



(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.12.22

(21) Номер заявки
201791620

(22) Дата подачи заявки
2015.12.16

(51) Int. Cl. *B09B 3/00* (2006.01)
C08B 1/00 (2006.01)
C12P 1/00 (2006.01)

(54) СПОСОБ РАЗЛОЖЕНИЯ МАТЕРИАЛА БИОМАССЫ, СОДЕРЖАЩЕГО
ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗУ

(31) 15000112.1

(32) 2015.01.16

(33) EP

(43) 2017.12.29

(86) PCT/EP2015/079986

(87) WO 2016/113063 2016.07.21

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
КЛАРИАНТ ИНТЕРНЭШНЛ ЛТД
(СН)

(72) Изобретатель:
Хорч Ральф, Хоппе Томас, Хюнлайн
Бьёрн (DE)

(74) Представитель:
Чекалкин А.Ю., Фелицына С.Б. (RU)

(56) WO-A2-2009158709
VIRGINIE VANDENBOSSCHE ET AL.: "A new lignocellulosic biomass deconstruction process combining thermo-mechano chemical action and bio-catalytic enzymatic hydrolysis in a twin-screw extruder", INDUSTRIAL CROPS AND PRODUCTS, vol. 55, April 2014 (2014-04), pages 258-266, XP055186133, ISSN: 0926-6690, DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.02.022, the whole document

CHANG V S ET AL.: "Lime pretreatment of crop residues bagasse and wheat straw", APPLIED BIOCHEMISTRY AND BIOTECHNOLOGY, HUMANA PRESS, INC, UNITED STATES, vol. 74, no. 3, September 1998 (1998-09), pages

135-159, XP008087461, ISSN: 0273-2289, DOI: 10.1007/BF02825962 page 137; tables 1,2

SHAW M D ET AL.: "Physicochemical characteristics of densified untreated and steam exploded poplar wood and wheat straw grinds", BIOSYSTEMS ENGINEERING, ACADEMIC PRESS, UK, vol. 103, no. 2, June 2009 (2009-06), pages 198-207, XP026096313, ISSN: 1537-5110, DOI: 10.1016/J.BIOSYSTEMSENG.2009.02.012 [retrieved on 2009-04-05] page 137; tables 3, 4

MAAS RONALD HW ET AL.: "Pilot-scale conversion of lime-treated wheat straw into bioethanol: quality assessment of bioethanol and valorization of side streams by anaerobic digestion and combustion", BIOTECHNOLOGY FOR BIOFUELS, BIOMED CENTRAL LTD, GB, vol. 1, no. 1, 12 August 2008 (2008-08-12), page 14, XP021045778, ISSN: 1754-6834, DOI: 10.1186/1754-6834-1-14 page 23, right-hand column - page 25

CHANG V S ET AL.: "Lime pretreatment of switchgrass", APPLIED BIOCHEMISTRY AND BIOTECHNOLOGY, HUMANA PRESS, INC, UNITED STATES, vol. 63-65, January 1997 (1997-01), pages 3-19, XP002902194, ISSN: 0273-2289, DOI: 10.1007/BF02920408 page 4 - page 6; table 1, page 8 - page 11

MOSIER N ET AL.: "Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass", BIORESOURCE TECHNOLOGY, ELSEVIER BV, GB, vol. 96, no. 6, April 2005 (2005-04), pages 673-686, XP027800661, ISSN: 0960-8524 [retrieved on 2005-04-01] page 680, right-hand column - page 681; figure 1

(57) Настоящее изобретение относится к способу разложения материала биомассы.

Настоящее изобретение относится к способу разложения материала биомассы.

