



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **128269** (13) **C2**
(51) МПК
C10B 53/02 (2006.01)
C10L 9/08 (2006.01)
C10L 5/44 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2021 06895</p> <p>(22) Дата подання заявки: 30.04.2020</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 23.05.2024</p> <p>(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: FR1904682</p> <p>(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 03.05.2019</p> <p>(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: FR</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 26.01.2022, Бюл.№ 4</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 22.05.2024, Бюл.№ 21</p> <p>(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: PCT/FR2020/050730, 30.04.2020</p>	<p>(72) Винахідник(и): Деспрес Жан-Люк (FR), Хабас Томас (FR), Кінтеро-Маркез Адріана (FR), Мартел Фредерік (FR)</p> <p>(73) Володілець (володільці): ЕРОПЕНН ДЕ БІОМАСС, 12 rue de la Chaussée d'Antin, 75009 Paris, France (FR)</p> <p>(74) Представник: Петошевич Діна Анатоліївна, реєстр. №284</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: US 20160251611 A1, 01.09.2016 US 20160153010 A1, 02.06.2016 US 20120006320 A1, 12.01.2012 EP 2373767 A1, 12.10.2011 SKJEVRAC GEIR Pelletizing and Combustion Behaviors of Wood Waste with Additives Mixing / GEIR SKJEVRAC ET AL. // POWER AND ENERGY ENGINEERING CONFERENCE (APPEEC). 2012. P. 1-5 WO 2016163877 A1, 13.10.2016 HENDRIKS A.T.W.M. Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass / A.T.W.M HENDRIKS et al. // BIORESOURCE TECHNOLOGY, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL. 2009. Vol. 100 (no. 1). P. 10-18</p>
--	---

(54) РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПАРОВОГО КРЕКІНГУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НИЖЧОЇ ТЕПЛОТВОРНОЇ ЗДАТНОСТІ ЧОРНИХ ГРАНУЛ

(57) Реферат:

Винахід стосується способу безперервного виготовлення порошкоподібного матеріалу, що має теплотворну здатність, більшу за теплотворну здатність початкової біомаси, який включає етап парового крекінгу, причому початкову біомасу, яка складається з елементів розміром від Р16 до Р100 за класифікацією розмірів частинок, з вологістю менше 27 % безпосередньо піддають обробці парою методом парового крекінгу.

