

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **201792525** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2018.04.30

(22) Дата подачи заявки
2016.06.10

(51) Int. Cl. **C10L 5/44** (2006.01)
C10L 9/08 (2006.01)
B01D 21/26 (2006.01)
C12M 1/00 (2006.01)
F26B 1/00 (2006.01)

(54) СПОСОБ И УСТАНОВКА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БИОМАССЫ

(31) 92738

(32) 2015.06.11

(33) LU

(86) РСТ/EP2016/063375

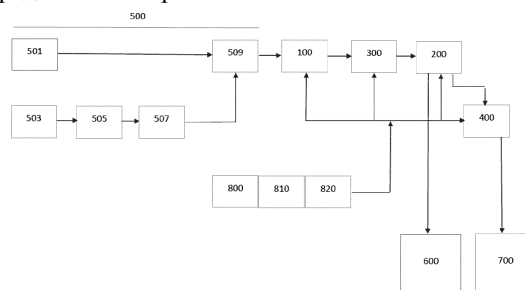
(87) WO 2016/198653 2016.12.15

(71) Заявитель:
БИОКАРБОН ЭНДЮСТРИ САРЛ (LU)

(72) Изобретатель:
Вьесле Жан-Поль (BE)

(74) Представитель:
**Котов И.О., Буре Н.Н., Харин А.В.,
Стойко Г.В. (RU)**

(57) Изобретение относится к способу и установке для приготовления лигноцеллюлозной биомассы, в частности, посредством удаления воды и, при необходимости, гранулометрического измельчения, с целью ее дальнейшего использования, в частности, в процессе обжига, карбонизации, производства гранул, например топливных гранул или гранул для улучшения почвы, или изготовления строительных материалов, или приготовления агропромышленной продукции. Способ включает этап (100) центрифугирования биомассы, за которым следует этап (200) измельчения-сушки посредством истирания.



A1

201792525

201792525

A1

СПОСОБ И УСТАНОВКА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БИОМАССЫ

[1] Настоящее изобретение относится к способу приготовления биомассы, в частности, посредством удаления жидкости, с целью ее дальнейшего использования либо в текущем состоянии, либо после гранулометрического измельчения, в процессе обжига, карбонизации или производства топливных гранул, в процессе производства гранул для улучшения почвы, в процессе изготовления строительных и/или конструкционных материалов, либо в процессе приготовления, например, продукции агропродовольственного сектора. Изобретение также относится к установке для реализации этого способа.

[2] В контексте настоящего изобретения термин «биомасса» употребляется для обозначения совокупности органических материалов лигноцеллюлозной растительной природы, включая древесину и остатки лигноцеллюлозных культур, таких как солома или тростниковый жом.

[3] Известны многочисленные технологии переработки лигноцеллюлозной биомассы в различные виды топлива. Так, в частности, обжиг биомассы состоит в ее нагреве до температуры 180–300 °С в восстановительной среде. При этом получают рыхлый продукт с высокой низшей теплотой сгорания. Известны также технологии переработки древесной стружки и/или иных лигноцеллюлозных биомасс в топливные гранулы. Кроме того, известны способы изготовления материалов для общего или гражданского строительства из целлюлозной биомассы, как, например, древесностружечные плиты, плиты с ориентированной структурой, элементы из гидротехнического бетона, например облицовочные камни, и пр. Для повышения эффективности всех упомянутых технологий требуется проведение надлежащей сушки биомассы, а также соответствующее регулирование ее гранулометрического состава перед дальнейшим использованием.

[4] Как известно, сушка представляет собой очень энергоемкую операцию. Для достижения высокой экономической рентабельности процессов переработки биомассы и снижения суммарного энергопотребления при этой переработке целесообразно некоторое воздействие на ход операции сушки. Известно также, что эффективность сушки связана с крупностью частиц подлежащей сушке массы, – чем размер частиц больше, тем труднее удалять из них воду. Тем не менее, при слишком малой крупности существует риск возникновения реальных проблем в процессе проведения как сушки, так и последующих операций обработки и/или переработки.

[5] Известно, что лигноцеллюлозные растительные органические материалы содержат так называемую свободную воду, так называемую связанную воду и так называемую конституционную воду. Свободная вода спонтанно выделяется при испарении, в частности, под действием движения воздуха. Однако следует заметить, что сушка, например, древесины в поленьях, когда необходимо удалить свободную и связанную воду до достижения приемлемого остаточного содержания влаги, занимает от 1 до 3 лет. Следует понимать, что связанная вода образована водной фракцией, интегрированной в молекулярные структуры материала, в частности, древесины, которые определяются, главным образом, гемицеллюлозой и целлюлозой, в том числе макропорами и микропорами, в зависимости от того, имеем ли мы дело с мягкими или более твердыми древесными породами. Что касается конституционной воды, то удалить ее можно только путем некоторых, по существу, необратимых модификаций материала. Укажем исключительно в порядке справки, что при содержании воды в биомассе порядка 50–55 масс. % свободная вода будет соответствовать фракции до 25 масс. %, связанная вода 10–35 масс. % и конституционная – 0–10 масс. %.

[6] Традиционные технологии сушки требуют, как правило, использования горячего газа для удаления воды из биомассы, гранулометрический состав которой выбран таким, чтобы облегчить удаление. Так, в документе US-

4552863 описан способ получения гранул активированного угля. Этот способ включает в себя этап сушки до достижения содержания влаги в диапазоне от 4 до 5 масс. %, этап формирования гранул и этап обжига гранул, после которого производят активацию обожженных гранул водяным паром с высокой температурой. В документе US-8388813 также описан способ обработки биомассы, включающий в себя этапы обжига или карбонизации. Этап сушки проводят с помощью вращающегося барабана, через который пропускается горячий газ с температурой в диапазоне 315–425 °С, на материале с крупностью частиц порядка сантиметра до получения остаточного содержания влаги в диапазоне 2–4 масс. %. В документе DE-102011016003 описана переносная установка для обжига биомассы, в которой частицы древесины пневматически переносятся в циклонную сушилку, где происходит снижение содержания влаги с примерно 50 до примерно 10 масс. %. В документе WO 2013/003615 описан вертикальный реактор, в котором измельченная биомасса вводится в верхнюю часть и последовательно пропускается через расположенные друг под другом сита. Введенная таким образом биомасса высушивается горячими газовыми потоками, проходящими через ступени сушки. Наконец, в документе CA-2710625 (или EP-2287278) описана установка обжига биомассы, снабженная аппаратом для сушки горячим газом, обеспечивающим экстрагирование 85–98 % влаги, содержащейся в биомассе.

[7] Кроме того, известно применение, в процессах производства древесных гранул, обычно называемых «пеллетами», операции сушки частиц биомассы с последующими этапами спрессовывания и/или экструзии.

[8] Так, в документе DE-102010032610 раскрыта установка для сушки биомассы, содержащая несколько расположенных друг над другом конвейерных лент, причем передаваемый по ним материал сгружается с верхней конвейерной ленты на нижнюю конвейерную ленту и конвейерные ленты располагаются в замкнутом объеме, который нагревается с помощью нагревательных элементов, помещенных на дне этого объема. В документе

DE-102006061340 также описана установка для производства пеллет, в состав которой входит сушильное оборудование, в котором с помощью вентиляторов горячие газы пропускаются через вертикальный шнек, загруженный биомассой.

[9] Нетрудно понять, что указанные сушильные средства потребляют много энергии. Когда сушильные газы имеют высокую температуру, эффективность сушки высока, но при использовании подобной технологии существует опасность воспламенения материала. Если же эти газы имеют низкую температуру, порядка 140 °C и ниже, это позволяет, разумеется, обойтись малым расходом тепловой энергии, однако можно предположить, что в целом потребуется не менее 1,1 МВт на тонну водяного пара.

[10] Наконец, в документе WO 2011/131869 описан способ изготовления пеллет, в соответствии с которым сушка биомассы требует уменьшенное количество энергии и проводится одновременно с формованием пеллет при пониженной температуре от 65 до 95 °C, после чего используется сушилка, где влагосодержание пеллет снижают приблизительно до 10 %.

