



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **119029** (13) **C2**
(51) МПК (2019.01)
C12M 1/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2014 05928	(72) Винахідник(и):	Медофф Маршалл (US), Мастерман Томас (US)
(22) Дата подання заявки:	18.11.2010	(73) Власник(и):	КСІЛЕКО, ІНК., 360 Audubon Road, Wakefield, MA 01880, USA (US)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	25.04.2019	(74) Представник:	Петров Андрій Володимирович
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	61/296,658	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	WO 2008/073186 A2, 19.06.2008 EP 2112226 A2, 28.10.2009 CZ 20060754 A3, 11.06.2008 US 5426024 A, 20.06.1995 US 2009053777 A1, 26.02.2009
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	20.01.2010		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	US		
(41) Публікація відомостей про заявку:	10.09.2014, Бюл.№ 17		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.04.2019, Бюл.№ 8		
(62) Номер та дата подання попередньої заявки, з якої виділено заявку, позначену кодом (21):	, а201209931, 18.11.2010		

(54) ДИСПЕРГУВАННЯ ПОЧАТКОВОЇ СИРОВИНИ І ПЕРЕРОБКА МАТЕРІАЛІВ

(57) Реферат:

Винахід належить до способу оцукрювання целюлозної або лігноцелюлозної сировини. Заявлено спосіб, який включає: оцукрювання сировини з біомаси в посудині при перемішуванні за допомогою струминного змішувача, при цьому вказана сировина з біомаси диспергована у рідкому середовищі за допомогою диспергуючої системи, яка забезпечує захоплення сировини і рідкого середовища з посудини і повернення вказаної сировини і рідкого середовища назад у посудину, причому вказана диспергуюча система містить камеру і, всередині камери, обертовий елемент, який захоплює вихідну сировину і рідке середовище всередину камери в осьовому напрямку і виштовхує з камери дисперсію вихідної сировини у вказаному середовищі в радіальному напрямку.

UA 119029 C2

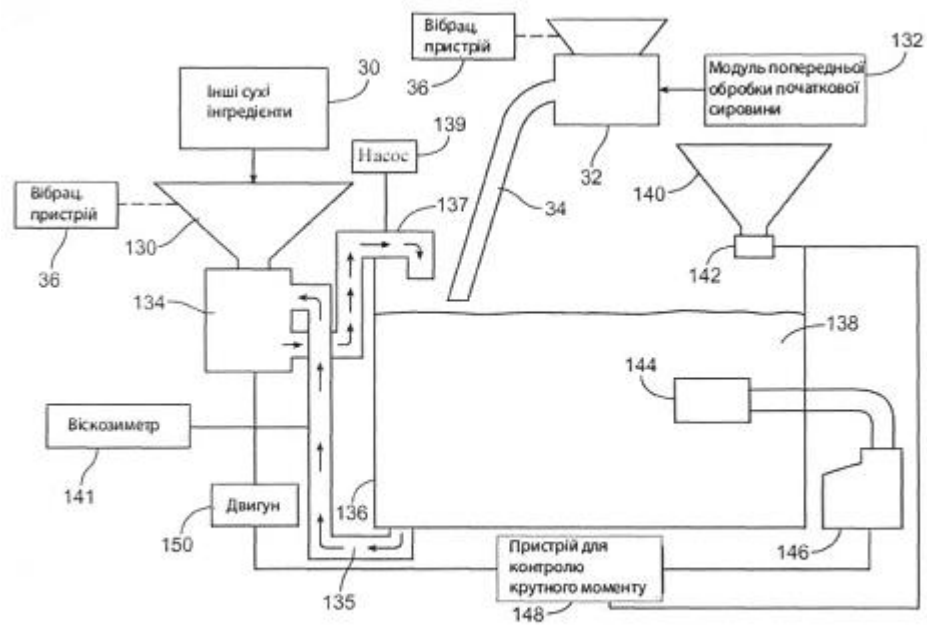


Fig. 2A

Целюлозні та лігноцелюлозні матеріали отримують, переробляють і застосовують у великих кількостях для багатьох цілей. Часто ці матеріали використовують один раз, а потім викидають у вигляді відходів або просто розглядають як відходи, такі як, наприклад, стічні води, вичавки, тирса та солома.

Різні целюлозні та лігноцелюлозні матеріали, їх використання та застосування були описані в патентах США №№ 7307108, 7074918, 6448307, 6258876, 6207729, 5973035 і 5952105 та в різних заявках на патент, у тому числі в "FIBROUS MATERIALS AND COMPOSITES", PCT/US2006/010648, поданій 23 березня 2006 року, і "FIBROUS MATERIALS AND COMPOSITES", публікації заявки на патент США № 2007/0045456.

У даній заявці запропоновані способи оцукрювання або розрідження матеріалу, наприклад целюлозної або лігноцелюлозної сировини шляхом перетворення целюлозної частини матеріалу в низькомолекулярні цукри, наприклад, за допомогою ферменту. Винахід також належить до перетворення початкової сировини в продукт, наприклад, за допомогою ферментації. Способи включають використання диспергуючих систем для диспергування волокнистої сировини і/або сировини у вигляді часток у рідкому середовищі.

У способах, запропонованих у даній заявці, можна використовувати матеріали з низькою об'ємною щільністю, наприклад целюлозну або лігноцелюлозну сировину, яка попередньо оброблена фізичними методами для надання об'ємної щільності менше ніж приблизно 0,75 г/см³, наприклад, менше ніж приблизно 0,7; 0,65; 0,60; 0,50; 0,35; 0,25; 0,20; 0,15; 0,10; 0,05 або менше, наприклад ніж 0,025 г/см³.

Такі матеріали може бути особливо важко диспергувати у рідинах, наприклад у воді або системі розчинників, з метою наступного оцукрювання, ферментації або іншої переробки. Внаслідок їх низької об'ємної щільності зазначені матеріали схильні плавати на поверхні рідини замість того, щоб піддаватися змочуванню й диспергуватися в рідині. У деяких випадках такі матеріали можуть бути гідрофобними, висококристалічними або проявляти інші властивості, які утруднюють їх змочування. У той же час бажано переробляти зазначену сировину з отриманням дисперсії з порівняно високим вмістом твердих речовин, щоб отримати після переробки високу кінцеву концентрацію цукру в оцукреному матеріалі або високу концентрацію необхідного продукту (наприклад, етанолу або іншого спирту (спиртів) після ферментації). У деяких випадках при застосуванні способів, описаних у даній заявці, вміст твердих речовин у дисперсії при переробці може становити, наприклад, щонайменше 10; 15; 20; 22,5; 25; 27,5; 30; 35; 40; 45 або навіть щонайменше 50 відсотків за масою розчинених твердих речовин. Наприклад, вміст твердих речовин може становити від приблизно 10 до 50 %, наприклад, приблизно від 10 до 40 %, від 10 до 30 % або від 10 до 20 %.

Автори винаходу виявили, що первинне диспергування початкової сировини, доданої в рідину, можна покращити шляхом застосування певного устаткування під час додавання сировини. Устаткування, описане в даній заявці, дозволяє швидко і легко диспергувати зазначену сировину чи інші тверді речовини або рідини, наприклад поживні речовини в рідині, завдяки чому в рідину можна ефективно додавати велику кількість початкової сировини. Таке ефективне диспергування початкової сировини сприяє зменшенню часу розрідження і, таким чином, високій продуктивності, й полегшує отримання суміші з високим вмістом твердих речовин.

В одному аспекті, даний винахід являє собою спосіб, який включає оцукрювання сировини з біомаси в посудині, при цьому зазначену сировину попередньо диспергують у рідкому середовищі за допомогою диспергуючої системи, яка містить камеру і обертальний елемент усередині камери, який забезпечує захоплення початкової сировини та рідкого середовища всередину камери в осьовому напрямку і виштовхує з камери дисперсію початкової сировини в зазначеному середовищі в радіальному напрямку.

Деякі варіанти реалізації включають одну або більше з наступних ознак. Об'ємна щільність початкової сировини може становити, наприклад, менше ніж приблизно 0,5 г/см³. Рідке середовище може включати воду. Запропонований спосіб може також включати подачу до посудини оцукрюючого агента, наприклад ферменту. Обертальний елемент може функціонувати як лопатеве колесо, а принцип дії обертового елемента всередині камери може бути оснований на принципі дії відцентрового насоса. Запропонований спосіб може також включати змішування за допомогою струминного змішувача в процесі оцукрювання. Обертальний елемент може включати перемішуючі елементи, розміщені співвісно з ротором, який розташований при взаємозв'язку ротор-статор з бічною стінкою камери. Диспергуюча система може також включати струминний змішувач. Запропонований спосіб може також включати подачу початкової сировини і/або оцукрюючого агента до посудини з джерела, розташованого поза посудиною, наприклад, установленого вище посудини або поруч із нею,

або на деякій відстані від посудини, і пов'язаного з посудиною за допомогою трубопроводу. Подача початкової сировини може включати нагнітання початкової сировини на поверхню рідкого середовища в посудині. Зазначений спосіб може також включати подачу потоку рідкого середовища з камери диспергуючої системи до початкової сировини на поверхні рідкого середовища для зволоження початкової сировини. Перед подачею до посудини початкова сировина може по суті перебувати в сухому стані, наприклад, при вологовмісті від 0,1 до 15 %. Джерело, з якого завантажують зазначені матеріали, може містити завантажувальний бункер, який може бути пов'язаний із вібраційним пристроєм. Диспергуюча система може включати безліч диспергуючих пристроїв.

Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, оцукрювання включає додавання початкової сировини до рідкого середовища окремими порціями і диспергування в рідке середовище кожної окремої порції сировини за допомогою диспергуючої системи перед додаванням іншої порції початкової сировини. Спосіб може також включати моніторинг у процесі оцукрювання рівня глюкози в суміші початкової сировини, рідкого середовища та оцукрюючого агента.

У процесі оцукрювання до посудини можна додавати додаткову початкову сировину та оцукрюючий агент і диспергувати в середовищі з застосуванням диспергуючої системи.

У ще одному аспекті, даний винахід являє собою пристрій для оцукрювання сировини, який містить (а) бак, (b) систему подачі, виконану з можливістю подачі сировини з біомаси і рідкого середовища до бака, (c) диспергуючу систему, виконану з можливістю диспергування сировини з біомаси в рідкому середовищі, (d) пристрій для подачі оцукрюючого агента, виконаний із можливістю подачі дозованої кількості оцукрюючого агента до бака, і (e) змішувач, виконаний із можливістю перемішування вмісту бака.

Деякі варіанти реалізації включають одну або більше з наступних ознак. Диспергуюча система містить камеру і обертальний елемент усередині камери, який забезпечує захоплення в камеру початкової сировини та рідкого середовища в осьовому напрямку і виштовхує з камери дисперсію початкової сировини в зазначеному середовищі в радіальному напрямку. Пристрій також містить контролер, який регулює роботу пристрою для подачі початкової сировини і/або пристрою для подачі оцукрюючого агента на основі вхідних даних від пристрою для контролю крутного моменту. У деяких випадках, змішувач являє собою струминний змішувач. Система подачі може включати нагнітач, виконаний із можливістю нагнітання початкової сировини на поверхню рідини в баку, при цьому диспергуючу систему можна виконати з можливістю подачі потоку рідини до сировини на поверхні рідини для зволоження зазначеної сировини.

У іншому аспекті, даний винахід являє собою спосіб, який включає оцукрювання сировини з біомаси в посудині, яка містить рідке середовище, при цьому сировина з біомаси була попередньо диспергована в рідкому середовищі шляхом нагнітання сировини з біомаси на поверхню рідкого середовища в посудині, приведення в контакт початкової сировини на поверхні з потоком рідини для зволоження початкової сировини і змішування початкової сировини та рідини, наприклад, із застосуванням струминного змішувача.

У деяких варіантах реалізації потік рідини подають за допомогою поршневого насоса прямого витіснення.

У додатковому аспекті, даний винахід являє собою спосіб, який включає оцукрювання сировини з біомаси в посудині, при цьому сировина з біомаси була завантажена до посудини шляхом нагнітання зазначеної сировини з біомаси на поверхню рідкого середовища і диспергована в рідкому середовищі за допомогою диспергуючої системи, яка містить камеру і обертальний елемент усередині камери, який забезпечує захоплення в камеру початкової сировини та рідкого середовища в осьовому напрямку і виштовхує з камери дисперсію початкової сировини в зазначеному середовищі у радіальному напрямку до сировини на поверхні рідкого середовища.

Спосіб може також включати змішування вмісту бака за допомогою струминного змішувача.

У ще одному аспекті, даний винахід являє собою пристрій для оцукрювання сировини, який містить (а) бак, (b) систему подачі, виконану з можливістю подачі сировини з біомаси і рідкого середовища до бака, який містить нагнітач для нагнітання сировини з біомаси в бак, (c) пристрій для подачі оцукрюючого агента, виконаний із можливістю подачі дозованої кількості оцукрюючого агента в бак, і (d) змішувач, виконаний із можливістю перемішування вмісту бака.

Способи, описані в даній заявці, в загальному випадку забезпечують порівняно швидке та ефективне зволоження початкової сировини з порівняно високим вмістом твердих речовин. За рахунок збільшення первинного вмісту твердих речовин у складі початкової сировини, яка міститься в суміші, зазначений процес може протікати більш швидко, більш ефективно та більш

рентабельно, при цьому в готовому продукті в загальному випадку можна отримати високі кінцеві концентрації.

Способи оцукрювання, описані в даній заявці, дозволяють перетворювати целюлозну або лігноцелюлозну сировину в зручну і концентровану форму, яку можна легко транспортувати і використовувати на іншому виробничому устаткуванні, наприклад устаткуванні, призначеному для ферментації розчинів цукру з отриманням спиртів, для виробництва продукту, наприклад палива, такого як етанол. Такі концентрати можуть містити менше води, що може призвести до значного зниження витрат при виробництві й транспортуванні.

Деякі способи, описані в даній заявці, включають оцукрювання початкової сировини і транспортування початкової сировини з віддалених місць, наприклад місць, де отримують або зберігають таку сировину, до місця розташування виробничого устаткування. У деяких випадках оцукрювання може відбуватися частково або повністю під час транспортування.

У деяких випадках системи, описані в даній заявці, або їх компоненти можуть бути пересувними, отже, систему можна перевозити (наприклад, залізничним, вантажним або морським транспортом) з одного місця в інше. Така мобільна переробка описана в патенті США № 12/374549 і міжнародній заявці № WO 2008/011598, повний вміст яких включений до даної заявки за допомогою посилання.

Типові продукти, які можна отримати, застосовуючи способи, описані в даній заявці, включають вуглеводні, білки, спирти (наприклад, одноатомні спирти або двоатомні спирти), такі як етанол, н-пропанол або н-бутанол, карбонові кислоти, такі як оцтова кислота або олійна кислота, солі карбонової кислоти, суміш карбонових кислот та солей карбонових кислот і складні ефіри карбонових кислот (наприклад, метилові, етилові та н-пропілові складні ефіри), кетони, альдегіди, альфа, бета-ненасичені кислоти, такі як акрилова кислота, олефіни, такі як етилен, і суміші будь-яких із зазначених сполук. Деякі приклади включають етанол, пропанол, пропіленгліколь, бутанол, 1,4-бутандіол, 1,3-пропандіол, метилові або етилові складні ефіри будь-якого з перерахованих спиртів, метилакрилат, метилметакрилат, молочну кислоту, пропіонову кислоту, олійну кислоту, бурштинову кислоту, 3-гідроксипропіонову кислоту, сіль будь-якої з зазначених кислот та суміш будь-яких із зазначених кислот і відповідні солі. Ці та інші продукти розглянуті в USSN 12/417900, вміст якого включений до даної заявки за допомогою посилання.

Об'ємну щільність визначають із застосуванням стандарту ASTM D1895B. Загалом, такий спосіб включає заповнення мірного циліндра відомого об'єму пробой і вимірювання маси проби. Об'ємну щільність розраховують шляхом ділення маси проби в грамах на відомий об'єм циліндра в кубічних сантиметрах.

Усі публікації, заявки на патент, патенти та інші посилання, згадані в даній заявці або додані до неї, включені в повному об'ємі за допомогою посилання, незалежно від того, що вони містять.

Фіг. 1 являє собою діаграму, яка пояснює ферментативний гідроліз целюлози з отриманням глюкози.

Фіг. 2 являє собою технологічну схему, яка пояснює перетворення початкової сировини в етанол шляхом виробництва і транспортування розчину глюкози.

Фіг. 2A являє собою схематичну ілюстрацію системи оцукрювання згідно з одним варіантом реалізації винаходу.

Фіг. 2B являє собою схематичну ілюстрацію системи оцукрювання згідно з іншим варіантом реалізації винаходу.

Фіг. 3 являє собою схематичну діаграму виробничого устаткування для отримання етанолу, яке було переустатковано для використання розчинів і суспензій, описаних у даній заявці.

Фіг. 4 являє собою схематичне зображення в перспективі диспергуючої системи згідно з одним варіантом реалізації винаходу.

Фіг. 5 і 5A являють собою, відповідно, схематичний поперечний розріз і зображення в перспективі диспергуючого пристрою, який можна застосовувати в диспергуючій системі, показаний на Фіг. 4.

Фіг. 6 являє собою схематичне зображення в перспективі диспергуючої системи згідно з іншим варіантом реалізації винаходу.

Фіг. 7 і 7A являють собою діаграми, які пояснюють альтернативні робочі режими диспергуючої системи, показаної на Фіг. 6.

Фіг. 8 являє собою схематичне зображення в перспективі диспергуючого елемента, який можна застосовувати в диспергуючій системі, показаний на Фіг. 6.

Фіг. 9 і 9A являють собою діаграми, на яких показаний струминний потік, що виходить із сопла.

Фіг. 10 являє собою схематичне зображення в перспективі струминної потокової мішалки згідно з одним варіантом реалізації винаходу. Фіг. 10А являє собою збільшене зображення в перспективі лопатевого колеса та розпилювача струминної потокової мішалки, показаної на Фіг. 10. Фіг. 10В являє собою збільшене зображення в перспективі альтернативного варіанта лопатевого колеса.