UA 128269 C2

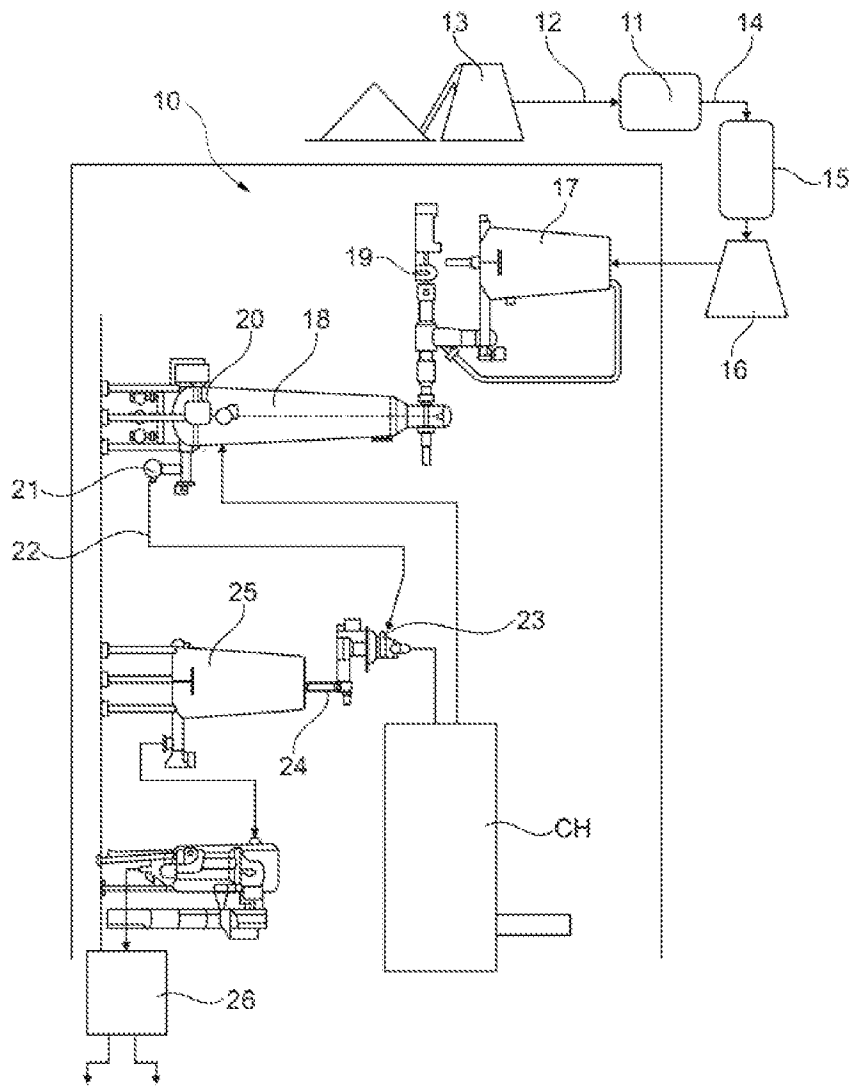


Fig. 1

Винахід відноситься до сфери валоризації лігноцелюлозної біомаси, зокрема для виробництва палива "чорні гранули" з високою теплотворною здатністю.

Галузь техніки

5 Перетворення лігноцелюлозної біомаси (деревина, сільськогосподарські відходи, побічні продукти сільського господарства та агропромислового комплексу) у високоенергетичну композицію, яку можна транспортувати та легко зберігати, дало б можливість розвинути та зміцнити промисловий сектор стаціонарної енергетики (біопаливо, що використовується у фіксованому місці, наприклад у житловому приміщенні, на відміну від інших видів біопалива) та зменшити вплив на навколишнє середовище (викиди CO₂ від викопного палива) за допомогою

10 біомаси, яка не містить добрив і фітосанітарних препаратів).
Чорні гранули — це вологостійкі циліндри довжиною від 1 до 3 см, які мають хорошу механічну міцність, що дозволяє зберігати та транспортувати їх подібно до вугілля. Під час їхнього згоряння утворюється мало золи з нижчою теплотворною здатністю (НТЗ), яка наближається до 18-20 Джоулів на грам сухої речовини.

15 Чорні гранули виготовляють з лігноцелюлозної біомаси, яку піддають термічній обробці з наступним різким зниженням тиску, в результаті чого формується водонепроникний матеріал для виробництва гранул або брикетів. Сировину фактично обробляють парою, яка вивільняє більш дрібні частинки, що забезпечує матеріалу міцну когезію під час фази агрегації або формування.

20 Паровий крекінг відрізняється від гідротермічної попередньої обробки, також відомої як водне фракціонування, сольволиз, гідротермоліз або гідротермічна обробка, тим, що остання включає використання води високої температури та високого тиску для сприяння подрібненню та відокремленню лігноцелюлозної матриці. Ця технологія не підходить для виробництва чорних гранул, оскільки одержувані продукти є переважно рідкими.

25 Гідротермічна попередня обробка, яку також називають водним фракціонуванням, сольволизом, гідротермолізом або гідротермічною обробкою, — це процес попередньої обробки гарячою водою з використанням води високої температури та високого тиску для сприяння подрібненню та відокремленню лігноцелюлозної матриці.

30 Паровий крекінг не можна порівнювати з жодними методами гідротермічної попередньої обробки, оскільки він використовує нагнітання пари з наступним різким зниженням тиску. Описаний у цій заявці винахід застосовує систему парового крекінгу для реалізації способу парового крекінгу без гідротермічної попередньої обробки.