Вследствие ограниченных ресурсов нефти и требований по уменьшению выбросов углекислого газа CO₂ химическая промышленность ищет более экологически устойчивые производственные маршруты для изготовления товарных химических продуктов, таких как жидкие топлива и основные химические продукты. Часть этой стратегии фокусируется на преобразовании лигноцеллюлозной биомассы в разнообразные химические продукты или топливо, такое как этиловый спирт. Лигноцеллюлозная биомасса содержит целлюлозу (приблизительно 25-40% мас./мас. сухого вещества, с.в.), гемицеллюлозу (приблизительно 15-25% мас./мас. с.в.) и лигнин (приблизительно 15-30% мас./мас. с.в.) в качестве основных компонентов и небольшие количества других углеводов, восков, белков и неорганических соединений. Среди форм растительной биомассы лигноцеллюлозная биомасса, извлекаемая из любых потоков отходов лесного и сельского хозяйства, таких как остатки лесоматериала и солома хлебных злаков, особенно хорошо подходит для преобразования в товарные химические продукты и топливо благодаря ее доступности, низкой стоимости и производству, которое является допустимым с экологической точки зрения. Кроме того, анализы цикла долговечности производственных процессов, использующих в качестве исходного сырья лигноцеллюлозную биомассу, демонстрируют уменьшенное выделение парникового газа по сравнению с процессами, основанными на других видах исходного сырья.

Различные варианты способов, которые описывают преобразование лигноцеллюлозной биомассы в этиловый спирт и другие основные химические продукты уже описывались ранее (Rejo и др., 2008). Для реализации этих способов в промышленном масштабе особенно желательно передавать максимальное количество энергии, углерода и массосодержания, содержащегося в возобновляемом исходном сырье, к конечным продуктам. В настоящее время ни один из описанных способов преобразования не реализовал в полной мере эти условия.

Иллюстративными отдельными операциями для биотехнологического преобразования лигноцеллюлозного материала (например, соломы) в продукты с добавленной стоимостью (например, этиловый спирт) являются: механическая расшлифовка, и/или физико-химическая предварительная обработка, ферментативный гидролиз, ферментация и извлечение продукта. Что касается производства в промышленном масштабе целлюлозного этилового спирта, то одним из главных барьеров является высокое расходование средств, таким образом, первостепенное значение имеют низкоэнергетический способ и эффективное преобразование биомассы.

Поэтому задачей настоящего изобретения является обеспечение улучшенного высокоэффективного способа для разложения материала биомассы, содержащего лигноцеллюлозу.

Авторы настоящего изобретения неожиданно обнаружили, что эта задача настоящего изобретения может быть достигнута с помощью способа разложения материала биомассы, содержащего лигноцеллюлозу, включающего стадии, на которых:

- a) обеспечивают материал биомассы, содержащий лигноцеллюлозу;
- b) подвергают материал биомассы, содержащий лигноцеллюлозу, измельчению;
- c) подвергают измельченный материал биомассы, содержащий лигноцеллюлозу, отсеиванию, чтобы отделить фракцию частиц, состоящую из частиц со средним диаметром менее 2500 мкм;
- d) подвергают остающийся измельченный материал биомассы, содержащий лигноцеллюлозу, предварительной обработке;

при этом до, во время или после предварительной обработки к материалу биомассы, содержащему лигноцеллюлозу, добавляют частицы, причем по меньшей мере 70 мас.% частиц имеют средний диаметр менее чем 1,6 мм.

Термин "материал биомассы" в контексте настоящего изобретения представляет собой "материал, содержащий лигноцеллюлозу". Термин "материал, содержащий лигноцеллюлозу", должен рассматриваться таким образом, что он включает все виды материала, известные специалистам в данной области техники как содержащие лигноцеллюлозу. Термины "материал, содержащий лигноцеллюлозу", "биомасса, содержащая лигноцеллюлозу", "лигноцеллюлозный материал" и "лигноцеллюлозная биомасса" должны рассматриваться как синонимы в контексте настоящего изобретения. Особенно предпочтительный материал, содержащий лигноцеллюлозу, в соответствии с настоящим изобретением, включает в себя древесину, солому и/или шелуху хлебных злаков, багассу, овсяную шелуху, просо прутьевидное, целлюлозу, пульпу из необработанной бумаги (полученную из пульпы и производства бумаги), а также их смеси. Альтернативные источники или дополнительные компоненты могут включать один или более из следующих компонентов: очищенную целлюлозу, пульпу, молочную сыворотку, мелассу или сахара, такие как глюкоза и лактоза. В предпочтительном варианте осуществления изобретения материал, содержащий лигноцеллюлозу, содержит по меньшей мере 25 мас.%, предпочтительно по меньшей мере 40 мас.%, более предпочтительно по меньшей мере 70 мас.%, даже более предпочтительно по меньшей мере 80 мас.% и наиболее предпочтительно по меньшей мере 90 мас.% лигноцеллюлозы. Должно быть понятно, что материал, содержащий лигноцеллюлозу, также может содержать другие соединения, такие как белковые материалы, крахмал, сахара, такие как ферментируемые сахара и/или неферментируемые сахара.