Фіг. 11 являє собою схематичне зображення нагнітача для подачі сировини з біомаси.

Фіг. 12 являє собою зображення в поперечному розрізі бака, який має куполоподібне дно і два струминні змішувачі, установлені в бак зверху.

Глюкан- і/або ксиланвмісні матеріали, наприклад, целюлозні та лігноцелюлозні матеріали, такі як матеріали, застосовувані в способах, описаних у даній заявці, біомасу (наприклад рослинну біомасу, біомасу з тварин, папір та біомасу з міських стічних вод) можна перетворити в перероблену сировину для виробництва корисних проміжних сполук і продуктів, таких як органічні кислоти, солі органічних кислот, ангідриди, складні ефіри органічних кислот і палива, наприклад палива для двигунів внутрішнього згоряння або для паливних комірок, як описано в даній заявці. У даній заявці описані системи та процеси, у яких як сировинні матеріали можна використовувати целюлозні і/або лігноцелюлозні матеріали, доступні у достатку, але за допомогою яких часто важко здійснити обробку зазначених целюлозних або лігноцелюлозних матеріалів, наприклад потоків міських стічних вод і потоків макулатури, наприклад потоків, які включають газетний папір, крафт-папір, гофрований папір або їх суміші. У цілому, за необхідності, матеріали можна обробити фізичними методами для подальшої переробки і/або після неї, часто шляхом подрібнювання. Якщо необхідно зменшити стійкість до розкладання матеріалу, використовують такі фізичні способи обробки як ферментація. Багато способів, описаних у даній заявці, можуть ефективно понизити рівень стійкості початкової сировини до розкладання, що полегшує її переробку, наприклад таку як біопереробка (наприклад за допомогою будь-якого мікроорганізму, описаного в даній заявці, такого як гомоацетогенна або гетероацетогенна бактерія і/або будь-якого ферменту, описаного в даній заявці), термічна переробка (наприклад, газифікація або піроліз) або хімічні методи (наприклад, кислотний гідроліз або окислювання). Сировину з біомаси можна обробити або переробити, застосовуючи один або більше з будь-яких способів, описаних у даній заявці, таких як механічна обробка, хімічна обробка, опромінення, обробка ультразвуком, окислювання, піроліз або паровий вибух. Різні системи та способи обробки можна застосовувати в комбінаціях із двох, трьох чи навіть чотирьох або більше із зазначених технологій чи інших способів, описаних у даній заявці та в інших публікаціях.

Для перетворення початкової сировини у форму, яку можна легко переробити на існуючому промисловому підприємстві, наприклад на заводі з виробництва білка одноклітинних, заводі з виробництва ферментів або заводі з виробництва палива, наприклад підприємстві з виробництва етанолу з зерна, способи, описані в даній заявці, дозволяють використовувати матеріали з низькою об'ємною щільністю, наприклад целюлозну або лігноцелюлозну сировину, яка попередньо була оброблена фізичними методами для досягнення об'ємної щільності менше ніж приблизно $0,75 \text{ г/см}^3$, наприклад, менше ніж приблизно 0,7; 0,65; 0,60; 0,50; 0,35; 0,25; 0,20; 0,15; 0,10; 0,05 або менше, наприклад ніж $0,025 \text{ г/см}^3$. Об'ємну щільність визначають із застосуванням стандарту ASTM D1895B. Якщо коротко, такий спосіб включає заповнення мірного циліндра відомого об'єму пробой і вимірювання маси пробой. Об'ємну щільність розраховують шляхом ділення маси пробой в грамах на відомий об'єм циліндра в кубічних сантиметрах.

Для перетворення початкової сировини у форму, яку можна легко переробити, глюкан- або ксиланвмісну целюлозу в початковій сировині гідролізують із утворенням низькомолекулярних вуглеводів, таких як цукри, за допомогою оцукрюючого агента, наприклад ферменту або кислоти, при цьому зазначений процес називають оцукрюванням. Далі, низькомолекулярні вуглеводи можна застосовувати, наприклад, на існуючому промисловому підприємстві, наприклад, на заводі з виробництва одноклітинного білка, заводі з виробництва ферментів або заводі з виробництва палива, наприклад підприємстві з виробництва етанолу.

Матеріали, які включають целюлозу, можна обробляти за допомогою оцукрюючого агента шляхом змішування матеріалу і оцукрюючого агента в рідкому середовищі, наприклад розчиннику, такому як водний розчин. Способи швидкого та ефективного диспергування матеріалу в рідкому середовищі докладно розглянуті нижче. Після диспергування матеріалу в зазначеному середовищі, оцукрюючий агент, матеріал і рідке середовище ретельно перемішують, у деяких випадках протягом усього процесу оцукрювання. У деяких варіантах реалізації, матеріал і/або оцукрюючий агент додають поступово, а не увесь за раз. Наприклад, частину матеріалу можна додати в рідке середовище, диспергувати в ньому і змішувати з

оцукрюючим агентом доти, поки матеріал щонайменше частково не перетвориться в цукор, у цей момент у середовищі диспергують другу частину матеріалу і додають до суміші. Зазначений процес можна продовжувати до отримання необхідної концентрації цукру.

Ферменти і організми, що руйнують біомасу, які розкладають біомасу, таку як целюозна і/або лігнінова частини біомаси, містять чи виробляють різні ферменти (целюлази), що розкладають клітковину, лігнінази або різні метаболіти з маленькими молекулами, що руйнують біомасу. Такі ферменти можуть являти собою сукупність ферментів, які діють синергічно та розкладають кристалічну целюлозу або лігнінові частини біомаси.

Приклади ферментів, що розкладають клітковину, включають: ендоглюканази, целобіогідролази та целобіази (Р-глюкозидази). На Фіг. 1 целюлозний субстрат спочатку гідролізують за допомогою ендоглюканаз у випадкових положеннях, отримуючи олігомерні проміжні сполуки. Зазначені проміжні сполуки являють собою субстрати для екзорозщеплюючих глюканаз, таких як целобіогідролаза, які використовують для отримання целобіози з кінцевих груп целюлозного полімеру.

Целобіоза являє собою водорозчинний 1,4-зв'язаний димер глюкози. У остаточному підсумку, целобіаза розщеплює целобіозу з утворенням глюкози. Придатні целюлази будуть розглянуті в даній заявці в наступному розділі.

Час, необхідний для виконання оцукрювання буде залежати від умов обробки і застосовуваних початкової сировини й ферменту. Якщо оцукрювання здійснюють у виробничій установці при контрольованих умовах, целюлозу можна по суті повністю перетворити в глюкозу протягом приблизно від 12 до 96 годин. Якщо оцукрювання частково або повністю здійснюють під час перевезення, цей процес може зайняти більше часу.

У деяких випадках, оцукрювання здійснюють при рН від приблизно 4 до 7, наприклад, від приблизно 4,5 до 6 або від приблизно 5 до 6.

У цілому, переважно, щоб кінцева концентрація глюкози в цукровому розчині була порівняно висока, наприклад більше ніж 10 %, або більше ніж 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, або навіть більше ніж 95 % за масою. Такі високі концентрації дозволяють зменшити об'єм при транспортуванні й також приглушують ріст мікроорганізмів у розчині. Після оцукрювання, об'єм води можна зменшити, наприклад, за рахунок випарювання або перегонки.

Порівняно високу концентрацію розчину можна отримати шляхом обмеження кількості середовища, наприклад води, яке додається до початкової сировини з ферментом. Концентрацію можна регулювати, наприклад, регулюючи інтенсивність процесу оцукрювання. Наприклад, концентрацію можна збільшити шляхом додавання до розчину більшої кількості початкової сировини. Розчинність початкової сировини в середовищі можна збільшити, наприклад, шляхом підвищення температури розчину і/або додавання поверхнево-активної речовини, як буде описано нижче. Наприклад, температуру розчину можна підтримувати в діапазоні від 40 до 50 °C, від 50 до 60 °C, від 60 до 80 °C або навіть вище.

На Фіг. 2 процес виробництва спирту, наприклад етанолу, може включати, наприклад, за необхідності, попередню обробку початкової сировини фізичними методами, наприклад для її подрібнювання (стадія 110), перед і/або після зазначеної обробки, обробку початкової сировини для зменшення її стійкості до розкладання (стадія 112) і оцукрювання початкової сировини для отримання цукрового розчину (стадія 114). Оцукрювання можна здійснити шляхом змішування дисперсії початкової сировини в рідкому середовищі, наприклад воді, з ферментом (стадія 111), як буде докладно розглянуто нижче. Під час або після оцукрювання, суміш (якщо оцукрювання доводиться частково або повністю здійснювати під час перевезення) або розчин можна транспортувати до виробничої установи, наприклад, із застосуванням трубопроводу, залізничного вагона, вантажівки або баржі (стадія 116). На заводі розчин можна піддати біопереробці для отримання необхідного продукту, наприклад етанолу (стадія 118), який потім додатково переробляють, наприклад, шляхом перегонки (стадія 120). Окремі стадії цього процесу будуть докладно описані нижче. За необхідності, стадії вимірювання вмісту лігніну (стадія 122) і установи або регулювання технологічних параметрів (стадія 124) можна здійснити на різних етапах процесу, наприклад, безпосередньо перед технологічною стадією (стадіями), застосовуваною для зміни структури початкової сировини, як показано. Якщо зазначені стадії включені, технологічні параметри регулюють таким чином, щоб компенсувати мінливість вмісту лігніну у початковій сировині, як описано в попередній заявці на патент США № 61/151724, поданій 11 лютого 2009 року, повний вміст якої включений до даної заявки за допомогою посилання.