Рівень техніки

35 З рівня техніки відомий європейський патент EP2373767B1, в якому описано спосіб серійного виробництва чорних гранул з матеріалу, що містить лігнін.

Згаданий спосіб включає етапи, які передбачають:

а) пропускання лігнінвмісного матеріалу з відносним вмістом води від 0 до 20 мас. % через реактор;

б) нагрівання лігнінвмісного матеріалу до 180-235 °C шляхом нагнітання пари в реактор;

40 в) витримування лігнінвмісного матеріалу в реакторі при досягнутій температурі протягом 1-12 хвилин для розм'якшення матеріалу і вивільнення лігніну;

г) зниження тиску в реакторі принаймні за один прийом; та

д) формування обробленого матеріалу в гранули або брикети.

45 Лігнінвмісний матеріал являє собою лігноцелюлозний матеріал, який складається з дерева, бамбука, багаси, соломи або трави, у вигляді стружки довжиною 25 мм. Остаточне зниження тиску в реакторі відбувається раптово шляхом парового вибуху, в результаті чого матеріал розділяється на волокна.

У [патенті США US2016/251611 A1] описано спосіб вирощування мікроорганізму, що включає стадію термічної обробки паровим крекінгом початкової лігноцелюлозної біомаси. Термічна обробка паровим крекінгом включає наступні етапи:

а) початкову біомасу піддають гідротермічній попередній обробці, просочуючи принаймні один раз целюлозний матеріал шляхом занурення;

б) целюлозний матеріал пропускають принаймні через один реактор під тиском. Далі целюлозний матеріал нагрівають до температури 170-230 °C.

55 Також у [патентах США US2016/153010A1 і US2012/006320A1] описано способи перетворення лігноцелюлозної біомаси в етанол та інші продукти методом безперервної гідротермічної попередньої обробки з подальшим ферментативним гідролізом, ферментацією та виділенням етанолу. В цих способах застосовано етап парового крекінгу, який включає:

60 а) поєднання просоченої кислотою сировини лігноцелюлозної біомаси з H₂O при температурі 140-230 °C і тиску від 75 фунтів на кв. дюйм надл. до приблизно 250 фунтів на кв.

дуюм надл. протягом приблизно 1-15 хвилин в зоні контакту для отримання продуктою парою матеріалу;

б) перенесення продуктою парою матеріалу в зону зниження тиску для утворення випареної фракції продуктою парою матеріалу протягом приблизно 2-30 хвилин;

5 в) випускання принаймні частини випареної фракції із зони зниження тиску для регулювання температури та тиску в зоні зниження тиску.

Недоліки рівня техніки

Відомі з попереднього рівня техніки способи виготовлення чорних гранул є перспективними. Однак вони мають певні недоліки, а саме: кількість енергії від певного об'єму гранул, хоча і перевищує кількість енергії від біомаси у вигляді стружки або білих гранул, все одно на 30-40 % нижча, ніж енергія від вугілля при тому ж об'ємі або масі.

Крім того, відомі способи пропонують переривчасті процеси обробки окремих порцій, тобто послідовну обробку об'ємів біомаси, що обмежує безпосередній вплив регулювання умов парового крекінгу.

15 Нарешті, відомі способи передбачають різні застосування, наприклад: спосіб вирощування мікробного організму або способи перетворення біомаси в етанол. Але вони не передбачають застосування у виробництві палива "чорні гранули".

Спосіб, запропонований винаходом

20 Щоб усунути згадані недоліки, цей винахід у самому загальному сенсі пропонує спосіб безперервного виготовлення порошкоподібного матеріалу, що має теплотворну здатність, більшу за теплотворну здатність початкової біомаси, який включає етап парового крекінгу та який відрізняється тим, що початкову біомасу, яка складається з елементів розміром від P16 до P100 за класифікацією розмірів частинок, з вологістю менше 27 %, безпосередньо піддають обробці парою методом парового крекінгу. В конкретному варіанті здійснення винаходу 25 початкова біомаса складається з елементів розміром від P25 до P100 за класифікацією розмірів частинок.