В соответствии со стадией b) способа в соответствии с настоящим изобретением обеспеченный материал биомассы, содержащий лигноцеллюлозу, подвергают измельчению. Термин "измельчение" пони-

мается таким образом, чтобы включать любой вид измельчения, известный специалистам в данной области техники как подходящий для целей изобретения. В предпочтительном варианте осуществления изобретения измельчение включает любой вид механической обработки, мацерацию, измельчение резанием, растирание, дробление, раздавливание, нарезание, облучение, размалывание, такое как сухое размалывание, мокрое размалывание и размалывание с помощью вибрационной шаровой мельницы, а также любую комбинацию из этих видов обработки. В особенно предпочтительном варианте осуществления изобретения измельчение содержит или состоит из размалывания, которое еще более предпочтительно выполняется с помощью молотковой мельницы. Предпочтительно измельчение выполняется непрерывным образом.

В соответствии со стадией с) способа в соответствии с изобретением измельченный материал биомассы, содержащий лигноцеллюлозу, подвергают отсеиванию, чтобы отделить фракцию частиц, состоящую из частиц со средним диаметром менее 2500 мкм, предпочтительно со средним диаметром менее 2200 мкм, более предпочтительно со средним диаметром менее 1800 мкм и особенно предпочтительно со средним диаметром менее 1600 мкм, даже более предпочтительно со средним диаметром менее 1200 мкм и наиболее предпочтительно со средним диаметром менее 800 мкм. В альтернативном варианте осуществления изобретения фракция частиц, состоящая из частиц со средним диаметром от 1 до 2500 мкм, предпочтительно 1-1800 мкм, особенно предпочтительно 1-1600 мкм и наиболее предпочтительно 1-1200 мкм, отделяется на стадии с) способа в соответствии с изобретением.

Во время этой стадии с) разделения особенно предпочтительно отделять по меньшей мере 65% (масса отделенной фракции частиц/масса первоначального материала биомассы) частиц с соответствующим средним диаметром частиц, как определялось ранее, предпочтительно по меньшей мере 75% (мас./мас.), более предпочтительно по меньшей мере 85% (мас./мас.), особенно предпочтительно по меньшей мере 95% (мас./мас.), еще более предпочтительно по меньшей мере 99% (мас./мас) и наиболее предпочтительно 100% (мас./мас). Отделение частиц со средним диаметром частиц менее чем 1200 мкм, предпочтительно со средним диаметром частиц менее чем 1100 мкм, более предпочтительно со средним диаметром частиц менее чем 1000 мкм и особенно предпочтительно со средним диаметром частиц менее чем 800 мкм, даже еще более предпочтительно со средним диаметром частиц менее чем 300 мкм и наиболее предпочтительно со средним диаметром частиц менее чем 100 мкм, являются особенно предпочтительным, поскольку значительно минимизируется общий контакт с пылью, и в частности риск взрыва пыли.

Термин "отсеивание" в контексте настоящего изобретения должен рассматриваться как включающий любой вид отделения соответствующей фракции частиц, как определялось ранее, известный специалистам в данной области техники как подходящий для целей изобретения. В особенно предпочтительном варианте осуществления изобретения термин "отсеивание" должен рассматриваться как просеивание и/или фильтрование. Предпочтительно отсеивание выполняется в пределах процесса, в котором во время измельчения соответствующей фракции частиц, как определялось ранее, содержащей или главным образом состоящей из достаточно легких частиц, чтобы оставаться в воздухе, эти частицы переносятся к фильтру или сити с помощью сжатого воздуха или аспирации, чтобы отделять соответствующую фракцию частиц в соответствии со стадией с) способа в соответствии с изобретением. В предпочтительном варианте осуществления изобретения соответствующая фракция частиц отделяется во время измельчения, таким образом, стадии b) и c) выполняются параллельно, предпочтительно в непрерывном режиме, или непосредственно после измельчения, которое также предпочтительно выполняется в непрерывном режиме.

Отделение в соответствии со стадией с) способа в соответствии с изобретением предпочтительно выполняется непрерывным образом во время измельчения материала биомассы, содержащего лигноцеллюлозу.