[11] Документ JP 2006/273970 относится к приготовлению топлива, предназначенного для изготовления клинкера. Это топливо содержит мелкие частицы угля и биомассы. Частицы, или щепки, биомассы с влагосодержанием порядка 25 масс. % и размерами до 40 мм, а также уголь с влагосодержанием порядка 9 масс. % и частицами до 40 мм со средним диаметром порядка 25 мм подвергаются сушке и измельчению смеси. Для сушки используются горячие газы с температурой 250–500 °C в установке для производства клинкера. Частицы измельчаются до получения фракции частиц размером более 90 мкм и 20–50 масс. %, а затем подвергаются сепарации. В результате получают топливо с мелкими частицами, воспламеняемость которых близка к таковой для угольной пыли, что дает возможность рекуперации тепловой энергии, содержащейся в биомассе.

Этот продукт вводится в качестве топлива во вращающуюся печь для обжига клинкера, а более крупные частицы вводятся в горелку для предварительного обжига. В качестве средства измельчения можно использовать валковый или шаровой измельчитель. Сепарация осуществляется на сите, например, вибрационного типа.

[12] Документ US-4589357 также относится к приготовлению топлив на основе биомассы, которые сжигаются в горелке, работающей по принципу инъекции взвешенных в воздухе горючих веществ. Цель состояла в уменьшении энергетических затрат на измельчение биомассы, для чего было предложено бимодальное горючее, содержащее частицы, измельченные до размера менее 100 мкм, которые служат для поджига основной фракции горючего, которая, в свою очередь, состоит из более крупных частиц, имеющих все-таки размер менее 10 мм. Частицы могут измельчаться в измельчителях различных типов, в частности указаны истирающие измельчители. Данный документ не описывает как материал сушат до получения нужной влажности.

[13] В документе US-5662810 раскрыты способ и устройство обезвоживания осадков, получаемых при производстве спирта из зерен и растительных волокон. Разделение жидкости и твердых веществ осуществляется посредством центрифугирования на ситах или в шнековых прессах. При этом получают слой с количеством сухого вещества 33–34 % и, следовательно, по-прежнему более 65 % воды.

[14] В документе WO 2004/072211 также описано топливо на основе биомассы, содержащей тонко измельченные и высушенные частицы древесины, коры, древесного угля или иных целлюлозных материалов, которая увлажнена маслом или растительным спиртом. Если в нее добавляют древесный уголь, то его получают путем нагрева до температуры порядка 280 °C. Что касается целлюлозных частиц, то их подвергают при необходимости предварительной сушке, а затем центрифугируют при

температуре, подбираемой таким образом, чтобы можно было экстрагировать из них смолы. Фактически это особый вид частичного обжига, требующий времени и энергии для достижения надлежащей сепарации и получения топлив. Далее частицы измельчают до размера менее 500 мкм. Их влагосодержание довольно незначительно, порядка 6 масс. %.

[15] В некоторых случаях применения биомассы может потребоваться ее замачивание в растворителе, таком как вода или другая жидкость, с последующей сушкой и/или извлечением нужных веществ.

[16] Вышесказанного следует, что этап удаления жидкости, в частности, воды, требует особого внимания. Настоящее изобретение направлено на совершенствование процесса удаления воды, в частности, сушки биомассы, за счет снижения потребления энергии, необходимой для достижения приемлемого содержания остаточной жидкости, в частности, до значения в диапазоне от 2 до 12 масс. % в биомассе, поступающей на этап последующего формования и/или переработки, например, производства гранул различного назначения, в частности, топливных гранул или гранул для улучшения почвы, обжига или карбонизации, производства строительных материалов или продукции агропродовольственного сектора.

[17] Более конкретно, изобретение направлено на создание усовершенствованного способа приготовления лигноцеллюлозной биомассы, в частности, механического удаления воды из лигноцеллюлозной биомассы для возможности использования для различных назначений, например, для изготовления строительных материалов и древесностружечных плит, формования в гранулы различного назначения или переработки, в частности посредством обжига, или переработки в древесный уголь, или приготовление пищевых добавок либо другой агропромышленной продукции.

[18] Еще одной задачей является создание установки для реализации вышеуказанного усовершенствованного способа.

[19] Первый аспект изобретения относится к способу приготовления лигноцеллюлозной биомассы, в частности посредством удаления воды, с для последующего ее использования, включающий в себя центрифугирование биомассы, затем измельчение-сушку посредством истирания.

[20] Подразумевается, что подаваемая для этого биомасса может предварительно подвергаться другим операциям обработки, таким как размельчение для доведения размера биомасса до нужной величины, оптимальной для способа согласно изобретению, и/или нагрева до надлежащей температуры. Биомасса может быть также предварительно подвергнута опрыскиванию и/или погружению в текучую среду, такую как растворитель и/или вода с температурой, для облегчения раскрытия пор материала. Такая предварительная обработка может способствовать удалению жидкости при осуществлении способа согласно изобретению.

[21] Хотя само по себе центрифугирование широко известно, оно еще не нашло применения в удалении воды из твердой биомассы, точнее - в сушке этой биомассы. Известные случаи применения ограничиваются отделением биомассы от воды, которая удерживает ее во взвешенном состоянии, как при высушивании осадков. Другое известное применение центрифугирования целлюлозной биомассы состоит в удалении из нее смол с достаточно высокой температурой. Было обнаружено, что такая технология центрифугирования, будучи примененной к биомассе, которая в ряде случаев предварительно прополаскивается или обрабатывается водой либо любой другой текучей средой, позволяет добиться экономичного удаления нее воды, со снижением энергетических затрат.

[22] Целесообразно осуществлять центрифугирование биомассы с большой крупностью частиц, в частности, в ситовой центрифуге, вращающейся со скоростью, создающей центробежную силу свыше 1000 G, предпочтительно свыше 1200 G, предпочтительнее свыше 1500 G, еще более предпочтительно свыше 2500 G. Подразумевается, что верхний предел

определяется параметрами механической конструкции, с учетом экономических факторов. На практике вполне возможно ценой приемлемых затрат достичь сил в указанном диапазоне величин. Предпочтительно, чтобы центрифугирование осуществлялось в центрифуге с ситом с горизонтальной осью, с ситом в форме усеченного конуса, с непрерывной подачей потока биомассы, в частности потока текучей среды, например воздуха, загруженным биомассой, при необходимости с помощью шнекового питателя, на стороне малого диаметра, при этом биомасса перемещается вдоль сита с помощью шнека и биомассу с уменьшенной влажностью извлекается на стороне большого диаметра. Может использоваться центрифуга типа Conturbex (коммерческое наименование компании Siebtechnik), известной, в частности, по применению для физической сепарации твердых и жидких веществ в химической, пищевой и других отраслях промышленности, однако обычно не используемой для целей удаления жидкостей, в частности, воды, точнее - для сушки биомассы. При перемещении биомассы вдоль сита с идеальной формой усеченного конуса она подвергается действию возрастающих центробежных сил. Подразумевается, что выбор угла сбег сита в форме усеченного конуса позволяет адаптировать центрифугирование биомассы для достижения желаемых результатов. Целесообразно, чтобы скорость вращения транспортировочного шнека отличалась от скорости вращения сита и регулировалась так, чтобы задавать время нахождения материала в центрифуге, позволяя тем самым в большей или меньшей степени обеспечить удаление жидкости. Целесообразно также, чтобы биомасса переносилась потоком горячего воздуха с температурой ниже 200 °С, предпочтительно ниже 140 °С, более предпочтительно в диапазоне от температуры окружающей среды до 95 °С, еще более предпочтительно – в диапазоне от 40 до 95 °С, при необходимости – с помощью шнекового питателя. Было обнаружено, что на этапе центрифугирования в подобной установке удастся добиться снижения содержания влаги в биомассе на 8–20 масс. %, доводя ее до значения ниже 50 масс. %, предпочтительно ниже 45

масс. %, еще предпочтительнее ниже 40, 35 или даже 30 масс. %. Следует отметить неожиданное получение не только сепарации твердых и жидких веществ, но и удаление столь значительной части связанной воды посредством, главным образом, механической обработки при пониженной температуре. Подобные температуры препятствуют формированию и/или удалению смол и иных растворов. Предполагается, что указанный неожиданный результат обусловлен тем, что при переносе при окружающей температуре в горячих газах поры относительно крупных частиц биомассы, в частности древесины, расширяются, и результате центрифугирования высвобождается значительное количество связанной воды. Учитывая выигрышный энергетический баланс этой операции, проводимой на биомассе с частицами очень больших размеров, целесообразно повышать степень центрифугирования, без ущерба при этом для механической и экономической надежности процесса.