Таким чином, винахід пропонує спосіб безперервного виготовлення порошкоподібного матеріалу, що має теплотворну здатність, більшу за теплотворну здатність початкової біомаси, який включає етап парового крекінгу і який відрізняється тим, що початкову біомасу, яка складається з елементів розміром від P16 до P100 за класифікацією розмірів частинок, з вологістю менше 27 %, безпосередньо піддають обробці парою методом парового крекінгу.

В одному варіанті здійснення винаходу показник жорсткості умов проведення етапу парового крекінгу становить більше 3,7 і менше 4,2.

35 В іншому варіанті здійснення показник жорсткості умов проведення етапу парового крекінгу регулюють залежно від вмісту вуглецю в зразку біомаси, обробленої паровим крекінгом.

В іншому варіанті здійснення показник жорсткості умов проведення етапу парового крекінгу регулюють залежно від вмісту вуглецю у відпрацьованому газі.

Краще, якщо показник жорсткості умов проведення етапу парового крекінгу регулюють залежно від вмісту вуглецю в зразку біомаси, обробленої паровим крекінгом.

40 В конкретному варіанті здійснення винаходу показник жорсткості умов проведення етапу парового крекінгу регулюють на основі сигналу, генерованого датчиком рН.

В одному варіанті здійснення винаходу рН регулюють додаванням вапна, вуглекислого газу або дисоційованих форм вуглекислого газу.

45 Винахід також пропонує застосування запропонованого способу виготовлення порошкоподібного матеріалу для одержання гранульованого палива.

Винахід також пропонує установку парового крекінгу для здійснення запропонованого способу.

Детальний опис необмежуючого прикладу здійснення винаходу

50 Винахід стане більш зрозумілим з наступного детального опису необмежуючого прикладу його здійснення, при цьому на кресленні, що додається, схематично представлена установка для безперервного виробництва згідно з винаходом.

Опис прикладу установки

На фіг. 1 показано приклад виконання установки 10 парового крекінгу, зокрема для виробництва горючого матеріалу з біомаси, подрібненої на елементи розміром P16-P100 за класифікацією розмірів частинок, відповідно до винаходу. У кращому варіанті здійснення біомаса має елементи розміром P20-P100 або навіть P25-P100 за класифікацією розмірів частинок.

На фіг. 2 представлена таблиця, що показує характеристики фракцій різних розмірів відповідно до природи елементів, які складають матеріал.

60 В установку парового крекінгу подається біомаса, що складається з елементів розміром

P16-P100 за класифікацією розмірів частинок і з вмістом вологи менше ніж 27 %.

Розмір елементів визначається розміром елементів основної фракції (P) і розміром елементів, які визначають крупнозернисту фракцію (G). Елементи менше одного міліметра відносять до дрібнозернистої фракції. Основна фракція P повинна становити принаймні 80 % загального об'єму палива.

За розміром і процентним вмістом елементів, що складають основну фракцію (P), крупнозернисту фракцію (G) і дрібнозернисту фракцію, розмір елементів біомаси визначається відповідно до еталонного класу. Ці еталонні класи попередньо встановлені Європейським комітетом зі стандартизації (CEN/TS 14961) в документі технічної специфікації (CEN/TS), який є нормативним документом у галузях, де поточний стан техніки ще недостатньо стабільний для європейського стандарту.

Документ CEN/TS також вказує, що 80 % (від загального об'єму) палива повинно проходити крізь сито, що відповідає зазначеному класу розміру частинок, і повинно залишатися в ситі, що відповідає розміру частинок 3,15 мм.

Крупнозерниста фракція G не повинна перевищувати 1 % від загальної маси. Дрібнозерниста фракція не повинна перевищувати 5 % від загальної маси.