В соответствии со стадией d) способа в соответствии с изобретением оставшийся материал биомассы, содержащий лигноцеллюлозу, подвергают предварительной обработке. Термин "оставшийся материал биомассы", содержащий лигноцеллюлозу, должен рассматриваться как включающий любой материал биомассы, содержащий лигноцеллюлозу, не отделенный в указанной фракции частиц со средним диаметром частиц менее чем 2500 мкм на стадии с) способа в соответствии с изобретением.

Термин "предварительная обработка" в контексте настоящего изобретения должен рассматриваться как процесс, ведущий по меньшей мере к частичному удалению и отделению гемицеллюлозы от целлюлозы, а также к разрушению и удалению оболочки лигнина для того, чтобы уменьшить кристалличность целлюлозы и таким образом увеличить доступную площадь поверхности целлюлозы и/или увеличить размер пор в целлюлозе. Предпочтительно предварительная обработка активизирует фракцию пентозы материала, содержащего лигноцеллюлозу, и в то же время она увеличивает усваиваемость твердой фракции, содержащей целлюлозу.

Способы, подходящие для предварительной обработки материала, содержащего лигноцеллюлозу, в соответствии со стадией d) способа настоящего изобретения включают в себя любой тип механических, биологических, химических, и/или физических способов предварительной обработки, известных специалистам в данной области техники. В предпочтительном варианте осуществления изобретения способ

предварительной обработки выбран из способов механического измельчения, обработки кислотами и/или щелочами, важного окисления, гидротермолиза с управляемым рН и/или парового взрыва.

Паровой взрыв в соответствии с настоящим изобретением предпочтительно включает гидротермическую обработку под давлением при температуре 60-350°C, предпочтительно при температуре 80-300°C, особенно предпочтительно при температуре 100-250°C и наиболее предпочтительно при температуре 110-220°C материала, содержащего лигноцеллюлозу, при отсутствии или в присутствии кислотных (таких как H_2SO_4 , HCl , H_3PO_4) или основных/щелочных (т.е. NH_4OH , $NaOH$, KOH , известь) катализаторов, которые добавляются при концентрациях от 0,01 до 15% (мас./мас.), предпочтительно от 0,05 до 12,5% (мас./мас.), более предпочтительно от 0,1 до 10% (мас./мас.) и наиболее предпочтительно от 0,25 до 7,5%. В предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения давление предпочтительно выбирается в диапазоне 1-100 бар, предпочтительно 2-50 бар, также предпочтительно 3-25 бар, наиболее предпочтительно 5-15 бар. Время реакции во время парового взрыва должно выбираться в диапазоне от 10 с до 2 ч, предпочтительно от 1 мин до 1,5 ч и наиболее предпочтительно от 5 мин до 1 ч, чтобы обеспечивать эффективное преобразование компонентов биомассы в процессе приготовления к ферментативному гидролизу. В особенно предпочтительном варианте осуществления изобретения предварительная обработка механическим измельчением материала, содержащего лигноцеллюлозу, выполняется перед или во время предварительной обработки с помощью парового взрыва, при этом механическое измельчение выбирается из группы, состоящей из механической обработки, растирания, измельчения резанием, раздавливания, нарезания, облучения, размалывания, а также комбинации из этих видов обработки.

Предварительная обработка кислотой в соответствии с настоящим изобретением предпочтительно представляет собой непрерывное разбавление и/или мягкую обработку кислотой, такую как обработку с помощью серной кислоты, или других органических кислот, таких как уксусная кислота, лимонная кислота, винная кислота, янтарная кислота, хлористый водород, или их смесей. Также могут использоваться другие кислоты. Мягкая обработка кислотой в соответствии с настоящим изобретением должна пониматься как осуществляемая при рН от 1 до 5, предпочтительно рН от 2 до 3 (в соответствии с материалом, содержащим лигноцеллюлозу). В предпочтительном варианте осуществления изобретения кислоту добавляют в концентрациях от 0,01 до 15 мас.% (мас./мас.), предпочтительно 0,05-12,5 мас.% (мас./мас.), более предпочтительно 0,1-10 мас.% (мас./мас.) и наиболее предпочтительно, 0,25-7,5 мас.%. Предпочтительно в качестве кислоты используют серную кислоту. Кислота может контактировать с материалом, содержащим лигноцеллюлозу, при температуре в диапазоне от 120 до 280°C, предпочтительно 135-225°C и наиболее предпочтительно 150-200°C в течение периода времени от 1 до 60 мин, предпочтительно 2-30 мин и наиболее предпочтительно 5-15 мин. Добавление сильных кислот, таких как серная кислота, может использоваться в особенно предпочтительных вариантах осуществления изобретения для удаления гемицеллюлозы.