[23] Кроме того, было обнаружено, что размер частиц может быть довольно крупным без оказания при этом существенного негативного влияния на результат центрифугирования. В частности, центрифуга описанного выше типа обеспечивает гибкость регулирования центробежной силы и/или времени нахождения материала так, что в ней можно обрабатывать биомассы с широким диапазоном разных размеров частиц. На практике, исходя, главным образом, из соображений экономии и доступности, работают с измельченными частицами биомассы типа щепы. Такая щепа может иметь максимальный размер до 100 или 63 мм с толщиной от 0,5 до 13 мм, в зависимости от размеров используемой машины; далее, в частности, учтены размеры транспортировочного шнека. Таким образом, нет затруднений в использовании сит с размерами P16 – P100 согласно стандарту EN 14961. Вместе с тем, выбор крупности частиц биомассы, подаваемой в рамках предлагаемого способа, зависит от требуемой крупности на выходе способа, с учетом последующих этапов формования и/или переработки.

[24] Затем биомассу с уменьшенным содержанием воды подвергают операции измельчения-сушки посредством истирания. Операция измельчения-сушки посредством истирания, в свою очередь, уменьшает размер частиц биомассы, поступивших на этап измельчения-сушки посредством истирания, а затем обеспечивает тепловое просушивание биомассы посредством удаления жидкости, в частности, воды, благодаря, в частности, внутреннему нагреву, обусловленному измельчением и истиранием. Операцию измельчения-сушки предпочтительно осуществлять в истирающем измельчителе типа Attritor (торговое наименование), содержащем неподвижный плоский барабан, по обоим боковым сторонам которого установлены неподвижные измельчающие органы, диск, вращающийся в указанном барабане и ограничивающий с каждой стороны первую полость и вторую полость, и на котором установлены подвижные измельчающие органы, причем диск вращается со скоростями в диапазоне от 500 до 3500 об/мин, предпочтительно в диапазоне от 700 до 1900 об/мин. Применение подобных истирающих измельчителей известно, в частности, для измельчения угля, а также в горнорудной и химической промышленности. Материал подается посредством потока текучей среды, например газа или воздуха, вблизи оси вращения в первую полость, также называемую полостью крошения, где происходит его грубое измельчение, затем подается к периферии барабана так, чтобы он обошел диск и перешел во вторую полость, перед удалением наконец из второй полости потоком текучей среды вблизи оси вращения. На выходе целесообразно установить фильтрующую диафрагму, пропускающая частицы нужного диаметра и удерживающую во второй полости более крупные частицы, которые будут там измельчаться до получения нужных размеров. Во второй полости поток используемой для переноса текучей среды стремится доставить продукт к выходу выгрузки вблизи оси, тогда как центробежные силы, обусловленные вращением диска, снабженного измельчающими стержнями, стремятся снести крупные частицы к периферии барабана. Эти противодействующие силы создают взвесь продукта в несущем газе, которая интенсивно перемешивается указанными стержнями. В результате продукт измельчается

за счет взаимного трения частиц. Что касается более мелких частиц, преобладает тяга потока текучей среды, и они увлекаются к выходу. Данная операция позволяет обрабатывать частицы широкого диапазона размеров, в частности, грубо измельченных биомасс, в частности, в зависимости от размеров оборудования выше по ходу протекания процесса.

[25] Хотя измельчение истиранием само по себе известно, до настоящего времени оно не находило применения в сушке твердых целлюлозных биомасс с частицами большой крупности, до величин примерно 100 мм, посредством удаления воды из самого материала. Известно лишь применение для обработки осадков биомассы, дигестатов (сброженных органических осадков) и дистиллятов, с целью отделения твердых веществ от жидкостей.

[26] Когда материал загружают в истирающее устройство измельчения-сушки, используя поток горячего газа, в результате еще больше повышается эффективность сушки посредством истирания. В соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения для этого можно использовать горячий воздух, предпочтительно низкой температуры, в частности ниже 145 °C, точнее в пределах от температуры окружающей среды до 95 °C, еще точнее - от 40 до 95 °C. Такой вариант позволяет использовать малое количество тепловой энергии, обеспечивая тем самым существенную экономию. В соответствии с другим вариантом могут использоваться газы сгорания, в частности с температурами в диапазоне от 250 до 600 °C и, следовательно, с очень малым содержанием кислорода или же вообще без кислорода. Преимущество этого варианта состоит в рекуперации энергии дымовых газов, при этом включается этап фильтрации. На этапе измельчения-сушки целесообразно снижать степень влажности биомассы на 8–30 масс. %, предпочтительно на 10–25 масс. %, более предпочтительно – на 12–22 масс. %.

[27] Как отмечено выше, эффективность обезвоживания в значительной степени зависит от размера частиц или, говоря иначе, гранулометрического состава. Что касается размера частиц, разумеется, надо руководствоваться требованиями к последующим этапам способа.

[28] В соответствии с одним из предпочтительных вариантов способ согласно изобретению дополнительно включает этап предварительной сушки горячим газом низкой температуры, в частности, ниже 200 °С, предпочтительно ниже 140 °С, который осуществляется между центрифугированием и измельчением-сушкой посредством истирания. Предпочтительно на данном этапе низкотемпературной сушки предусмотрено снижение содержания влаги на 10–20 масс. %.

[29] Данный этап сушки можно проводить на разном оборудовании. В соответствии с одним из вариантов, биомассу можно высушивать на активном основании, предпочтительно автоматизированном. Под «активным основанием» понимается основание, позволяющее укладывать биомассу на высоте от нескольких сотен миллиметров до приблизительно 3200 мм, при этом груды биомассы подвергается механической встряске или перемешиванию для проникновения в нее воздуха, способного увлечь за собой значительное количество воды. Хорошие результаты были получены при работе со слоями материала в диапазоне до 3000 мм. Предпочтительно, чтобы температура воздуха была немного выше температуры окружающей среды. Перемешивание или ворошение можно осуществлять с помощью вращающегося вала с лопастями, заходящими в груды биомассы. Данный этап позволяет снизить содержание воды на 5–20 масс. %, предпочтительно на 10–15 масс. %.

[30] В соответствии с другим вариантом может быть предусмотрен этап промежуточной сушки в установке с помещенными друг над другом конвейерными лентами, через которые пропускают восходящий поток

горячего воздуха. В установке такого типа имеются два или более размещенных друг над другом конвейерных лент, при этом биомасса поступает с верхней ленты на нижнюю и выгружается с последней в следующее по потоку оборудование. Снизу подают поток горячего воздуха, который проходит через нижнюю конвейерную ленту и уложенную на нее груды биомассы, затем через верхнюю конвейерную ленту и уложенную на нее груды биомассы и т.д., унося с собой содержащуюся в биомассе влагу. Целесообразно, чтобы температура воздуха была ниже 200 °С, предпочтительно ниже 140 °С, предпочтительнее в диапазоне от температуры окружающей среды до 95 °С, еще более предпочтительно от 85 до 95 °С, так чтобы использовать малое количество тепловой энергии.

[31] В соответствии с еще одним вариантом способа согласно изобретению промежуточная сушка может проводиться в боксах с подвижным дном. Речь может идти о боксах с перфорированным дном, например из тянутого или микроперфорированного металла, образованного различными продольными элементами, каждый из которых совершает независимое продольное возвратно-поступательное движение, увлекая таким образом биомассу в продольное перемещение. Через перфорированные продольные элементы пропускают поток горячего воздуха малой теплоты, который проходит через уложенную биомассу, обеспечивая ее сушку.

[32] Наконец, когда это потребуются, может быть предусмотрен этап дополнительной сушки горячим газом низкой температуры, в частности, ниже 200 °С, предпочтительно ниже 140 °С, предпочтительнее в диапазоне от температуры окружающей среды до 95 °С, еще более предпочтительно от 40 до 95 °С, так чтобы достигалась нужная степень влажности биомассы. Этот этап позволяет также дозировать подачу на последующие этапы. Предпочтительно, чтобы этот этап проводился в устройстве с псевдоожиженным слоем с использованием осцилляции и вибрации.