– P16 відповідає розміру частинок з 3,15 мм $\leq P \leq 16$ мм, а $G > 45$ мм

– P25 відповідає розміру частинок з 3,15 мм $\leq P \leq 25$ мм, а $G > 63$ мм

– P100 відповідає розміру частинок з 3,15 мм $\leq P \leq 100$ мм, а $G > 200$ мм.

Розмір частинок зразка брикету можна визначити за допомогою системи коливальних сит, ротаційного сита або системи вимірювання та візуалізації.

Біомасу подрібнюють гострими інструментами (лезами млинів) і безпосередньо піддають обробці паровим крекінгом без зволоження або будь-якої іншої обробки.

Термічну обробку біомаси проводять злегка насиченою парою при температурі 195-215 °C.

Час обробки становить 5-30 хвилин.

Показник жорсткості умов проведення обробки визначається за формулою: $FS = \text{Log}10(\text{час}(\text{хв}) * \text{exp}((T^{\circ}\text{C} - 100)/14,75))$. Чим вища температура та довший час обробки, тим більша жорсткість та більше перетворення в продукті.

Нижча теплотворна здатність (НТЗ) у перерахунку на сухий матеріал зростала в середньому на 0,7 Джоулів на грам, з варіацією 0,25-2 Джоулів на грам залежно від жорсткості термічної обробки, починаючи від 17-19 Джоулів на грам сухої початкової деревини, тобто приріст НТЗ становив 2-12 %, в середньому приблизно 4 %.

Залежно від жорсткості термічної обробки втрати матеріалу становили від кількох відсотків до 24 %.

Чим вищий ступінь жорсткості, тим більші втрати та більший приріст нижчої теплотворної здатності (НТЗ). Під час парового крекінгу впливу зазнають переважно геміцелюлози. Основними утворюваними розчинними леткими речовинами є фурфурол, оцтова кислота та мурашина кислота. Ці розчинні леткі речовини знаходяться в парі, що виділяється ("випарі"). Залежно від типу використовуваного бензину природа конденсату буває різною. Тому фурфурол є більш важливим для дуба (до 60 % летких органічних сполук (ЛОС), а для сосни переважною є оцтова кислота (до 50 % ЛОС).

Опис установки

Установка (10) містить молотковий млин (11), в який за допомогою шнека (12) подається біомаса. Перед подачею стружки у млин (11) всі негабаритні елементи видаляються сепаратором. У млині (11), який є млином для вологого подрібнення, біомаса подрібнюється на фрагменти розміром від P25 до P100 за класифікацією розмірів частинок.

Ковшовий навантажувач, який збирає біомасу з кагатів, створених на площадках для відкритого зберігання, завантажує її в бункер (13). Біомаса вивантажується з млина (11) на конвеєрну стрічку (14), оснащену конвеєрними вагами, яка потім транспортує її в приймальний бункер сушарки (15) для сушіння гарячим повітрям.

Вміст вологи в біомасі постійно контролює датчик вологості. Фрагменти біомаси виводять з бункера (16) планетарним шнеком і викладають на конвеєрну стрічку, яка транспортує їх до приймального бункера (17) реактора (18), що забезпечує безперервну обробку 15 тонн біомаси за годину.

Реактор (18) являє собою реактор під тиском, в який в нижню частину подається перегріта пара під тиском 18 бар і з температурою 250 °C. Цей вертикальний реактор має конічну форму, щоб уникнути закупорювання. Потік пари випускають з реактора в його верхній частині. На виході з реактора пара повертається в котел центрального опалення, в якому вона була вироблена.

Зазначається, що в реакторі (18) температура пари становить 203 °C, а тиск 16,7 бар.

Бункер (17) має форму усіченого еліпсоїда для полегшення потоку фрагментів біомаси.