Термин "химическая предварительная обработка" в соответствии с настоящим изобретением также относится к обработке материала, содержащего лигноцеллюлозу, с помощью пероксида водорода (H_2O_2), озона, кислот Льюиса, $FeCl_3$, $(Al)_2SO_4$ в водных спиртовых растворах, глицерина, диоксиана, фенола, этиленгликоля, $NaOH$, Na_2CO_3 и/или аммиака. Предпочтительные концентрации, температура и продолжительность выбираются аналогично условиям, упоминавшимся выше в отношении предварительной обработки кислотой.

Термин "предварительная обработка" влажным окислением в соответствии с настоящим изобретением включает в себя использование окисляющих агентов, таких как окисляющие агенты на основе сульфита.

Термин "механическое измельчение", относящийся к предварительной обработке, относится к любой механической обработке, которая способствует отделению и/или высвобождению целлюлозы, гемицеллюлозы и/или лигнина из материала, содержащего лигноцеллюлозу. Механическое измельчение предпочтительно выбирается из группы, состоящей из механической обработки, растирания, дробления, раздавливания, растирания, нарезания, облучения, размалывания, такого как сухое размалывание, мокрое размалывание и размалывание с помощью вибрационной шаровой мельницы, а также комбинаций из этих видов обработки.

Термин "биологическая предварительная обработка" в соответствии с настоящим изобретением относится к любой биологической предварительной обработке, которая способствует отделению и/или высвобождению целлюлозы, гемицеллюлозы и/или лигнина из материала, содержащего лигноцеллюлозу. Технологии биологической предварительной обработки могут включать в себя использование растворяющих лигнин микроорганизмов, таких как актиномицеты (например, штаммы стрептомицетов), белокрасная плесень.

Способы предварительной обработки, подходящие для способа настоящего изобретения, должны выполняться внутри подходящих для этого устройств, известных специалистам в данной области техники. Устройство, подходящее для выполнения химической предварительной обработки, может быть сосудом любого типа, таким как реактор периодического действия. Устройство, подходящее для выполнения

парового взрыва, может быть сосудом любого типа, таким как реактор периодического действия, но также может выполняться внутри шлакового реактора, предпочтительно шлакового реактора непрерывного действия.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения содержание твердого вещества предварительно обработанного материала, содержащего лигноцеллюлозу, достигает 75% (мас./мас.), предпочтительно 25-65% (мас./мас.) и особенно предпочтительно 40-55% (мас./мас.).

В способе в соответствии с настоящим изобретением до, во время или после предварительной обработки к материалу биомассы, содержащему лигноцеллюлозу, добавляют частицы, при этом по меньшей мере 70 мас.% этих частиц имеют средний диаметр менее чем 1,6 мм, предпочтительно менее чем 1,4 мм, более предпочтительно менее чем 1,0 мм и наиболее предпочтительно менее чем 0,75 мм. Кроме того, является предпочтительным, чтобы по меньшей мере 80 мас.%, предпочтительно по меньшей мере 85 мас.%, особенно предпочтительно по меньшей мере 90 мас.%, еще более предпочтительно по меньшей мере 95 мас.% и наиболее предпочтительно по меньшей мере 99 мас.% этих частиц имело средний диаметр менее чем 1,6 мм, предпочтительно менее чем 1,4 мм, более предпочтительно менее чем 1,0 мм и наиболее предпочтительно менее чем 0,75 мм. Авторы настоящего изобретения неожиданно обнаружили, что добавление частиц соответствующего среднего диаметра, как определялось ранее, улучшает перемещение материала биомассы, содержащего лигноцеллюлозу, во время предварительной обработки, что особенно полезно в том случае, когда производится перемещение материала биомассы, содержащего лигноцеллюлозу, во время предварительной обработки при использовании шнековых или спиральных транспортеров. Добавление этих частиц уменьшает трение материала внутри обрабатывающего устройства и во время перемещения через трубопроводы и, таким образом, способствует сохранению энергии, а также уменьшает время обработки, в значительной степени способствуя уменьшению производственных затрат.