[33] Как отмечено выше, способ согласно изобретению относится к приготовлению биомассы, в частности, посредством удаления воды, для ее последующего использования либо в текущем состоянии, либо после гранулометрического измельчения. Последующее использование может состоять в процессе переработки, или же процессе формования, или же процессе изготовления строительных и/или конструкционных материалов либо продукции агропродовольственного сектора. Под формованием понимается формование топливных гранул или щепы с использованием традиционных технологий, например, прессования, динамической экструзии, а также формование гранул для других специальных целей. Под переработкой понимается, в частности, обжиг или карбонизация, например, для приготовления древесного угля. При производстве древесностружечных плит или строительных материалов типа облицовочных камней биомасса смешивается со связующим и используется согласно известным технологиям. В случае производства агропромышленной продукции осуществляется смешивание волокнистых биомасс с другими компонентами и/или кормами; при необходимости полученную смесь формуют, например, в виде гранул.

[34] Выявлено, что способ согласно изобретению, в первую очередь способ приготовления, содержащий центрифугирование с последующим измельчением-сушкой, позволяет получить биомассу с желаемой степенью влажности, затрачивая при этом меньше энергии, чем при использовании традиционных технологий. Имея исходную биомассу с довольно крупными частицами и степенью влажности примерно 55 масс. %, удается получить биомассу с размерами частиц порядка миллиметра и степенью влажности ниже 15 масс. %, ниже 8 масс. % или даже ниже 4 или 3 масс. %, потребляя при этом незначительное количество энергии, то есть, существенно меньшее, чем обыкновенно потребляется при использовании традиционных способов сушки. Наблюдалась общая экономия энергии в диапазоне от 20 до 60 %, то есть, например, на всем процессе сушки и измельчения. Подразумевается, что при использовании обработанной таким образом

биомассы в операции формования, например при гранулировании формой, может быть целесообразно поддерживать более высокое содержание влаги, в диапазоне 10–12 масс. %, учитывая необходимость поддерживать текучесть материала, предназначенного для процесса гранулирования и/или агломерации, и то, что трение в форме также повышает температуру, чем можно воспользоваться для удаления воды.

[35] В соответствии с другим аспектом изобретение относится к установке для приготовления лигноцеллюлозной биомассы, в частности, посредством удаления жидкости, и в частности, воды, возможно путем гранулометрического измельчения, для последующего ее использования, в частности, в процесса обжига, карбонизации и/или формования, в частности, производства топливных гранул или гранул для улучшения почвы, в процессе изготовления строительных и конструкционных материалов, либо процессе приготовления продукции агропродовольственного сектора, содержащая, по меньшей мере, одно средство для измельчения биомассы до нужной крупности, одну ситовую центрифугу и одно устройство измельчения-сушки посредством истирания.

[36] В соответствии с еще одним аспектом изобретение относится также к установке для приготовления лигноцеллюлозной биомассы, в частности, посредством удаления воды и гранулометрического измельчения, для последующего ее использования, в частности, в процессе обжига, карбонизации и/или формования, в частности, при производстве топливных гранул или гранул для улучшения почвы, либо в процессе изготовления строительных и конструкционных материалов или процесса приготовления продукции агропродовольственного сектора, содержащая, по меньшей мере, одну ситовую центрифугу и одно устройство измельчения-сушки посредством истирания.

[37] Предпочтительно ситовая центрифуга вращается со скоростью, создающей центробежную силу свыше 1000 G, предпочтительно свыше 1200

G, предпочтительнее свыше 1500 G, еще более предпочтительно свыше 2500 G. Целесообразно использовать упомянутую выше машину типа Conturbex, снабженную ситом, предпочтительно в форме усеченного конуса с горизонтальной осью, в которую непрерывно подается биомасса, предпочтительно посредством потока текучей среды, например воздуха, загруженного биомассой, на стороне малого диаметра, при этом биомассу с уменьшенной влажностью извлекают на стороне большого диаметра после переноса ее шнеком вдоль внутренней стенки сита. Перенос биомассы может осуществляться потоком воздуха с температурой ниже 200 °C, предпочтительно ниже 140 °C, предпочтительнее в диапазоне от температуры окружающей среды до 95 °C, еще более предпочтительно – от 40 до 95 °C. После центрифугирования целесообразно выполнить измельчение-сушку посредством истирания.

[38] В качестве устройства измельчения-сушки посредством истирания целесообразно использовать описанный выше измельчитель-сушилку типа Attritor, содержащий неподвижный плоский барабан, по обоим боковым сторонам установлены неподвижные измельчающие органы, и диск, вращающийся в указанном барабане и ограничивающий с каждой стороны первую полость, называемую полостью крошения, и вторую полость, и на котором установлены также подвижные измельчающие органы, причем диск вращается со скоростями в диапазоне от 500 до 3500 об/мин, предпочтительно в диапазоне от 700 до 1900 об/мин. Имеются также канал подачи биомассы, взвешенной в газовом потоке, предпочтительно горячем, вблизи оси вращения, в первую полость и канал выгрузки материала, взвешенного в газовом потоке, из второй полости вблизи оси вращения.

[39] Установка согласно изобретению может также содержать, между средствами центрифугирования и измельчения-сушки посредством истирания, аппарат (300) для промежуточной сушки горячим газом низкой температуры, в частности, ниже 200 °C, предпочтительно ниже 140 °C, в

частности, в диапазоне от температуры окружающей среды до 95 °С. Различные альтернативы подобного оборудования описаны выше.

[40] Наконец, установка согласно изобретению может также содержать, ниже по потоку от устройства измельчения-сушки посредством истирания, аппарат для дополнительной сушки горячим газом низкой температуры, в частности, ниже 200 °С, предпочтительно ниже 140 °С, в частности, в диапазоне от температуры окружающей среды до 95 °С, предпочтительнее от 40 до 95 °С. Аппарат для дополнительной сушки может представлять собой сушильный аппарат с псевдооживленным слоем, в частности, известный аппарат с микроперфорированным лотком с использованием осцилляции и вибрации.

[41] Далее приводится более детальное описание изобретения со ссылками на чертежи, на которых:

[42] фиг. 1 представляет собой функциональную схему установки согласно изобретению;

[43] фиг. 2 представляет собой продольный разрез через ситовую центрифугу в форме усеченного конуса с непрерывной подачей в осевом направлении;

[44] фиг. 3 представляет собой продольный разрез через истирающий измельчитель, используемый в рамках изобретения;

[45] фиг. 4 представляет собой схематическое изображение активного основания типа «аллея-траншея».

[46] На функциональной схеме с фиг. 1 показаны различные этапы приготовления биомассы, в частности, древесных пластин, называемых также стружкой, измельченной древесиной или древесной щепой,

посредством центрифугирования 100 и измельчения-сушки 200 перед переходом к формованию 600 топливных гранул (обычно называемых пеллетами) или к переработке путем обжига или карбонизации с целью производства биоуглерода или древесного угля 700. Показанный способ приготовления биомассы предпочтительно включает также этап 300 промежуточной сушки и этап 400 дополнительной сушки. Подразумевается, что для получения возможности создания продукта с возможно более постоянным качеством необходимо собирать, хранить, измельчать и смешивать исходные материалы с возможно большей равномерностью, что имеет общее обозначение 500. Хранение предпочтительно производится таким образом, чтобы не допустить биологического брожения. В рассматриваемом примере в качестве лигноцеллюлозного материала выступает древесина, поступающая из северных регионов. Можно также перерабатывать другие лигноцеллюлозные биомассы, например, солому или тростниковый жом. Может оказаться целесообразным измельчать древесину на месте рубки с последующей транспортировкой и хранением 501 в форме щепы лесных пород. Можно также транспортировать древесину и затем хранить в виде кругляка или пиловочного кряжа, при этом можно предусмотреть окорку 505 кряжа и/или измельчение в щепу нужных размеров по месту работ - см. 507, возможно с промежуточным буферным хранением. Затем можно смешать 509 биомассы различной природы, например, различные древесные масла, после чего они поступят на обработку согласно изобретению. Для этих целей можно прибегнуть к известным процессам с использованием известных видов оборудования.

[47] Как показано ниже, перенос биомассы в предлагаемую установку производится горячим газом низкой температуры, в частности, ниже 140 °C, предпочтительно ниже 95 °C, что позволяет обойтись малым количеством тепловой энергии. Соответственно, необходимо предусмотреть термоблок 800 для нагрева воздуха, снабженный теплообменниками 810 для регенерации тепла отводимого воздуха и соответствующей управляющей

аппаратурой 820. Горячий воздух надлежащим образом подается по соответствующим каналам 833, 835, 837 и 839 на различные этапы способа с согласно изобретению.