Стадію змішування 111 і стадію оцукрювання 114 можна провести з застосуванням, наприклад, однієї з систем, показаних на Фіг. 2А та 2В. Зазначені системи містять бак 136, який спочатку містить рідке середовище, а пізніше містить суміш 138 рідкого середовища, початкової

сировини та оцукрюючого агента. Рідке середовище подають до бака через систему труб, оснащену клапанами (не показано). Зазначені системи також містять завантажувальний бункер 130, пов'язаний із диспергуючим блоком 134. Згідно з цим варіантом реалізації винаходу, показаним на Фіг. 2В, до завантажувального бункера 130 подають початкову сировину, яка була оброблена для її подрібнювання і, за необхідності, зменшення її стійкості до розкладання (стадії 110 і 112, див. вище) за допомогою модуля попередньої обробки початкової сировини 132. Згідно з обома варіантами реалізації винаходу, до завантажувального бункера можна завантажувати інші сухі інгредієнти, такі як дріжджі та поживні речовини, наприклад, з блока живлення 30. За необхідності, вібраційний пристрій 36 можна з'єднати з завантажувальним бункером для полегшення подачі матеріалу з завантажувального бункера. Запропонована система також містить диспергуючий блок 134. Рідке середовище засмоктують із бака до диспергуючого блока 134 і повертають до бака за допомогою диспергуючого блока через випускную трубу 137. Отвір випускної труби 137 може перебувати вище рівня рідини, як показано, або, у деяких випадках, може бути занурений у рідину в баку. У деяких випадках, залежно від виду використовуваного диспергуючого блока (як буде розглянуто нижче), запропонована система може містити насос 139, наприклад, поршневий насос прямого витіснення, виконаний із можливістю циркулювання рідкого середовища через диспергуючу систему, і/або віскозиметр 141 для контролю в'язкості дисперсії та приведення в дію насоса, коли виміряна в'язкість досягне заздалегідь установленого значення.

Згідно з цим варіантом реалізації винаходу, показаного на Фіг. 2А, початкову сировину подають до поверхні рідкого середовища в баку, наприклад, через пристрій для подачі 32, який містить завантажувальний трубопровід 34 (наприклад, шланг або трубку). Пристрій для подачі 32 можна також з'єднати з вібраційним пристроєм 36, щоб сприяти надходженню матеріалу до пристрою. Пристрій для подачі 32 може являти собою, наприклад, нагнітач, виконаний із можливістю нагнітання через шланг волокнистого і/або зернистого матеріалу з джерела в місце, віддалене від джерела, наприклад ізоляційний нагнітач, такий як нагнітач FORCE 3, доступний у компанії Intec, Фредерік, Колорадо. Приклад такого нагнітача 500 схематично показаний на Фіг. 11. У завантажувальний бункер 502 нагнітача 500 надходить матеріал із джерела матеріалу 504, наприклад, шляхом засмоктування матеріалу через впускний отвір 505 під дією вакууму 506. Будучи в бункері, матеріал піддають деагломерації за допомогою оберտального пристрою 508, який включає поворотні важелі 510, кінці яких з'єднані з гнучкими лопатями 512. Обертальний пристрій 508 також тягне матеріал униз через отвір 514 до повітряного шлюзу 516.

Подачу матеріалу до повітряного шлюзу дозують за допомогою пластинки або клапана 518. Повітряний шлюз 516 включає безліч обертальних лопаток 520, які утворюють камери 522. Нижня частина повітряного шлюзу 516 включає прохід 524, через який повітря нагнітається з блока подачі стисненого повітря (не показано) до випускної труби (наприклад, завантажувальний трубопровід 34, Фіг. 2А). Лопатки змітають матеріал до проходу окремими порціями, які видувуються до випускної труби, як тільки вони опиняються в місці, розташованому поруч із проходом. Обертальні лопатки 520 обертаються досить повільно, щоб кожна камера перебувала в положенні, що примикає до проходу досить довго, так що до випускної труби надходять як порція матеріалу, так і деяка кількість повітря. Таким чином, до випускної труби поперемінно надходять порції повітря й матеріалу. Коли матеріал проходить униз випускною трубою, яка може бути досить довгою, матеріал та повітря перемішуються, матеріал насичується повітрям і рівномірно переміщується через випускную трубу до бака. Швидкість обертання обертальних елементів у мішалці та повітряному шлюзі узгоджені між собою і можуть бути змінені користувачем залежно від початкової сировини, довжини випускної труби та інших змінних параметрів.

Як альтернатива, матеріал можна доставити до поверхні рідини, застосовуючи інші методи, такі як подача самопливом або шнековий конвеєр.

У деяких варіантах реалізації, бак обладнаний гнучкою, проникною для повітря кришкою або іншим пристроєм, виконаним із можливістю видалення повітря з бака при подачі початкової сировини, при запобіганні видуванню початкової сировини з бака і/або попаданню до бака забруднюючих речовин.

Коли сировинний матеріал подають через завантажувальний трубопровід 34 на поверхню рідини в баку, на зазначений матеріал через випускную трубу 137 диспергуючого блока 134 виливають рідину. Вилита рідина зволожує сировинний матеріал, змушуючи його поринати в рідину, де його можна диспергувати за допомогою диспергуючого блока 134, можливо, в комбінації з перемішуванням за допомогою струминного змішувача 144, описаного нижче.

У цілому, переважно, щоб диспергуючий блок 134 і струминний змішувач 144 функціонували, коли через завантажувальний трубопровід подають початкову сировину.

Згідно з варіантом реалізації винаходу, показаним на Фіг. 2В, початкову сировину подають до бака через завантажувальний бункер 130, до якого сировину можна завантажувати, наприклад, з модуля обробки початкової сировини 132, і направляють до диспергуючого блока 134, де її диспергують у рідкому середовищі, наприклад воді.

Згідно з обома варіантами реалізації винаходу, оцукрюючий агент подають до бака з завантажувального бункера 140, який містить дозуючий пристрій 142. Вміст бака перемішують, наприклад, із застосуванням одного або більше струминних змішувачів. Струминний змішувач 144 схематично зображений на Фіг. 2А та 2В; приклади придатних струминних змішувачів будуть докладно розглянуті нижче і також описані в попередній заявці на патент США № 61/218832, поданій 19 червня 2009 року, повний вміст якої тим самим включений до даної заявки за допомогою посилання. Струминний змішувач створює струмінь за допомогою двигуна 146, який приводить у дію насос і/або ротор (не показаний). Крутний момент, викликаний двигуном 146, корелює з рівнем твердих речовин у суміші, яка міститься в баку, який, у свою чергу, відображає ступінь, до якого відбулося оцукрювання суміші. Крутний момент вимірюють за допомогою пристрою для контролю крутного моменту 148, який посиляє сигнал двигуну 150, що приводить у дію конвеєр 130, і також до дозуючого пристрою 142 завантажувального бункера 140. Таким чином, подачу обробленої початкової сировини та ферменту можна переривати і відновлювати як функцію оцукрювання вмісту бака. Дані, виміряні за допомогою пристрою для контролю крутного моменту, можна також застосовувати для регулювання параметрів струминного змішувача, наприклад, встановлення більш низьких об./хв у випадку змішувача, в якому використовують ротор, або встановлення більш низької швидкості струменя у випадку змішувача, який працює від насоса. Замість пристрою для контролю крутного моменту або поряд із ним система може містити амперний контрольно-вимірювальний пристрій (не показано), який вимірює силу струму в амперах при повному навантаженні двигуна. У деяких випадках, струминний змішувач може включати частотно-регульований електропривід (VFD), який дозволяє регулювати швидкість двигуна.

Система може також включати тепловізійний контрольно-вимірювальний пристрій (не показано), який контролює температуру рідкого середовища та регулює швидкість подачі початкової сировини і/або умови змішування у відповідь на підвищення температури. Такий контур температурного зворотного зв'язку можна застосовувати для запобігання підвищенню температури рідкого середовища до рівня, при якому відбувається денатурування ферменту.

При застосуванні в системах, описаних у даній заявці, одного або більше насосів, у цілому переважно застосовувати поршневі насоси прямого витіснення (ПВ), наприклад, гвинтові насоси кавітаційного типу або шнекові насоси ПВ.

У деяких випадках, виробнича установка може являти собою, наприклад, існуючу установку для отримання етанолу з зерна чи цукру або установку, яка була переустановлена шляхом видалення чи виведення з експлуатації устаткування, розташованого вище за потоком відносно системи біопереробки (яка в типовій установці для отримання етанолу, загалом, включає устаткування з прийому зерна, молотковий млин, суспензійний змішувач, устаткування для теплової обробки і устаткування для зрідження). Таким чином, початкову сировину, отриману в такій установці, безпосередньо завантажують до устаткування для ферментації. Переустановлена установка схематично показана на Фіг. 3. Застосування існуючої установки для отримання етанолу з зерна або цукру описане подібним чином у патенті США № 12/704521, поданому 11 лютого 2010 року, повний зміст якого включений до даної заявки за допомогою посилання.

Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, замість того, щоб перемістити оцукрену початкову сировину (цукровий розчин) до окремої виробничої установки або навіть до окремого бака, до цукрового розчину вносять затравку і викликають ферментацію в тому ж баку або іншій посудині, використовуваній для оцукрювання.

Ферментацію можна проводити в тій же посудині або можна почати подібним способом, а потім завершити при транспортуванні, як описано вище. Оцукрювання та ферментація в одному баку описані в попередній заявці на патент США № 61/296673, поданій 20 січня 2010 року, повний вміст якої включений до даної заявки за допомогою посилання.

Загалом, рівень кисню в бродильній посудині варто контролювати, наприклад, шляхом моніторингу рівня кисню і вентиляції бака або аерування суміші, за необхідності. Також бажано контролювати рівень етанолу в посудині, щоб при падінні рівня етанолу можна було зупинити процес ферментації, наприклад, шляхом нагрівання або введення бісульфіту натрію. Інші способи припинення ферментації включають додавання перекису (наприклад, надоктової кислоти або перекису водню), додавання бурштинової кислоти або її солі, охолодження вмісту посудини або зниження швидкості барботування кисню. Можна використовувати комбінації

будь-яких двох або більше з перерахованих способів. Якщо ферментацію варто провести або завершити під час транспортування, транспортувальну посудину (наприклад бак на залізничному вагоні або автоцистерну) можна оснастити блоком керування, який включає контрольно-вимірювальний пристрій для контролю кисню та контрольно-вимірювальний пристрій для контролю етанолу, і системою подачі для введення до бака і/або системи бісульфіту натрію (або іншої добавки для завершення ферментації") для регулювання параметрів у баку та припинення ферментації.

За необхідності, під час ферментації можна використовувати струминне перемішування, і якщо ферментацію проводять у тій же посудині, що й оцукрювання, можна використовувати це ж устаткування. Однак, згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, струминне перемішування не є необхідним. Наприклад, якщо ферментацію проводять під час транспортування, рух залізничного вагона або автоцистерни може забезпечити достатнє перемішування.

ДИСПЕРГУВАННЯ ТА ЗМІШУВАННЯ

Диспергування

Диспергуючий блок 134 може включати будь-який вид диспергуючого устаткування, яке зволожує початкову сировину за допомогою рідкого середовища. Багато диспергуючих блоків включають камеру та ротор, установлений у камері таким чином, щоб початкова сировина і рідке середовище всмоктувалися в напрямку до ротора в осьовому напрямку й вимушено переміщалися назовні в радіальному напрямку до периферії ротора й, тим самим, через випускний отвір блока, подібно до відцентрового насоса. Залежно від конструкції диспергуючого блока, може бути необхідним резервний насос (насос 139, розглянутий вище) для засмоктування текучого середовища через диспергуючий блок при високих в'язкостях. Деякі диспергуючі блоки сконструйовані таким чином, щоб створювати дуже високий статичний тиск текучого середовища всередині блока; при застосуванні таких блоків, резервний насос, у цілому, не потрібен.

Один приклад придатної диспергуючої системи 300 показаний на Фіг. 4-5 А. Така система характеризується порівняно низьким засмоктуванням і тому зазвичай застосовують резервний насос.

Диспергуюча система 300 містить прийомний бункер 302, що може приймати початкову сировину з великого бункера чи мішка (не показано) або іншого джерела і направляти її до диспергуючого блока 301. Диспергуючий блок 301 включає корпус 304, що обмежує диспергуючу камеру 306 (Фіг. 5А), впускний отвір для рідини 308, впускний отвір для твердих речовин 310 (Фіг. 5А), пов'язаний із бункером 302, і випускний отвір 312. Диспергуюча система 300 також включає двигун 314, який приводить у дію диспергуючий блок 301, інтерфейс пристрою керування 316 для користувача і блок під тиском 318, який допомагає підтримати цілісність ущільнювальних прокладок усередині диспергуючого блока 301. Клапан (не показано) розташований між прийомним бункером 302 та впускним отвором для твердих речовин 310 і дозволяє дозувати подачу твердих речовин до диспергуючого блока 301.

Внутрішня структура диспергуючого блока 301 показана на Фіг. 5-5А. Після проходження через впускний отвір для твердих речовин 310, тверді речовини переміщуються вниз за рахунок шнека 320, коли вони вступають у контакт із рідиною, яка надходить через впускний отвір для рідини 308. Потім рідина та тверді речовини змішуються під дією ряду змішувальних лопатей 322 і остаточно за допомогою ротора 324 (детально показаного на Фіг. 5А), який розташований у компонуванні ротор/статор відносно бічної стінки камери 306. Такий ряд перемішуючих елементів зволожує тверді речовини за допомогою рідини, при зростаючих рівнях зсуву, що призводить до утворення по суті гомогенної дисперсії, яка виходить через випускний отвір 312. Лопатеве колесо, згідно з принципом Вентурі, створює великий перепад тиску між камерою 306 і бункером 302, внаслідок чого утворюється вакуум і, таким чином, сприяє засмоктуванню матеріалу з бункера в камеру.

Інша придатна диспергуюча система 400 показана на Фіг. 6-8. Ця система комерційно доступна в компанії IKA® Works, Уілмінгтон, Північна Кароліна, під торгівельною маркою CMS 2000. Диспергуюча система 400, при поставці, містить бак для рідини 402. Однак, за необхідності, можна не використовувати порівняно маленький бак 402, і частину системи, що залишилася, перекачати по трубах до більш великого бака, наприклад промислового резервуара для рідкого середовища (не показано). Система 400 також включає прийомну лійку для твердих речовин 403, диспергуючий блок 401, який містить корпус 404, що має структуру, аналогічну структурі корпусу 304, розглянутого вище, двигун 414, інтерфейс пристрою керування 416 для користувача і блок під тиском 418.

Основна відмінність між диспергуючими системами 400 і 300 полягає у внутрішній структурі диспергуючих блоків 401 і 301. Диспергуючий блок 401, детально показаний на Фіг. 8, включає ротор 420, який функціонує як лопатеве колесо і генерує дуже високий статичний тиск текучого середовища всередині блока. У результаті, диспергуючий блок функціонує подібно до відцентрового насоса, при цьому резервний насос, загалом, не потрібний, навіть при порівняно високих в'язкостях.

Ротор 420 захоплює рідину з бака в камеру 406 через впускний отвір 408 при високій швидкості всмоктування. Рідина та тверді речовини (які надходять через впускний отвір 410) захоплюються в осьовому напрямку до ротора 420 при високому тиску і залишають ротор 420 у радіальному напрямку при високій швидкості турбулентного потоку, який диспергує початкову сировину в рідину. По суті, через випускний отвір 412 з камери виходить гомогенна дисперсія і направляється до бака для оцукрювання.

Диспергуюча система 400 може працювати в різних режимах, приклади яких показані на Фіг. 7 і 7А. На Фіг. 7, диспергуючий блок 401 завантажують шляхом подачі початкової сировини до завантажувального бункера 422, який встановлений на впускному отворі для твердих речовин корпуса 404. Клапан 424 регулює подачу початкової сировини до диспергуючого блока 401. Початкову сировину можна завантажити, застосовуючи будь-яку необхідну технологію подачі, наприклад, вручну, за допомогою конвеєра, пневматичного завантажувача тощо. На Фіг. 7А початкова сировина захоплюється з мішка або бункера 424 за допомогою всмоктувального зонда 426. У цьому випадку подачу початкової сировини можна контролювати шляхом регулювання швидкості всмоктування. Можна використовувати інші схеми розташування.

Початкову сировину можна завантажувати до диспергуючого блока безперервно або періодично, при цьому диспергуюча система може працювати в рециркулюючому або "одноразовому" режимі. За необхідності, диспергуючий блок можна застосовувати для змішування в процесі оцукрювання, після завершення первинного диспергування.

Струминне перемішування

Після того, як початкову сировину було по суті дисперговано в рідині, може бути бажаним вимкнути диспергуючу систему і використовувати для подальшого перемішування змішувач, який споживає менше енергії. Зокрема, корисні змішувачі для цієї мети відомі як "струминні змішувачі". У цілому, придатні змішувачі відрізняються тим, що вони створюють високошвидкісний циркуляційний потік, наприклад потік у тороїдальній або еліптичній формі. У цілому, переважні змішувачі демонструють високу швидкість об'ємного потоку. Переважні змішувачі забезпечують ефективне перемішування при порівняно низькому споживанні енергії. Також, загалом, переважно, коли змішувач характеризується порівняно низьким зсувом і не призводить до нагрівання рідкого середовища, оскільки зсув і/або тепло можуть згубно впливати на оцукрюючий агент (або мікроорганізм, наприклад, у випадку ферментації). Як буде докладно розглянуто нижче, деякі переважні змішувачі засмоктують суміш через впускний отвір до перемішуючого елемента, який може містити ротор або лопатеве колесо, а потім виштовхують суміш із перемішуючого елемента через вихідне сопло. Такий циркулюючий вплив і висока швидкість струменя, який виходить із сопла, сприяють диспергуванню матеріалу, який плаває на поверхні рідини, або матеріалу, який осів на дно бака, залежно від орієнтації перемішуючого елемента. Перемішуючі елементи можна встановити в різних орієнтаціях для диспергування як плаваючого на поверхні, так і осідаючого матеріалу, при цьому орієнтацію перемішуючих елементів у деяких випадках можна регулювати.