Термин "средний диаметр частиц" относится к значению $D(0,50)$ объемного распределения размера частиц. Значение $D(0,50)$ описывает размер частиц объемного распределения размера частиц, где 50% частиц имеют меньший или больший размер по сравнению с соответствующим значением.

В предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения частицы добавляют в непрерывном режиме во время предварительной обработки. Однако также возможно добавлять эти частицы периодически, предпочтительно в начале и/или в середине процесса предварительной обработки.

В особенно предпочтительном варианте осуществления изобретения от 1 до 15 мас.% (масса частиц/масса предварительно обработанного материала биомассы, содержащего лигноцеллюлозу) частиц добавляют к материалу биомассы, содержащему лигноцеллюлозу, предпочтительно 1-12 мас.%, более предпочтительно 2-11 мас.% и наиболее предпочтительно 3-10 мас.%.

В еще более предпочтительном варианте осуществления изобретения частицы выбираются из группы, состоящей из графита, древесного угля, активированного угля, силиката, частиц из глинистых минералов, а также из смесей этих частиц, при этом графит, древесный уголь и/или активированный уголь являются особенно предпочтительными. Добавление частиц из этой группы материалов является предпочтительным, поскольку эти частицы будут значительно увеличивать энергетическую ценность материала биомассы, содержащего лигноцеллюлозу, т.к. остающийся или остаточный материал обычно используется в качестве горючего материала для различных применений. Подходящие частицы из глинистых минералов выбираются из группы, состоящей из бентонитов и смектических слоистых силикатов, таких как монтмориллонит, алиеттит, корренсит, кулькеит, луницзяньлаит, ректорит, салиотит, тарасовит, тосудит, бейделлит, бринроберсит, нонтронит, свайнфордит, волконскоит, яхонтовит, гектрорит, ферросопонит, сапонит, сауконит, спадаит, стевенсит, цинксилит, а также из их смесей.

В другом предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения добавляемые частицы выбирают из фракции частиц, отделенной в соответствии со стадией с). Таким образом, возможно, чтобы все добавленные частицы были выбраны из фракции частиц, отделенной в соответствии со стадией с), или только часть добавленных частиц была выбрана из фракции частиц, отделенной в соответствии со стадией с), однако предпочтительно, чтобы все отделенные частицы добавлялись к материалу биомассы. В том случае, когда добавляется только часть фракции частиц, отделенной в соответствии со стадией с), предпочтительно, чтобы добавлялось по меньшей мере 50 мас.%, предпочтительно по меньшей мере 65 мас.%, более предпочтительно по меньшей мере 95 мас.% и наиболее предпочтительно по меньшей мере 99 мас.%. Кроме того, предпочтительно, чтобы добавлялось от 50 до 99 мас.% частиц, отделенных в соответствии со стадией с), предпочтительно 65-99 мас.% и наиболее предпочтительно 85-99 мас.%.

В дополнительном варианте осуществления способа настоящего изобретения также возможно, что часть добавленных частиц выбрана из группы, состоящей из графита, древесного угля, активированного угля, силиката и частиц из глинистых минералов, а другая часть выбрана из частиц, отделенных в соответствии со стадией с) способа в соответствии с изобретением. В особенно предпочтительном варианте осуществления изобретения по меньшей мере 65 мас.% (масса частиц со стадии с)/общая масса добавленных частиц) добавленных частиц выбирается из частиц, отделенных в соответствии со стадией с), предпочтительно по меньшей мере 85 мас.% и наиболее предпочтительно по меньшей мере 95 мас.%, в то время как остающееся количество составляет самое большее 15 мас.%, предпочтительно самое большее 5 мас.% частиц, выбранных из древесного угля, графита, частиц из глинистых минералов, а также их смесей.