[48] В соответствии с изобретением, центрифугирование целесообразно осуществлять в центрифуге типа Conturbex (коммерческое наименование компании Siebtechnik), осевой разрез которой схематически приведен на фиг. 2. Имеется сито 101 в форме усеченного конуса, консольно смонтированное на оси 103 вращения, которое может вращаться со скоростями, обеспечивающими создание центробежных сил в диапазоне от 1800 до 2000 G. На оси вращения закреплен также шнек 105 в форме усеченного конуса, вращающийся со скоростью, меньшей, чем у сита 101. На стороне малого диаметра в шнеке 105 в форме усеченного конуса выполнены проходные отверстия 107. Биомассу, взвешенную в потоке горячего воздуха низкой температуры, то есть ниже 140 °C, предпочтительно от 40 до 95 °C, подают в осевом направлении по каналу 109, из которого биомасса выгружается на стороне малого диаметра шнека 105 в форме усеченного конуса. Центробежная сила перемещает биомассу через отверстия 107 на сито 101. Шнек 105 переносит ее вдоль внутренней стенки сита 101, из которого она выгружается на стороне большого диаметра. Благодаря центробежной силе, действующей на биомассу на всем ее пути вдоль сита 101, происходит удаление воды из твердых частиц, после чего она может быть отведена, при необходимости после отбора из нее тепла и/или специальных текучих сред, которые в целях экономии могут быть рекуперированы. Горячий воздух, используемый для переноса, может быть использован снова или же подан в теплообменник для извлечения из него тепла с целью повторного использования в способе согласно изобретения, либо направлен в любое оборудование линии приготовления. Сама по себе такая машина известна, однако ранее не использовалась для подобного назначения. К достоинствам относится ее надежность, возможность достижения значительной производительности, вполне достаточной для целей способа согласно изобретению, без необходимости каких-либо модификаций, не считая

рутинных настроек, при этом почти не требуется техобслуживания. Благодаря возможности регулировки шнека независимо от скорости сита удается добиться нужной гибкости регулирования и обезвоживания посредством регулировки времени нахождения биомассы в центрифуге. Было обнаружено, что центрифугирование 100 может удалять от 8 до 20 масс. % воды, содержащейся в частицах древесины, всю несвязанную воду, а также значительную часть связанной воды. В зависимости от регулировок, содержания влаги и размеров частиц древесины, направляемых в центрифугу, возможно после соответствующей предварительной обработки, можно довести содержание влаги в загруженной массе, в которой находится от 50 до 65 масс. % воды, до величин в диапазоне от 25 до 45 масс. %.

[49] Как известно, способность к удалению воды в большой степени зависит от гранулометрического состава и пористости. Гранулометрический состав поступающих частиц биомассы выбирается в зависимости от экономичности параметров измельчения и требований к конечному использованию приготовленной биомассы. С учетом относительно низких эксплуатационных расходов на этом первом этапе центрифугирования, целесообразно интенсифицировать обезвоживание относительно крупных частиц. В данном варианте работа велась с измельченными частицами типа щепы, отвечающим требованиям стандартов бумажной промышленности (см. также стандарт EN 14961). Если точнее, использовались древесные пластины длиной менее 63 мм, толщиной порядка сантиметра. При более тонком измельчении (с получением частиц, в основном, почти той же толщины, но с длиной менее 45 мм) улучшается обезвоживание в центрифуге. Для более крупных частиц потребовалось более длительное время пребывания при том же конечном гранулометрическом результате. Если обычно центрифугирование осуществляется для отделения небольшого количества твердых веществ от большого количества воды, здесь центрифугирование было использовано для отделения небольшого количества жидкости от большого количества твердых веществ.

[50] Измельчение посредством истирания само по себе известно, однако предполагается, что до настоящего времени его не применяли ни для лигноцеллюлозных биомасс ни для частиц с крупностью свыше 80 мм, исходя из того, данная технология используется, как правило, для превращения твердых веществ в мелкое древесное волокно. Преимущество состоит в измельчении частиц биомассы до нужной крупности при генерации внутренней теплоты за счет трения частиц друг о друга. Таким образом, получена возможность нагрева частиц материала для удаления значительных количеств связанной и конституционной воды, увлекаемой и удаляемой потоком горячего воздуха с низкой температурой. В соответствии с вариантом в рассматриваемом примере устройство измельчения-сушки представляет собой истирающий измельчитель типа Attritor 20A, содержащий относительно плоский неподвижный цилиндр 201 и коаксиальный вращающийся диск 203. Вращающийся диск 203 делит объем цилиндра 201 на две полости 205, 207, с каждой стороны диска 203. Боковые стороны 209 и 211 цилиндра 201 снабжены так называемыми неподвижными стержнями 213 и 215, вращающийся диск снабжен по обеим сторонам так называемыми подвижными стержнями 217. Биомасса подается потоком горячего газа, переносящего взвешенную биомассу по каналу 206, на одной стороне неподвижного цилиндра 201 через боковую поверхность 209 вблизи центральной оси 220. Она увлекается газовым потоком и центробежной силой, создаваемой вращающимся диском 203 и его стержнями 217, в направлении периферии неподвижного цилиндра 201. При прохождении через первую полость 205 биомасса измельчается между неподвижными стержнями 213 и подвижными стержнями 217. Затем она обходит вращающийся диск 203 и поступает в полость 207, откуда удаляется через выходную фильтрующую диафрагму 221 по каналу 219. Фильтрующая диафрагма пропускает частицы желаемого размера, тогда как слишком крупные частицы увлекаются центробежной силой в газовый поток, особенно интенсивно перемешиваемый в зоне стержней 211, 217, что обеспечивает измельчение частиц посредством истирания. Наконец, горячий поток проводит измельченные надлежащим образом частицы через сито 221. Было

обнаружено, что на этом этапе вполне достижимо удаление от 8 до 30 масс. % влаги с существенной экономической рентабельностью.

[51] В рассматриваемом варианте осуществления в качестве газа, используемого для переноса, выступает горячий воздух, температура которого отличается от температуры окружающей среды, в диапазоне от 40 до 95 °С, причем горячий воздух присутствует в установке, поскольку используется также для переноса биомассы в центрифугу. Подразумевается, что операция сушки и измельчения посредством истирания может производиться и с помощью воздуха, имеющего температуру окружающей среды. С таким же успехом можно транспортировать биомассу в потоке газа сгорания в котле (с небольшим содержанием или полным отсутствием кислорода), служащего, например, для генерации горячего воздуха. Специалисты в данной области смогут без труда скомбинировать различные варианты с учетом требований к процессу, доступного бюджета, а также экологических и экономических требований в конкретной ситуации применения.

[52] В соответствии со способом, рассматриваемым в качестве примера, предусмотрен промежуточный этап 300 между центрифугированием 100 и измельчением-сушкой 200. В соответствии с данным вариантом, этот этап проводится на автоматизированном активном основании. Устройство состоит из основания 301, на которое укладывают груды 303 материала по высоте примерно 3000 мм. Имеется ворошильное устройство 305, перемещающееся вдоль груды 303 материала и осуществляющее ее переворачивание, ворошение и проветривание. Проветривание уложенной биомассы позволяет отвести содержащуюся в ней воду, что выполняется при температуре окружающей среды или более высокой температуре, предпочтительно немного более высокой, а именно - в диапазоне от 40 до 95 °С. В состав ворошильного устройства 305 может быть включен цилиндр 307 с лопастями, вращающийся в материале для его ворошения. Разумеется, на этом этапе

применимы ворошильные устройства и иного типа. Эффективность способа частично зависит от удаления наполненного влагой воздуха, поэтому важно предусмотреть надлежащее вентилирование участка, на котором находится активное основание.

[53] Может оказаться целесообразной промежуточная сушка, особенно если биомасса на выходе истирающего измельчителя должна иметь очень низкое содержание влаги, порядка нескольких процентов. В этом случае параметры промежуточной сушки следует рассчитывать с учетом нужного результата на выходе измельчителя.

[54] На выходе этапа измельчения посредством истирания материал может уже быть пригодным для дальнейшей переработки. Так, в частности, когда необходимо получить топливные гранулы (пеллеты), биомасса, полученная на выходе этапа измельчения посредством истирания, может быть подана непосредственно в процесс переработки, в частности, для прессования.