У деяких переважних системах для змішування швидкість v_0 струменя, який вступає в контакт із зовнішнім текучим середовищем, становить від приблизно 2 до 300 м/с, наприклад, приблизно від 5 до 150 м/с або приблизно від 10 до 100 м/с. Споживана потужність системи для перемішування може становити від приблизно 20 до 1000 кВт, наприклад, від 30 до 570 кВт, від 50 до 500 кВт або від 150 до 250 кВт для 100000 л бака.

Струминне перемішування включає нагнітання з високою швидкістю затопленого струменя або декількох затоплених струменів рідини в текуче середовище, у даному випадку, до суміші сировини з біомаси, рідкого середовища та оцукрюючого агента. Струмін рідини пронизує текуче середовище, при цьому його енергія розсіюється за рахунок турбулентності й невеликого попереднього нагрівання. Зазначена турбулентність пов'язана з градієнтами швидкості (зрушенням текучого середовища). Рух навколишнього текучого середовища прискорюється і воно втягується в струминний потік, при цьому зазначений вторинний захоплений потік розширюється в міру збільшення відстані від струминного сопла. Кінетична енергія вторинного потоку, загалом, залишається постійною при розширенні струменя, якщо тільки потік не вдаряється об стінку, підлогу або іншу перешкоду. Чим довше триває рух потоку перед його зіткненням із якою-небудь перешкодою, тим більше рідини втягується у вторинний потік, що

збільшує об'ємний потік у баку або посудині. Коли вторинний потік натрапить на перешкоду, він втратить кінетичну енергію, більше або менше залежно від геометрії бака, наприклад кута, під яким потік ударяється об перешкоду. Загалом, бажано орієнтувати струмені і/або проектувати бак таким чином, щоб гідрравлічні втрати при зіткненні зі стінками бака були мінімальними.

Наприклад, може бути бажаним, щоб бак мав дугоподібне дно (наприклад, куполоподібний донний лист), а струминні змішувачі були орієнтовані порівняно близько до бічних стінок, як показано на Фіг. 12. Дно бака (нижній донний лист) може мати будь-яку необхідну куполоподібну конфігурацію або може мати еліптичну чи конічну геометрію.

Струминне перемішування відрізняється від більшості видів перемішування рідини/рідини і рідини/тверда речовина тим, що рушійна сила є гідрравлічною, а не механічною. Замість зсуву текучого середовища і змушеного його руху по всьому змішувачу, як діє механічна мішалка, струминний змішувач змушує текуче середовище рухатися через одне або більше сопел усередині бака, створюючи високошвидкісні струмені, які утягують інше текуче середовище. Результатом є зсув (текучого середовища відносно текучого середовища) і циркуляція, які дозволяють ефективно перемішувати вміст бака.

На Фіг. 9 високий градієнт швидкості між потоком центральної частини з затопленого струменя і навколишнім текучим середовищем викликає завихрення. На Фіг. 9А показані загальні характеристики затопленого струменя. Коли затоплений струмінь поширюється в навколишнє зовнішнє середовище, профіль швидкостей вирівнюється в міру збільшення відстані (x) від сопла. Крім того, градієнт швидкості dv/dr змінюється з r (відстанню від осьової лінії струменя) при даній відстані x , так що утворюються завихрення, які створюють зону змішування (конічне розширення, яке проходить від сопла).

При експериментальному вивченні затопленого струменя в повітрі (результати якого застосовні до будь-якого текучого середовища, у тому числі води), Albertson зі співавторами ("Diffusion Submerged Jets", Paper 2409, Amer. Soc. of Civil Engineers Transactions, Vol. 115: 639-697, 1950, at p. 657) вивів безрозмірні залежності для v_0 (швидкість по осі), $v(r)_x / v(x)_{r=0}$ (профіль швидкостей при заданому x), Q_x / Q_o (втягування потоку) і E_x / E_o (зміна енергії з x):

(1) швидкість по осі, $v(x)_{r=0} / v_0$:

$$\frac{v(r=0)}{v_o} \frac{x}{D_o} = 6.2,$$

(2) профіль швидкостей при будь-якому x , $v(r)_x / v(x)_{r=0}$

$$\log \left[\frac{v(r)_x}{v_o} \right] = 0.79 - 33 \frac{r^2}{x^2},$$

(3) потік і енергія при будь-якому x :

$$\frac{Q_x}{Q_o} = 0.32 \frac{x}{D_o} \quad (10.21)$$

$$\frac{E_x}{E_o} = 4.1 \frac{D_o}{x} \quad (10.22),$$

де:

$v(r=0)$ = швидкість по осі затопленого струменя (м/с),

v_o = швидкості струменя на виході з сопла (м/с),

x = відстань від сопла (м),

r = відстань від осьової лінії струменя (м),

D_o = діаметр сопла (м),

Q_x = потік текучого середовища через будь-яку задану площину на відстані x від сопла ($\text{м}^3/\text{с}$),

Q_o = потік текучого середовища, який виходить із сопла ($\text{м}^3/\text{с}$),

E = потік енергії текучого середовища через будь-яку задану площину на відстані x від сопла ($\text{м}^3/\text{с}$),

E_o = потік енергії текучого середовища, який виходить із сопла ($\text{м}^3/\text{с}$).

("Water Treatment Unit Processes: Physical and Chemical", David W. Hendricks, CRC Press 2006, p. 411.)

Струминне перемішування є особливо рентабельним при застосуванні великого об'єму (понад 1000 галон) і низькій в'язкості (до 1000 сП). Крім того, в цілому, переважно, в більшості випадків насос або двигун струминного змішувача не занурені під воду, наприклад, при застосуванні насоса, він, як правило, розташований поза посудиною.

Одна перевага струминного перемішування полягає в тому, що температура зовнішнього текучого середовища (крім середовища, що безпосередньо прилягає до виходу з сопла, де може мати місце деяке локалізоване нагрівання) зростає тільки незначно, якщо зростає взагалі. Наприклад, температура може зрости не більше, ніж на 5 °C, не більше, ніж на 1 °C, або на величину, яка не піддається вимірюванню.

Струминні мішалки

Один тип струминної мішалки показаний на Фіг. 10-10A. Цей тип змішувача є комерційно доступним, наприклад, у компанії ПСА під торгівельною маркою ROTOTRON™. На Фіг. 10 змішувач 200 містить двигун 202, який обертає привідний вал 204. Перемішувачий елемент 206 установлений на кінці привідного вала 204. Як показано на Фіг. 10A, перемішувачий елемент 206 включає кожух 208 і лопатеве колесо 210 усередині кожуха. Як показано стрілками, при обертанні лопатевого колеса в його "передньому" напрямку, лопатеве колесо 210 захоплює рідину через відкритий верхній кінець 212 кожуха і змушує рідину переміщатися через відкритий нижній кінець 214. Рідина, що виходить із кінця 214, перебуває у вигляді високошвидкісного потоку або струменя. Якщо напрям обертання лопатевого колеса 210 змінюють на протилежний, рідину можна засмоктати через нижній кінець 214 і виштовхнути через верхній кінець 212. Таку процедуру можна застосовувати, наприклад, для захоплення твердих речовин, які плавають біля або на поверхні рідини в баку чи посудині. (Відзначимо, що "верхній" і "нижній" належать до орієнтації змішувача, зображеного на Фіг. 10; змішувач можна орієнтувати в баку таким чином, що верхній кінець буде нижче нижнього кінця.)

Кожух 208 містить розширені ділянки 216 і 218, що прилягають до його кінців. Як вважають, такі розширені ділянки, в цілому, сприяють утворенню тороїдального потоку, який спостерігають при застосуванні зазначеного типу змішувача. Геометрія кожуха і лопатеве колесо також дозволяють концентрувати потік з утворенням високошвидкісного потоку при порівняно низькій споживаній потужності.

Переважно, коли зазор між кожухом 208 і лопатевим колесом 210 достатній, щоб уникнути надмірного дроблення матеріалу при проходженні його через кожух. Наприклад, зазор може щонайменше в 10 разів перевищувати середній розмір часток твердих речовин у суміші, переважно, щонайменше в 100 разів.

У деяких варіантах реалізації, вал 204 виконаний таким чином, щоб мати можливість подавати газ через вал. Наприклад, вал 204 може містити канал (не показано), через який подають газ, і один або більше отворів, через які газ надходить до суміші. Зазначені отвори можуть розташовуватися всередині кожуха 208 для посилення перемішування і/або в інших місцях по всій довжині вала 204.

