев от указанного первого множества хлопьев;

(D) обеспечение наличия кристаллизатора ПЭТ;

(E) прохождение первого множества хлопьев через указанный кристаллизатор ПЭТ, по меньшей мере, для частичной сушки поверхности указанного первого множества хлопьев;

(F) обеспечение наличия экструдера с увеличенной площадью поверхности, имеющего впуск экструдера и выпуск экструдера и содержащего:

множество сателлитных шнеков, при этом каждый из указанного множества сателлитных шнеков, по меньшей мере, частично, помещен внутри соответствующего цилиндра экструдера и установлен с возможностью вращения вокруг своей соответствующей центральной оси, и

систему поддержки экструдера с сателлитным шнеком, которая выполнена с возможностью орбитального вращения каждого из указанного множества сателлитных шнеков вокруг основной оси, когда каждый из множества сателлитных шнеков вращается вокруг своей соответствующей центральной оси, причем указанная основная ось, по существу, параллельна каждой соответствующей центральной оси;

(G) обеспечение наличия системы регулирования давления, выполненной с возможностью уменьшения давления в указанном экструдере с увеличенной площадью поверхности до давления от приблизительно 0 до приблизительно 5 мбар;

(H) обеспечение наличия машины для формирования нити, имеющей впуск машины для формирования нити, причем указанный впуск машины для формирования нити непосредственно связан с указанным выпуском экструдера;

(I) использование указанной системы регулирования давления для уменьшения указанного давления в указанном экструдере с увеличенной площадью поверхности до давления от приблизительно 0 до приблизительно 5 мбар;

(J) при поддержании указанного давления в указанном экструдере с увеличенной площадью поверхности от приблизительно 0 до приблизительно 5 мбар прохождение указанного второго множества хлопьев через указанный экструдер с увеличенной площадью поверхности с помощью указанного первого выпуска;

(K) плавление указанного второго множества хлопьев, используя указанный экструдер с увеличенной площадью поверхности для получения расплава полимера; и

(L) по существу, незамедлительно после прохождения указанного второго множества хлопьев через указанный экструдер с увеличенной площадью поверхности переработка указанного расплава полимера в объемно-жгутовую ковровую нить с помощью указанной машины для формирования нити.

20. Способ по п.19, в котором указанный экструдер с увеличенной площадью поверхности является экструдером, выбранным из группы, состоящей из:

i) конического двухшнекового экструдера совместного однонаправленного вращения; и

ii) мультиротационного шнекового экструдера.

21. Способ по п.19 или 20, в котором перед этапом измельчения из множества использованных ПЭТ бутылок удаляют небольшие элементы и мусор с помощью поворотного промывочного устройства.

22. Способ по любому из пп.19-21, в котором перед этапом измельчения из множества использованных ПЭТ бутылок удаляют металлические загрязнения, используя различные магниты для удаления металла и системы вихревых токов.

23. Способ по любому из пп.19-22, в котором перед этапом измельчения из множества использованных ПЭТ бутылок удаляют ослабленные полимерные загрязнения, используя работающее в ближней инфракрасной области спектра сортировочное устройство.

24. Способ по любому из пп.19-23, в котором перед этапом измельчения из множества использованных ПЭТ бутылок удаляют оставшиеся ПВХ загрязнения с помощью автоматизированного сортировочного устройства с использованием рентгеновского излучения.

25. Способ по любому из пп.19-24, в котором после этапа измельчения бутылочные этикетки удаляют из хлопьев с помощью пневматической системы разделения перед процессом промывки.

26. Способ по любому из пп.19-25, в котором во время этапа промывки используют разделение по плотности в водной среде для разделения бутылочных крышек из олефина и ПЭТ хлопьев, имеющих более высокую удельную плотность.

27. Способ по любому из пп.19-26, в котором во время этапа промывки хлопья промывают в каустической ванне, нагретой до приблизительно 190°F.