В еще более предпочтительном варианте осуществления изобретения добавленные частицы демонстрируют объемное распределение размера частиц со значением $D(0,10)$ от 20 до 175 мкм и со значением $D(0,50)$ от 250 до 450 мкм. Особенно предпочтительное распределение размера частиц демонстрирует значение $D(0,10)$ от 35 до 130 мкм, а значение $D(0,50)$ от 300 до 450 мкм. Распределение размера частиц было измерено с помощью устройства 5917 Mastersizer 2000 Ver. 5.40 (серийный номер MAL1015917) компании Malvern Instruments, Соединенное Королевство Великобритания и Северная Ирландия.

В последующей части описания дополнительно описывается особенно предпочтительный вариант осуществления настоящего изобретения. Особенно предпочтительный вариант осуществления настоящего изобретения не следует рассматривать как ограничивающий изобретение в каком-либо отношении.

Особенно предпочтительный вариант осуществления изобретения

Способ разложения материала биомассы, содержащего лигноцеллюлозу, выбранного из соломы или багассы, включающий следующие стадии, на которых

- a) обеспечивают материал биомассы, содержащий лигноцеллюлозу;
 - b) подвергают материал биомассы, содержащий лигноцеллюлозу, измельчению, выбранному из размалывания, дробления и растирания;
 - c) подвергают измельченный материал биомассы, содержащий лигноцеллюлозу, отсеиванию, чтобы отделить фракцию частиц, состоящую из частиц со средним диаметром менее 2500 мкм, предпочтительно менее чем 1800 мкм;
 - d) подвергают остающийся измельченный материал биомассы, содержащий лигноцеллюлозу, предварительной обработке, выбранной из парового взрыва;
- при этом во время предварительной обработки к материалу биомассы, содержащему лигноцеллюлозу, добавляют от 8 до 10 мас.% частиц, причем по меньшей мере 85 мас.% добавленных частиц имеют средний диаметр менее чем 1,6 мм и выбраны из частиц, отделенных в соответствии со стадией c).

Пример и фигуры

Настоящее изобретение дополнительно описывается с помощью последующего примера и фигур. Пример и фигуры используются только в иллюстративных целях и не должны рассматриваться как ограничивающие изобретение.

Фиг. 1 показывает потребление энергии при выполнении способа с отсеиванием и добавлением частиц и без этих действий.

Фиг. 2 показывает объемное распределение размера частиц в отношении частиц, добавленных к предварительно обработанной биомассе, как описывается в примере 1.

Пример.

Прямоугольные кипы из пшеничной соломы транспортировались с помощью конвейерной системы к машине, где удалялись крепежные ленты. Затем кипы разрыхлялись в кипоразбивателе, оборудованном вращающимися скреперами, работающими на скорости вращения 3000 об/мин, получая частицы с размерами от 10 до 40 см. Эта операция необходима для того, чтобы гарантировать плавную транспортировку соломы и работу последующей стадии размалывания. Далее солома пневматически транспортировалась к молотковой мельнице, работающей на скорости вращения 3000 об/мин с 30 мм ситами, где солома разрезалась на кусочки с размерами частиц от 1 до 5 см. Во время размалывания частицы с объемным распределением размера частиц со значением $D(0,50)$ 419 мкм и частицы с размерами <2500 мкм были удалены с помощью системы аспирации, работающей с радиальным вентилятором (модель BWA-MXE, Reitz).

Затем воздух, содержащий эти частицы, направлялся к сепаратору/фильтрующей системе (рукавный фильтр, модель FTT 1-1-6, Hainke), где частицы отделялись от воздуха. Эти частицы затем помещались в транспортный шнек и транспортировались к буферному сосуду.

Нарезанная солома транспортировалась к системе предварительной термической обработки с штифтовым барабанным питателем, за которым следует транспортирующий шнек и напорный шнек. Шнековая система имеет среднее потребление энергии 12,1 кВт. Затем пшеничная солома предварительно обрабатывается при температуре 160°C в течение 5 мин без добавления каких-либо химических веществ. Предварительно обработанный материал собирался в циклон после предварительной термической обработки.

Частицы с объемным распределением размера частиц со значением $D(0,50)$ в 419 мкм (см. фиг. 2) затем смешивались с фракцией нарезанной соломы с помощью введения их в пневматическую систему для транспортировки соломы. Это было выполнено с использованием вращающегося питателя.