Лопатеве колесо 210 може мати будь-яку необхідну геометрію, яка дозволить засмоктати рідину через кожух на високій швидкості. Лопатеве колесо переважно являє собою морське лопатеве колесо, показане на Фіг. 10A, але може мати іншу конструкцію, наприклад являти собою лопатеве колесо Рустона, показане на Фіг. 10B, або модифіковане лопатеве колесо Рустона, наприклад, нахилене таким чином, щоб забезпечити невеликий потік у осьовому напрямку.

Щоб створити високошвидкісний потік через кожух, двигун 202 переважно являє собою високошвидкісний двигун із високим крутним моментом, наприклад, здатний працювати при швидкостях від 500 до 20000 об./хв. наприклад, від 3000 до 10000 об./хв. Однак чим більший змішувач (наприклад, чим більший кожух і/або чим більший двигун), тим нижчою може бути швидкість обертання. Відповідно, при застосуванні великого змішувача, наприклад, із потужністю 5 к.с., 10 к.с., 20 к.с. або 30 к.с. чи більше, двигун можна виконати таким чином, щоб він працював при більш низьких швидкостях обертання, наприклад менше ніж 2000 об./хв., менше ніж 1500 об./хв. або навіть 500 об./хв., або ще менше. Наприклад, змішувач із розміром, який дозволяє перемішати вміст 10000-20000 літрового бака, може працювати при швидкостях від 900 до 1200 об./хв. Крутний момент двигуна переважно є саморегулюючим, що дозволяє підтримувати порівняно постійну швидкість лопатевих коліс при зміні умов перемішування з часом, наприклад, внаслідок оцукрювання твердих речовин.

Переважно змішувач можна орієнтувати під будь-яким необхідним кутом або встановлювати в будь-якому положенні в баку для направлення струминного потоку в необхідному напрямку.

Крім того, як описано вище, залежно від напрямку обертання лопатевого колеса, змішувач можна застосовувати для захоплення текучого середовища з одного або іншого кінця кожуха.

У деяких варіантах реалізації, у посудині встановлюють два або більше струминні змішувачі, при цьому один або більше змішувач, виконаний із можливістю викидання струменя текучого середовища в напрямку вгору ("насос для нагнітання вгору"), і один або більше змішувач, виконаний із можливістю викидання струменя текучого середовища в напрямку вниз ("насос для нагнітання вниз"). У деяких випадках, змішувач із насосом для нагнітання вгору встановлюють таким чином, щоб він примикав до змішувача з насосом для нагнітання вниз, для посилення турбулентного потоку, створюваного змішувачами. За необхідності, під час переробки один або більше змішувачів можна перемикають, нагнітаючи то зростаючий, то спадний потоки. Може бути вигідним, під час початкового диспергування початкової сировини в рідкому середовищі, перемикають всі або більшість змішувачів у режим нагнітання вгору, зокрема, якщо початкову сировину вивантажують або видують на поверхню рідини, оскільки нагнітання вгору створює значну турбулентність біля поверхні. Нагнітання вгору також можна використовувати в процесі ферментації, щоб сприяти видаленню CO₂ з рідини, викликаючи барботування цього газу до поверхні, звідки він може бути видалений шляхом вентиляції.

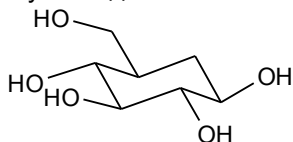
Інші придатні струминні змішувачі описані в попередніх заявках на патент США №61/218832, поданій 19 червня 2009 року, і № 12/782694, поданій 24 травня 2010 року, повний зміст яких включено до даної заявки за допомогою посилання.

МАТЕРІАЛИ

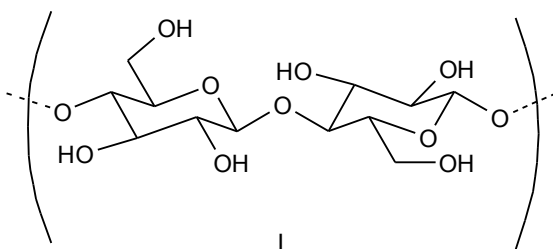
Матеріали з біомаси

Біомаса може являти собою, наприклад, целюлозний або лігноцелюлозний матеріал. Такі матеріали включають папір і паперову продукцію (наприклад папір із полімерним покриттям і крафт-папір), деревину, матеріали, споріднені з деревиною, наприклад деревостружкову дошку, трави, рисові лушпайки, вичавки, джут, прядиво, льоноволокно, бамбук, сизаль, манільське прядиво, солому, прутевидне просо, люцерну, сіно, стержні кукурудзяного качана, солому з кукурудзи, кокосові нитки; і матеріали з високим змістом а-целюлози, наприклад бавовну. Початкову сировину можна отримати з бракованих текстильних матеріалів, які не були у вживанні, наприклад обрізків, відходів після використання споживчих товарів, наприклад ганчірок. При застосуванні паперової продукції, такого роду продукти можуть являти собою матеріали, що не були у вживанні, наприклад браковані матеріали, або вони можуть являти собою відходи після використання споживчих товарів. Крім сировинних матеріалів, що не були у вживанні, як джерела волокна також можна застосовувати відходи після використання споживчих товарів, промислові відходи (наприклад побічні продукти переробки), і виробничі відходи (наприклад стоки від процесу облагороджування паперу). Сировину з біомаси також можна отримати або вилучити з побутових (наприклад стічні води), тваринних або рослинних відходів. Додаткові целюлозні та лігноцелюлозні матеріали були описані в патентах США №№ 6448307, 6258876, 6207729, 5973035 і 5952105.

Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, матеріал біомаси містить вуглевод, який являє собою або містить матеріал, що має один або більше β-1,4-містків, і середня молекулярна маса якого становить від приблизно 3000 до 50000. Такий вуглевод являє собою або містить целюлозу (I), отриману з (β-глюкози 1) шляхом конденсації β-(1,4)-глікозидних зв'язків. Зазначений місток відрізняється від містка для α-(1,4)-глікозидних зв'язків, присутніх у крохмалі та інших вуглеводах.



1



I

Крохмалисті матеріали включають сам крохмаль, наприклад кукурудзяний крохмаль, пшеничний крохмаль, картопляний крохмаль або рисовий крохмаль, похідну крохмалю або матеріал, який включає крохмаль, такий як їстівний продукт харчування або сільськогосподарська культура. Наприклад, крохмалистий матеріал може являти собою аракачу їстівну, гречку, банан, ячмінь, маніоку, кудзу, кислицю бульбову, саго, сорго, звичайну добре знайому картоплю, солодку картоплю, таро, ямс чи один або більше видів бобів, таких як кінські боби, сочевиця або горох. Суміші будь-яких двох або більше крохмалистих матеріалів також являють собою крохмалисті матеріали.

У деяких випадках біомаса являє собою мікробний матеріал. Мікробні джерела включають, але не обмежуються ними, будь-який природний чи генетично модифікований мікроорганізм або організм, який містить чи здатний забезпечити джерело вуглеводів (наприклад, целюлози), наприклад, протисти, наприклад, тваринні протисти (наприклад, найпростіші організми, такі як флагелати, амебоїдні організми, інфузорії та споровики), і рослинні протисти (наприклад, водорості, такі як альвеолярні, хлорарахніофітові, криптомонадові, еугленідові, глаукофітові, гаптофітові, червоні водорості, страмінопіли та Viridaplantae). Інші приклади включають морську водорість, планктон (наприклад макропланктон, мезопланктон, мікропланктон, нанопланктон, пікопланктон і фемтопланктон), фітопланктон, бактерії (наприклад грам-позитивні бактерії, грам-негативні бактерії та екстремофіли), дріжджі і/або їх суміші. У деяких випадках, мікробну біомасу можна отримати з природних джерел, наприклад океану, озер, водойм, наприклад із солоною водою чи прісною водою, або на суші. Як альтернатива або додатково, мікробну біомасу можна отримати з клітинних культур, наприклад, промислових сухих і вологих клітинних культур.

Оцукрюючі агенти

Придатні ферменти включають целобіази та целюлази, здатні розкладати біомасу. Придатні целобіази включають целобіазу з *Aspergillus niger*, яка надходить у продаж під торгівельним найменуванням NOVOZYME 188™.