[55] В некоторых ситуациях применения, в частности, когда требуется обжиг или карбонизация биомассы, например с целью производства биоуглерода, предпочтительно интенсифицировать сушку. В этом варианте предусмотрен этап дополнительной сушки, например с псевдоожиженным слоем 400, с целью достижения оптимальной степени влажности. Такое устройство хорошо известно, поэтому не требует отдельного описания. Отметим лишь, что воздух взвеси имеет температуру предпочтительно ниже 140 °С, а еще предпочтительнее – в диапазоне 40–95 °С.

[56] Совокупная энергия (электрическая и тепловая), необходимая для такого приготовления биомассы, уменьшается, по меньшей мере, примерно на 50 % по сравнению с традиционными способами.

[57] Как упомянуто выше, лигноцеллюлозная биомасса может переноситься в истирающий измельчитель также с помощью газов сгорания. Такие газы имеют достаточно высокую температуру и поэтому могут способствовать сушке. Опасность самовоспламенения и формирования смол невелика, поскольку эти газы почти не содержат кислород.

[58] Как следует из описания изобретения, оно относится и к установке более простой конструкции, нежели описанная в выше в качестве примера. Далее для сравнения приводится описание установки согласно изобретению для приготовления биомассы, которая содержит центрифугу типа Conturbex 520 (торговое наименование), способную обрабатывать до 20 м³ материала в час. Подлежащую обработке биомассу предварительно измельчали до размера древесных пластин менее 63 мм в длину при толщине порядка сантиметра и плотностью 200–300 кг/м³. Таким образом, в машине можно обрабатывать от 4 до 6 т биомассы в час. Лигноцеллюлозная биомасса может иметь содержание воды от 40 до 90 %, при этом было установлено, что в результате удаления центрифугой ее остается 30–40 %. Таким образом, при загрузке 5 т/ч удаётся удалять от 0,5 до 2,5 т воды, в зависимости от начального содержания воды в материале. Мощность машины Conturbex 520 составляет 22 кВт/ч, так что эффективное потребление будет равно в среднем 14,3 22 кВт/ч (с учетом множителя 0,65 между номинальным значением и средним) при способности к удалению от 500 до 2000 л.

[59] Для сравнения, если взять 5 т/ч поступающего материала с 50%-ным содержанием воды, при минимальном удалении 10 % или 250 л, Conturbex 520 будет потреблять в среднем 57,2 кВт на тонну отведенной воды.

[60] В целом, тепловые процессы, обеспечивающие сушку, потребляют от 1 до 1,5 МВт на тонну испаренной воды. Соответственно, имеет место снижение энергопотребления с коэффициентом минимум 17,5.

[61] Соответственно, установка для обработки биомассы согласно изобретению, содержащая истирающий измельчитель, также отличается сниженным энергопотреблением для определенной степени сушки по сравнению с традиционными процессами тепловой обработки. В качестве примера можно отметить, что измельчитель типа Attritor 18a (торговое наименование) позволяет довести предварительно измельченную биомассу как описано выше до требуемой крупности (от 0,1 до 30 мм) за один проход с производительностью 24 т/ч. Номинальная мощность измельчителя Attritor 18a равна 160 кВт/ч. Для выполнения такой же операции традиционными средствами измельчения (молотковые дробилки, цепные или ножевые аппараты) для достижения интересующих производительности обработки, мощности и цены, понадобится использовать два устанавливаемых друг за другом измельчителя каждый с мощностью 370 кВт/ч и производительностью 18 т/ч, что дает среднее энергопотребление 26,7 кВт на одну тонну измельченной биомассы. Измельчитель типа Attritor 18a позволяет достигнуть того же результата при 4,3 кВт/т; то есть, потребление энергии снижено в 6 раз.

[62] Для аналогичной операции сушки в измельчителе типа Attritor было выявлено уменьшение массы воды от 6 до 10 %, в зависимости от материалов, благодаря внутреннему нагреву при атмосферном давлении, без подвода внешнего тепла. Было также обнаружено, что при подводе внешнего тепла производительность сушки с использованием измельчения посредством истирания, позволяет добиться эффективности порядка 0,75 МВт на тонну удаляемой воды.

[63] Можно отметить, что в других измельчителях тоже наблюдалась потеря массы воды, но она ограничивалась величинами 2–3 %. В рассмотренном же выше примере потеря воды была в 2–3 раза больше. Что касается сушки за счет подвода внешнего тепла, эффективность сушки с помощью измельчителя Attritor в 1,5–2 раза выше, чем в других технологиях.

[64] Продолжая сравнение, следует отметить, что обслуживание обычного измельчителя является в общем случае довольно трудоемким и требует регулярности. Напротив, истирающий измельчитель, такой как вышеупомянутый измельчитель типа Attritor, требует лишь незначительного обслуживания, которое может проводиться время от времени. Кроме того, такая машина позволяет работать в контролируемой среде, что едва ли осуществимо в случае традиционных измельчителей, отличных от Attritor, поэтому этот вариант осуществления изобретения может иметь особенную важность.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ приготовления лигноцеллюлозной биомассы, в частности, посредством удаления воды, включающий центрифугирование биомассы, затем измельчение-сушку посредством истирания.

2. Способ по п.1, причем центрифугирование осуществляют в ситовой центрифуге (100), вращающейся со скоростью, создающей центробежную силу свыше 1000 G, предпочтительно свыше 1200 G, более предпочтительно свыше 1500 G, еще более предпочтительно свыше 2500 G.

3. Способ по п.2, причем центрифугирование осуществляют в центрифуге (100), снабженной ситом (101) с горизонтальной осью, в которую непрерывно подают поток биомассы (108) на стороне малого диаметра, при этом биомассу с уменьшенной влажностью извлекают на стороне большого диаметра.

4. Способ по п.3, причем воздух для переноса биомассы имеет температуру ниже 200 °C, предпочтительно температуру ниже 140 °C, более предпочтительно в диапазоне от температуры окружающей среды до 95 °C, еще более предпочтительно в диапазоне от 40 до 95 °C.

5. Способ по любому из пп.1–4, причем при центрифугировании снижают содержание влаги в биомассе на 8–20 масс. %, доводя ее до значения ниже 50 масс. %, предпочтительно ниже 45 масс. %, еще более предпочтительно ниже 40, 35 или 30 масс. %,

6. Способ по любому из пп.1–5, причем при измельчении-сушке посредством истирания уменьшают размер частиц биомассы, поступивших на этап измельчения-сушки посредством истирания, затем подвергают биомассу термообработке теплом, образующимся при измельчении и

истирании, причем измельчение-сушку осуществляют в истирающем измельчителе (200) типа Attritor, содержащем неподвижный плоский барабан (201), на двух боковых сторонах которого установлены неподвижные измельчающие органы (213, 215), и диск (203), вращающийся в указанном барабане (201) и ограничивающий с каждой стороны первую полость (205) и вторую полость (207), и на котором установлены подвижные измельчающие органы (217), причем диск вращается со скоростями в диапазоне от 500 до 2000 об/мин, предпочтительно в диапазоне от 700 до 1900 об/мин, при этом материал подают посредством потока текучей среды, вблизи оси вращения, в первую полость, подвергают там грубому измельчению и передают к периферии барабана так, чтобы обойти диск и обеспечить переход во вторую полость, и, наконец, удаляют из второй полости потоком текучей среды вблизи оси вращения через регулируемую диафрагму.

7. Способ по пп.1 или 6, причем при измельчении-сушке посредством истирания снижают содержание влаги в биомассе на 8–30 масс. %, предпочтительно на 10–25 масс. %.

8. Способ по любому из п.п.1-7, причем между центрифугированием и измельчением-сушкой посредством истирания предусмотрен этап промежуточной сушки с использованием горячего газа низкой температуры, в частности, ниже 200 °С, предпочтительно ниже 140 °С.

9. Способ по п.8, причем на этапе промежуточной сушки на низкой температуре снижают содержание влаги на 10–15 масс. %.

10. Способ по любому из п.п.1-9, причем предусмотрен последующий этап дополнительной сушки горячим газом низкой температуры, предпочтительно посредством псевдоожиженного слоя с использованием осцилляции и вибрации .

11. Способ по любому из п.п.1-10, причем используют биомассу с крупностью частиц типа P16, P31,5, P45, P63 или P100 согласно стандарту EN 14961.