Крім того, в бункері (17) знаходиться обертовий скребок, що штовхає фрагменти біомаси до подавального шнека (19). Подавальний шнек (19), який має конічну форму і поперечний переріз, що звужується при вході шнека в реактор (18), безперервно забирає задану кількість фрагментів біомаси з бункера (17), попередньо стискає її і проштовхує через прохід для шнека в реактор (18) під тиском. Розміри конічного отвору та шнека підібрані відповідно, щоб мінімізувати втрату тиску в реакторі та витіснити повітря, що міститься у фрагментах біомаси.

Слід зазначити, що сила стиснення, яку прикладає шнек до фрагментів біомаси, дає можливість ефективно витіснити частину залишкової води, присутньої у фрагментах біомаси.

В кінці шнека (19) спресовані фрагменти біомаси утворюють компактний блок, який потоком пари розсіюється в реакторі. Розсіяні фрагменти біомаси падають в реактор під дією сили тяжіння при нагріванні потоком пари і осідають поверх фрагментів, які раніше накопичилися на дні реактора, де вони продовжують нагріватися потоком пари.

Слід зазначити, що час утримування фрагментів біомаси в реакторі (18) регулюють відповідно до рівня фрагментів біомаси, які накопичилися на дні реактора. В цьому конкретному варіанті здійснення винаходу час утримування становить 7 хвилин, що відповідає показнику жорсткості умов проведення процесу 3,8. В нижній частині реактора (18) встановлений на вертикальній осі скребок (не показаний на фіг. 1) штовхає фрагменти біомаси до розвантажувального шнека (20), що дає можливість виводити фрагменти біомаси з реактора (18).

Розвантажувальний шнек (20) виштовхує фрагменти біомаси з реактора в напрямку до клапана (21) з регульованим отвором. Отвір цього клапана безперервно регулюється для контролювання потоку фрагментів біомаси, що виходять з реактора. Під тиском пари, що знаходиться в реакторі та/або шнеку (20), фрагменти біомаси безперервно виходять через отвір клапана (21) з дуже високою швидкістю і переносяться потоком пари, яка виходить разом з фрагментами біомаси з реактора, в компенсаційну трубу (22) до сепараційної установки (23).

Слід звернути увагу, що тиск в компенсаційній трубі поступово зменшується, поки не досягне тиску приблизно 1,1 бар в сепараційній установці. Таким чином, відбувається раптове зниження тиску фрагментів біомаси внаслідок повторного випаровування частини конденсаційної води, присутньої у фрагментах біомаси. Таке раптове розширення водяної пари призводить до появи зсувних зусиль в об'єднаних фрагментах біомаси, що викликає механічний розрив структури останньої.

В сепараційній установці (23) суміш фрагментів біомаси і пари надходить по дотичній до лопаті, що швидко обертається. Під дією відцентрової сили, створюваної цією лопаттю, фрагменти біомаси вкидаються в нагнітальний патрубок (24), а пара відводиться з сепараційної установки через клапан.

В цьому варіанті здійснення винаходу для відокремлення фрагментів біомаси від залишкової пари може бути використаний циклон під тиском. Слід зазначити, що відведена пара містить леткі речовини, які можна ефективно спалювати в котлі.

Фрагменти біомаси, що вкидаються в нагнітальний патрубок (24), відводяться в бункер (25) для зберігання, а потім в грануляторі (26) їх перетворюють на гранули діаметром приблизно 7 міліметрів і середньою довжиною 22 міліметри.

Регулювання умов парового крекінгу

Безперервна робота установки парового крекінгу дає можливість в реальному часі контролювати умови роботи, зокрема:

- показник жорсткості умов проведення процесу;
- рН біомаси.

Для цього можна проводити аналіз хімічних характеристик стоків або хімічних характеристик розчинених зразків біомаси, оброблених паровим крекінгом.

Аналіз стоків у режимі реального часу

Аналіз хімічних характеристик стоків у режимі реального часу дає можливість оцінити матеріальні втрати біомаси, обробленої паровим крекінгом, в результаті якого збільшується вміст вуглецю в стоках. Цю інформацію можна отримати в режимі реального часу за допомогою інфрачервоного датчика, розташованого в трубі для виведення стоків.