Этот способ позволяет обеспечить экономию энергии в диапазоне 3-5,4% потребления энергии (как показано на фиг. 1), поскольку среднее потребление энергии шнековой системы транспортировки блока термической предварительной обработки уменьшается до 11,7 кВт.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ разложения материала биомассы, содержащего лигноцеллюлозу, выбранного из соломы или багассы, включающий следующие стадии, на которых:

а) подвергают указанный материал биомассы измельчению, выбранному из размалывания, дробления и растирания;

б) подвергают полученный измельченный материал биомассы отсеиванию, чтобы отделить фракцию частиц со средним диаметром менее 2500 мкм;

с) подвергают оставшийся измельченный материал биомассы обработке паровым взрывом, во время которой к материалу биомассы добавляют от 8 до 10 мас.% частиц в расчете на массу обрабатываемого материала, причем по меньшей мере 85 мас.% добавляемых частиц имеют средний диаметр менее 1600 мкм и выбраны из частиц, полученных на стадии б).

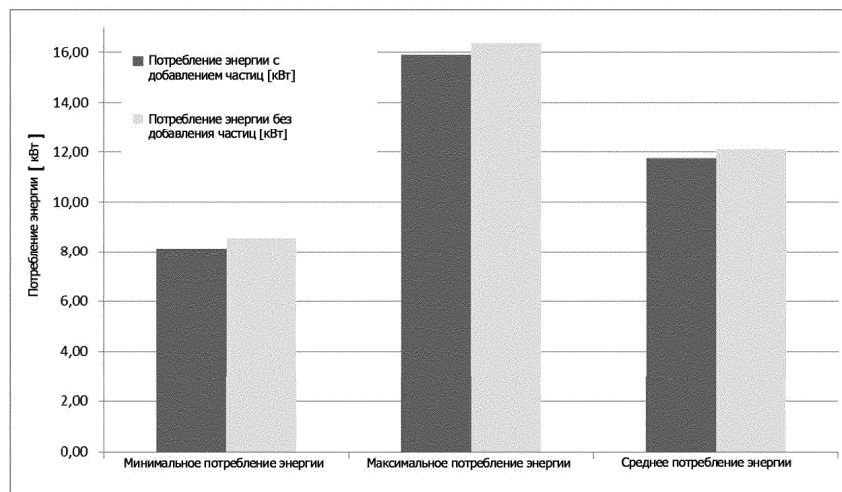
2. Способ по п.1, в котором во время обработки частицы добавляют в непрерывном режиме.

3. Способ по п.1 или 2, в котором оставшееся количество добавляемых частиц, составляющее самое большее 15 мас.%, выбрано из группы, состоящей из частиц графита, древесного угля, активированного угля, силиката и глинистых минералов.

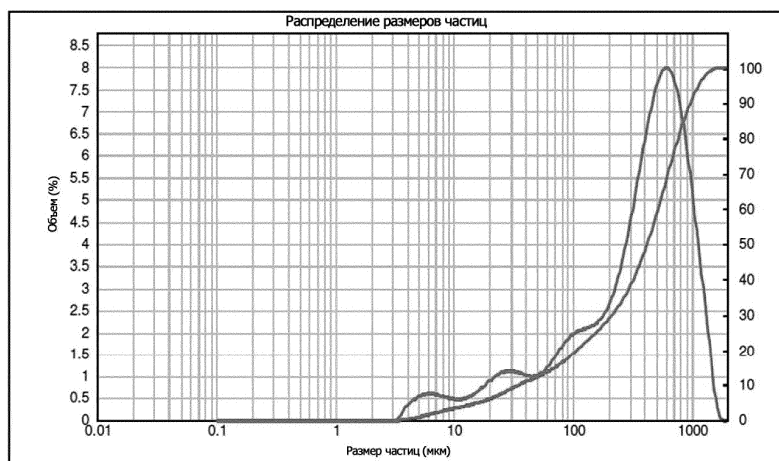
4. Способ по любому из пп.1-3, в котором на стадии б) отделяют фракцию частиц со средним диаметром менее чем 1800 мкм.

5. Способ по любому из пп.1-4, в котором на стадии б) отделяют фракцию частиц со средним диаметром менее чем 1600 мкм.

6. Способ по любому из пп.1-5, в котором добавляемые частицы демонстрируют объемное распределение размера частиц со значением $D(0,10)$ от 20 до 175 мкм и со значением $D(0,50)$ от 250 до 450 мкм.



Фиг. 1



Фиг. 2



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2