12. Способ по любому из п.п.1-11, причем удаляют биомассу с размерами частиц в диапазоне от миллиметра до сантиметра.

13. Способ по любому из п.п.1-12, включающий, наконец, этап обжига или карбонизации, или этап формования или изготовления строительных материалов.

14. Установка для приготовления лигноцеллюлозной биомассы, содержащая, по меньшей мере, одно измельчающее устройство и одну ситовую центрифугу (100), за которой установлено устройство (200) измельчения-сушки посредством истирания.

15. Установка по п.14, причем ситовая центрифуга (100) выполнена с возможностью вращения со скоростью, создающей центробежную силу, равную, по меньшей мере, 1000 G, предпочтительно, по меньшей мере, 1200 G.

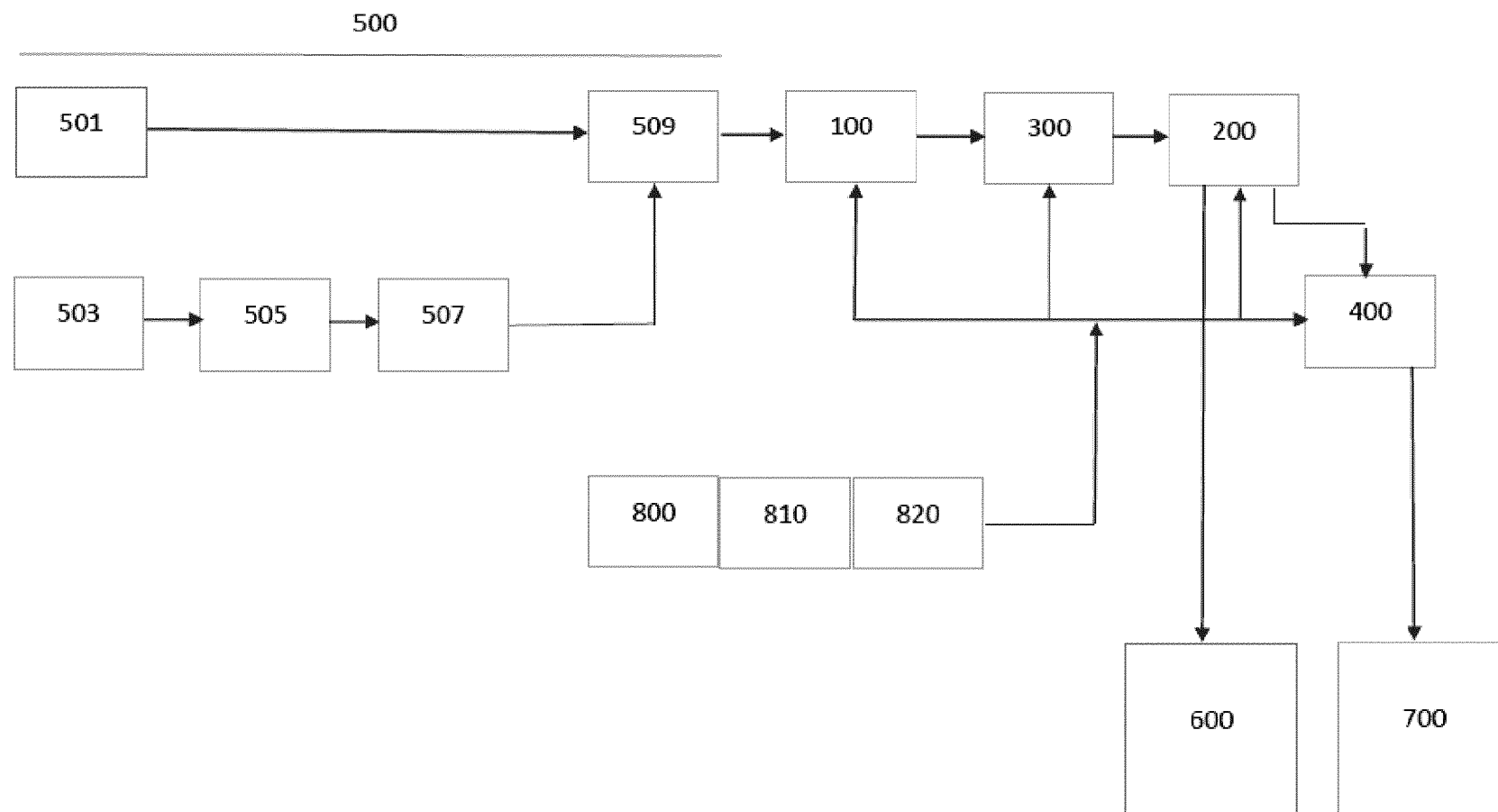
16. Установка по п.15, причем ситовая центрифуга (100) содержит сито (101) в форме усеченного конуса с горизонтальной осью, выполненное с возможностью непрерывной подачи в него потока (109) биомассы на стороне малого диаметра и извлечения биомассы с уменьшенной влажностью на стороне большого диаметра.

17. Установка по п.14 или 15, причем обеспечена возможность переноса биомассы газовым потоком с температурой ниже 200 °C, предпочтительно ниже 140 °C.

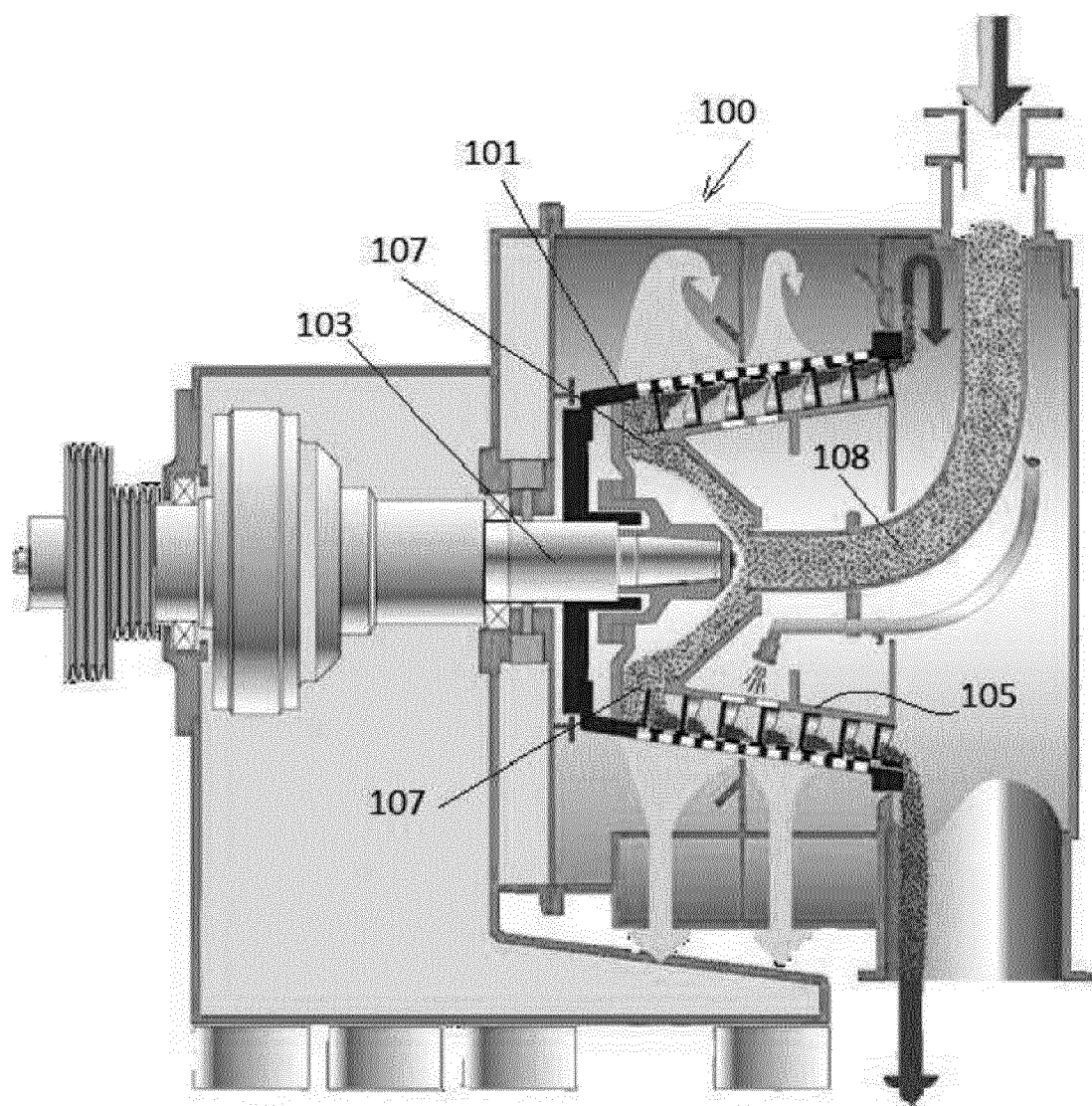
18. Установка по п.14 или 15, причем устройство (200) измельчения-сушки посредством истирания представляет собой истирающий измельчитель типа Attritor, содержащий неподвижный плоский барабан (201), на двух боковых сторонах которого установлены неподвижные измельчающие органы (213, 215), и диск (203), выполненный с возможностью вращения в указанном барабане и ограничивающий с каждой стороны первую полость (205) и вторую полость (207), и на котором установлены подвижные измельчающие органы (217), причем диск (203) выполнен с возможностью вращения со скоростями в диапазоне от 500 до 2000 об/мин, предпочтительно в диапазоне от 700 до 1900 об./мин, а также канал (206) подачи биомассы, взвешенной в газовом потоке, вблизи оси вращения, в первую полость (205) и канал (219) выгрузки материала, взвешенного в газовом потоке, из второй полости (207) вблизи оси (220) вращения.