Сигнал, який передається в режимі реального часу зондом, є показником зміни рівня вуглецю в стоках. Цей сигнал використовується комп'ютером для модифікації параметрів установки парового крекінгу, а саме показника жорсткості умов проведення парового крекінгу, відповідно до функції, визначеної цілями: наприклад, максимальне підвищення нижчої теплотворної здатності (НТЗ).

Зонд також може аналізувати інші органічні сполуки, зокрема кисневмісні сполуки, і

надавати інформацію щодо органічних сполук в стоках, щоб регулювати параметри парового крекінгу.

Відбір в режимі реального часу зразків біомаси, обробленої паровим крекінгом

5 Установа парового крекінгу також може містити систему для відбору зразків біомаси, обробленої паровим крекінгом, в режимі реального часу з розчиненням цих зразків для збору інформації про хімічний склад за допомогою одного або кількох фізико-хімічних зондів, наприклад, визначення рН або аналізування складу органічних сполук.

Ця інформація потім використовується комп'ютером для автоматичної оптимізації параметрів установки парового крекінгу в режимі реального часу.

10 Застосування гранулювання

Для виробництва гранульованого палива з вологістю менше 10 % необхідно контролювати вологість кінцевого продукту перед гранулюванням.

Для цього початкова біомаса має низький вміст води до парового крекінгу, а саме менше 14 %, а краще менше 10 %.

15 Як варіант, початкова біомаса може бути оброблена паровим крекінгом при вмісті води більше 14 %, але менше 27 %. В цьому випадку етап сушіння біомаси, обробленої паровим крекінгом, здійснюють за установкою парового крекінгу, до або після гранулювання.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

20

1. Спосіб безперервного виготовлення порошкоподібного матеріалу, що має теплотворну здатність, більшу за теплотворну здатність біомаси до парового крекінгу, який включає етап парового крекінгу, де згадану біомасу, яка складається з елементів розміром від Р16 до Р100 за класифікацією розмірів частинок, з вологістю менше 27 % безпосередньо піддають обробці парю методом парового крекінгу за температури 195-215 °С протягом 5-30 хвилин, який **відрізняється** тим, що показник жорсткості умов проведення етапу парового крекінгу регулюють залежно від вмісту вуглецю у відпрацьованому газі, причому зазначений вміст вуглецю використовується комп'ютером для модифікації зазначеного показника жорсткості відповідно до заданої функції максимального підвищення нижчої теплотворної здатності (НТЗ) у реальному часі.

25

2. Спосіб безперервного виготовлення порошкоподібного матеріалу за п. 1, який **відрізняється** тим, що показник жорсткості умов проведення етапу парового крекінгу становить більше 3,7 і менше 4,2.

30

3. Спосіб безперервного виготовлення порошкоподібного матеріалу за п. 1 або 2, який **35** додатково включає етап гранулювання біомаси для виготовлення гранульованого палива.