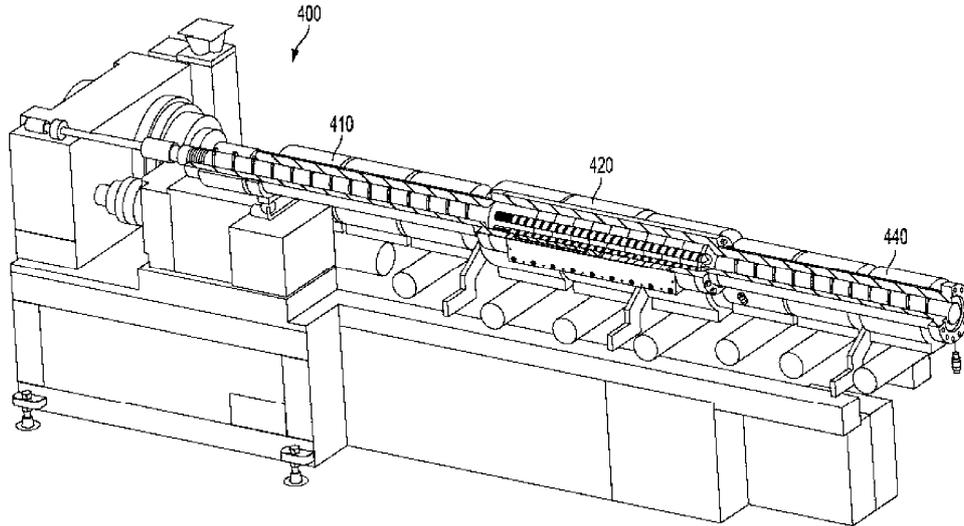
28. Способ по п.27, в котором во время этапа промывки хлопья промывают в каустической ванне при поддержании концентрации гидроксида натрия от приблизительно 0,6 до приблизительно 1,2%.

29. Способ по любому из пп.19-28, в котором множество использованных бутылок является собранным из контейнеров, установленных по обочинам улиц.

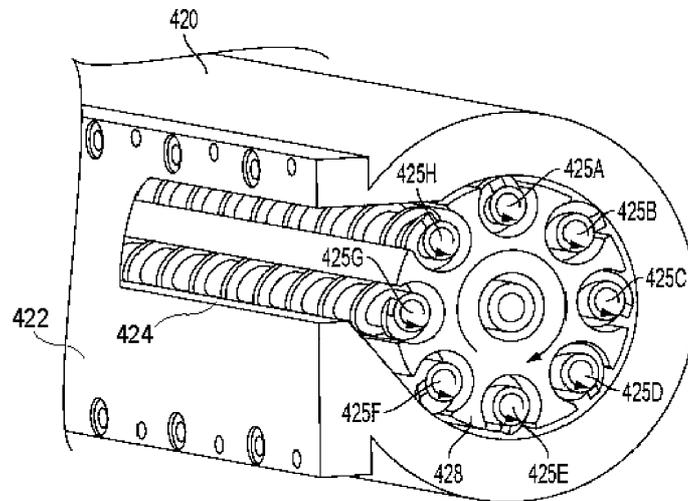
30. Способ по любому из пп.19-29, в котором множество использованных бутылок является собранным из возвращаемых ПЭТ бутылок многократного использования.



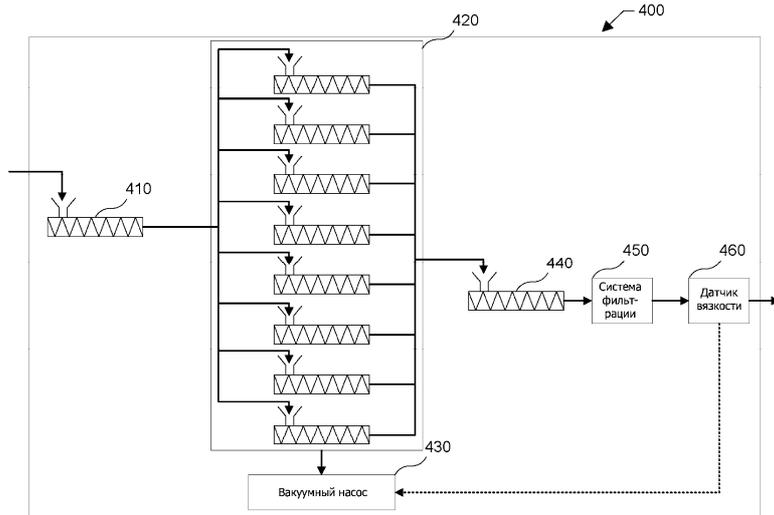
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