19. Установка по любому из п.п.14–18, содержащая, между средствами центрифугирования и измельчения-сушки посредством истирания, аппарат (300) для сушки горячим газом низкой температуры, в частности, ниже 200 °С, предпочтительно ниже 140 °С.

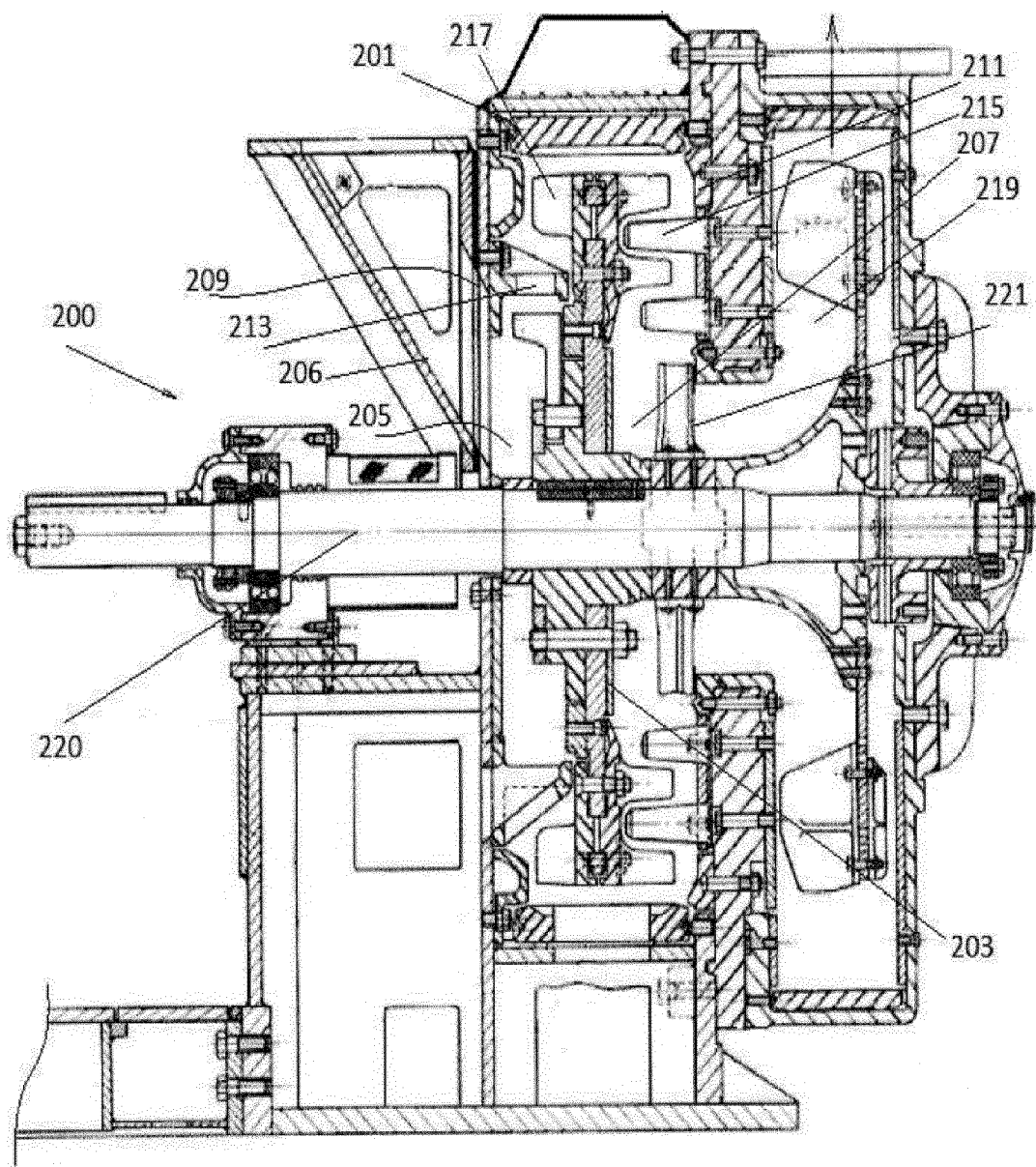
20. Установка по одному из п.п.14–19, содержащая, ниже по потоку от устройства измельчения-сушки посредством истирания, аппарат (400) для дополнительной сушки горячим газом низкой температуры, в частности, посредством псевдоожиженного слоя с использованием осцилляции и вибрации.



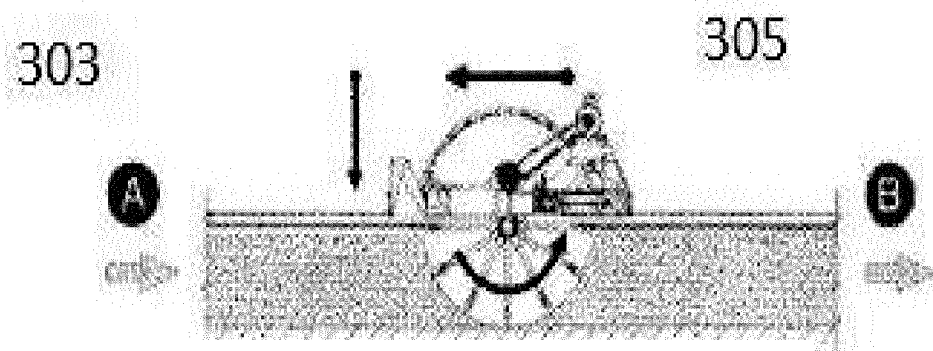
Фиг.1



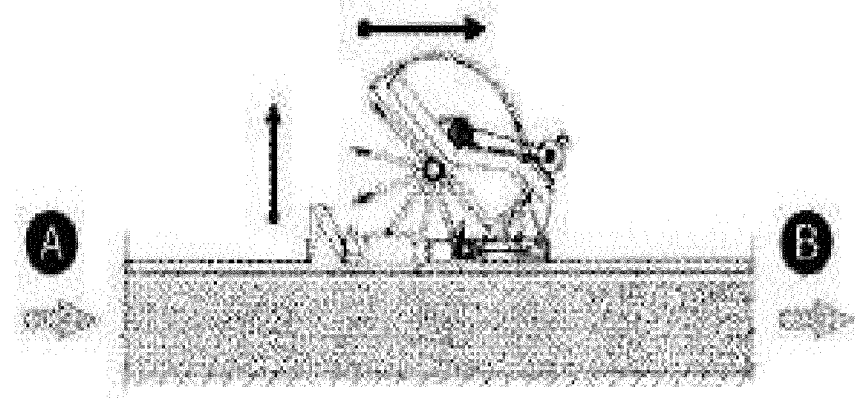
Фиг.2



Фиг.3



Прямой ход ворошильного устройства



Обратный ход ворошильного устройства

Фиг.4