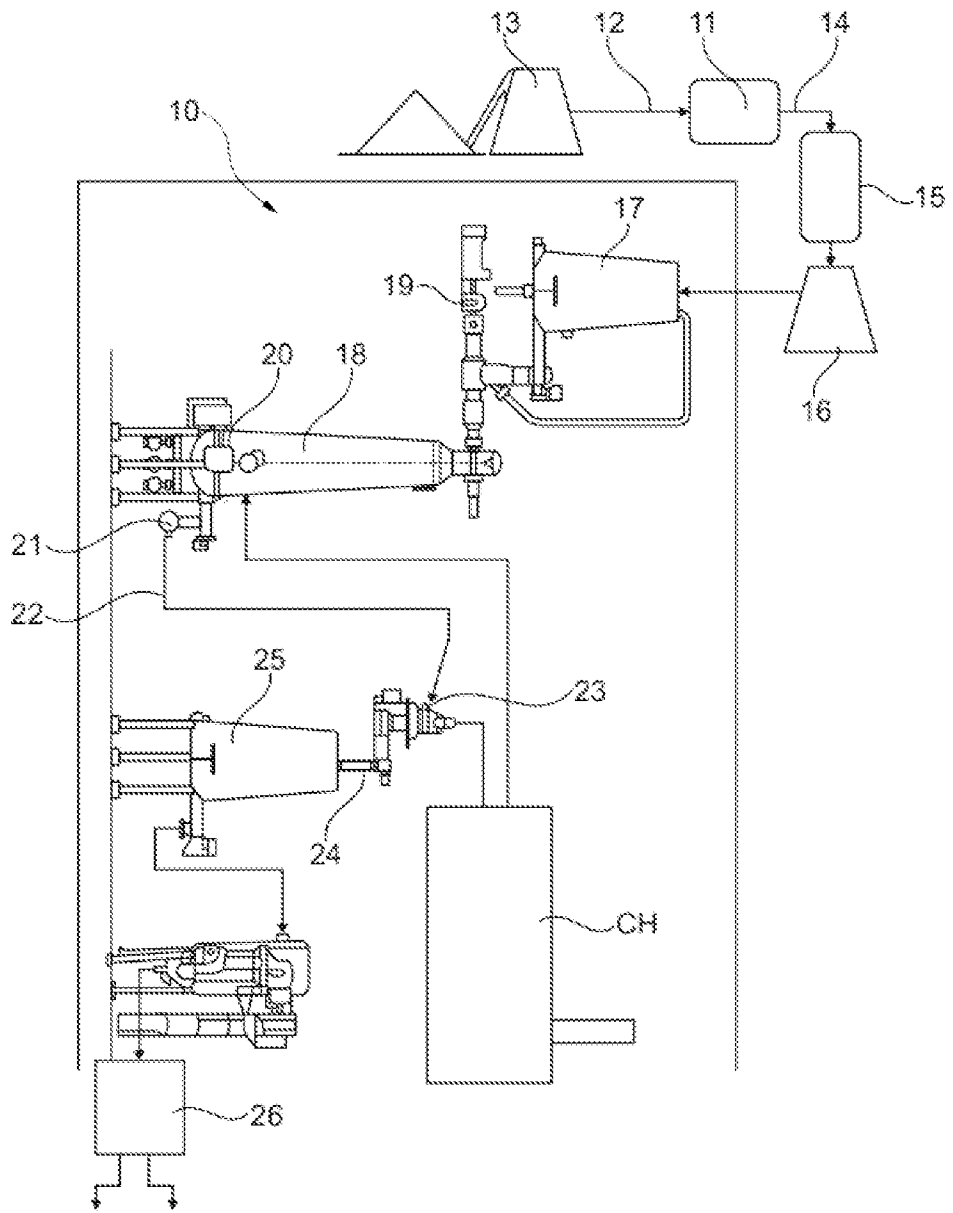


Fig. 1

	Основна фракція > 80% маси	Дрібнозерниста фракція < 5%	Фракція з розміром частинок більше ніж... (значення, наведені нижче) має становити < 1%
P87	$P < 8 \text{ мм}$	$< 1 \text{ мм}$	$< 45 \text{ мм}$
P16	$3.15 \text{ мм} \leq P \leq 16 \text{ мм}$	$< 1 \text{ мм}$	$> 46 \text{ мм, всі} < 85 \text{ мм}$
P45	$3.15 \text{ мм} \leq P \leq 45 \text{ мм}$	$< 1 \text{ мм}$	$> 63 \text{ мм}$
P63	$3.15 \text{ мм} \leq P \leq 63 \text{ мм}$	$< 1 \text{ мм}$	$> 100 \text{ мм}$
P100	$3.15 \text{ мм} \leq P \leq 100 \text{ мм}$	$< 1 \text{ мм}$	$> 200 \text{ мм}$
P300	$3.15 \text{ мм} \leq P \leq 300 \text{ мм}$	$< 1 \text{ мм}$	$> 400 \text{ мм}$

Фіг. 2