Целюлази здатні розкладати біомасу і можуть бути грибового або бактеріального походження. Придатні ферменти включають целюлази з родів *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Humicola*, *Fusarium*, *Thielavia*, *Acremonium*, *Chrysosporium* та *Trichoderma* і включають види *Humicola*, *Coprinus*, *Thielavia*, *Fusarium*, *Myceliophthora*, *Acremonium*, *Cephalosporium*, *Scytalidium*, *Penicillium* або *Aspergillus* (див., наприклад, EP 458162), зокрема целюлази, отримані за допомогою штаму, вибраного з видів *Humicola insolens* (рекласифікованого як *Scytalidium thermophilum*, див., наприклад, патент США № 4,435,307), *Coprinus cinereus*, *Fusarium oxysporum*, *Myceliophthora thermophila*, *Meripilus giganteus*, *Thielavia terrestris*, *Acremonium* sp., *Acremonium persicinum*, *Acremonium acremonium*, *Acremonium brachypenum*, *Acremonium dichromosporum*, *Acremonium obclavatum*, *Acremonium pinkertoniae*, *Acremonium roseogriseum*, *Acremonium incoloratum* і *Acremonium furatum*; переважно, з видів *Humicola insolens* 5 DSM 1800, *Fusarium oxysporum* DSM 2672, *Myceliophthora thermophila* CBS 117.65, *Cephalosporium* sp. RYM-202, *Acremonium* sp. CBS 478.94, *Acremonium* sp. CBS 265.95, *Acremonium persicinum* CBS 169.65, *Acremonium acremonium* AHU 9519, *Cephalosporium* sp. CBS 535.71, *Acremonium brachypenum* CBS 866.73, *Acremonium dichromosporum* CBS 683.73, *Acremonium obclavatum* CBS 311.74, *Acremonium pinkertoniae* CBS 157.70, *Acremonium roseogriseum* CBS 134.56, *Acremonium incoloratum* CBS 146.62 і *Acremonium furatum* CBS 299.70H. Ферменти, що розкладають клітковину, можна також отримати з *Chrysosporium*, переважно, штаму *Chrysosporium lucknowense*. Крім того, можна використовувати *Trichoderma* (зокрема *Trichoderma viride*, *Trichoderma reesei* і *Trichoderma koningii*), *alkalophilic Bacillus* (див., наприклад, патент США 15 № 3844890 і EP 458162) і *Streptomyces* (див., наприклад, EP 458162).

Можна використовувати комплекси ферментів, наприклад комплекси, доступні від компанії Genencore під торговельним найменуванням ACCELLERASE®, наприклад, Accellerase® 1500. Ферментний комплекс Accellerase® 1500 містить кілька видів ферментної активності, головним чином, екzogлюканазу, ендоглюканазу (2200-2800 од. СМC/г), геміцелюлазу і бета-глюкозидазу (525-775 од. рNPG/г) і має pH від 4,6 до 5,0. Ендоглюканазну активність ферментного комплексу виражають у одиницях активності карбоксиметилцелюлози (од. СМC), тоді як бета-глюкозидазну активність наводять у одиницях активності рNP-глюкозиду (од. рNPG). Згідно з одним варіантом реалізації винаходу, застосовують суміш ферментного комплексу Accellerase® 1500 і целобіази NOVOZYME™ 188.

У деяких варіантах реалізації, оцукрюючий агент містить кислоту, наприклад, мінеральну кислоту. При застосуванні кислоти можуть утворитися побічні продукти, які токсичні для мікроорганізмів, у цьому випадку описаний процес може також включати видалення таких

побічних продуктів. Видалення можна здійснити з застосуванням активованого вугілля, наприклад, активованого деревного вугілля або іншими придатними методами.

Агенти для Ферментації

Мікроорганізм (мікроорганізми), застосовуваний при ферментації, може являти собою природні мікроорганізми і/або генно-інженерні мікроорганізми. Наприклад, мікроорганізм може являти собою бактерію, наприклад, бактерію, що розкладає клітковину, гриб, наприклад, дріжджі, рослину або протист, наприклад, водорість, найпростіші або грибоподібний протист, наприклад, міксоміцет. При сумісності організмів можна використовувати їх суміші.

Придатні ферментуючі мікроорганізми проявляють здатність до перетворення вуглеводів, таких як глюкоза, ксилоза, арабіноза, маноза, галактоза, олігосахариди або полісахариди, у продукти ферментації. Ферганські мікроорганізми включають штами роду *Sacchromyces* spp. наприклад, *Sacchromyces cerevisiae* (пекарські дріжджі), *Saccharomyces distaticus*, *Saccharomyces uvarum*; роду *Kluuyveromyces*, наприклад, вид *Ktuyveromyces marxianus*, *Kluuyveromyces fragilis*; роду *Candida*, наприклад, *Candida pseudotropicalis* і *Candida brassicae*, *Pichia stipitis* (родич *Candida shehatae*), роду *Clavispora*, наприклад, вид *Clavispora lusitaniae* і *Clavispora opuntiae*, роду *Pachysolen*, наприклад, вид *Pachysolen tannophilus*, роду *Bretannomyces*, наприклад, вид *Bretannomyces clausenii* (Philippidis, G. P., 1996, *Cellulose bioconversion technology*, в *Handbook on Bioethanol: Production and Utilization*, Wyman, C.E., ed., Taylor & Francis, Washington, DC, 179-212).

Комерційно доступні дріжджі включають, наприклад, Red Star®/Lesaffre Ethanol Red (доступні в компанії Red Star/Lesaffre, США), FALI® (доступні в компанії Fleischmann's Yeast, відділення компанії Bums Philip Food Inc., США), SUPERSTART® (доступні в компанії Alltech, тепер компанія Lalemand), GERT STRAND® (доступні в компанії Gert Strand AB, Швеція) і FERMOL® (доступні в компанії DSM Specialties).

При ферментації можна також застосовувати бактерії, наприклад, *Zymomonas mobilis* і *Clostridium thermocellum* (Philippidis, 1996, supra).

ДОБАВКИ

Антибіотики

Хоча, в цілому, переважно мати високу концентрацію цукру в оцукреному розчині, можна використовувати більш низькі концентрації, у цьому випадку може бути бажаним додати протимікробну добавку, наприклад антибіотик широкого спектра дії, при низькій концентрації, наприклад, від 50 до 150 ppm. Інші придатні антибіотики включають амфотерицин В, ампіцилін, хлорамфенікол, ципрофлоксацин, гентаміцин, гігromіцин В, канаміцин, неоміцин, пеніцилін, пуроміцин, стрептоміцин. Антибіотики будуть, інгібувати ріст мікроорганізмів при транспортуванні та зберіганні, при цьому їх придатні концентрації можуть становити, наприклад, від 15 до 1000 ppm за масою, наприклад, у діапазоні від 25 до 500 ppm або в діапазоні від 50 до 150 ppm. За необхідності, можна додати антибіотик, якщо навіть концентрація цукру порівняно висока.

Поверхнево-активні речовини

Додавання поверхнево-активних речовин може збільшити швидкість оцукрювання. Приклади поверхнево-активних речовин включають неіонногенні поверхнево-активні речовини, такі як поліетиленгліколеві поверхнево-активні речовини Tween® 20 або Tween® 80, іонногенні поверхнево-активні речовини або амфотерні поверхнево-активні речовини. Інші придатні поверхнево-активні речовини включають октилфенолетоксилати, такі як неіонногенні поверхнево-активні речовини серії TRITON™ X, комерційно доступні в компанії Dow Chemical. Поверхнево-активну речовину можна також додавати, щоб утримати цукор, який утворюється, в розчині, зокрема, у висококонцентрованих розчинах.

Середовище для оцукрювання

Згідно з одним варіантом реалізації винаходу, середовище містить компоненти з наступними концентраціями:

основа азотного агару для	1,7 г/л
дріжджів	
сечовина	2,27 г/л
пептон	6,56 г/л
Поверхнево-активна	
речовина Tween® 80	10 г/л.

ФІЗИЧНА ОБРОБКА ПОЧАТКОВОЇ СИРОВИНИ ФІЗИЧНА ПІДГОТОВКА

У деяких випадках способи можуть включати фізичну підготовку, наприклад подрібнювання матеріалів, наприклад, шляхом різання, перемелювання, відрізання, розтирання в порошок або рубання. Наприклад, у деяких випадках початкову пухку сировину (наприклад папір вторинної переробки, крохмалисті матеріали, вугілля або просо прутоподібне) підготовляють шляхом розрізання або подрібнювання. Наприклад, в інших випадках матеріал спочатку попередньо обробляють або переробляють, застосовуючи один чи більше з будь-яких способів, описаних у даній заявці, таких як випромінювання, обробка ультразвуком, окислювання, піроліз або паровий вибух, а потім подрібнюють або додатково подрібнюють. Спочатку обробка, а потім подрібнювання можуть бути переважними, оскільки оброблені матеріали проявляють схильність до більшої крихкості і, отже, більш легко піддаються подрібнюванню. Для видалення з сировинного потоку занадто великих або небажаних об'єктів, таких як, наприклад, камені або цвяхи, можна застосовувати сита і/або магніти.

Системи підготовки завантажувального матеріалу можна виконати таким чином, щоб отримати потоки з конкретними характеристиками, такими як, наприклад, певні максимальні розміри, певні відношення довжини до ширини або відношення питомих поверхонь. Фізична підготовка дозволяє збільшити швидкість реакцій або зменшити необхідний час переробки за рахунок розкриття матеріалів, роблячи їх більш доступними для процесів і/або реагентів, таких як реагенти в розчині. Можна контролювати об'ємну щільність початкової сировини (наприклад, у сторону збільшення). У деяких випадках, може бути бажаним отримання матеріалу з низькою об'ємною щільністю, загущення матеріалу (наприклад, щоб зробити його транспортування в інше місце більш зручним і менш дорогим) і потім повернення матеріалу до стану з більш низькою об'ємною щільністю.

Подрібнювання

Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, матеріал, що піддають переробці, перебуває у вигляді волокнистого матеріалу, який містить волокна, отримані шляхом розрізання джерела волокон. Наприклад, розрізання можна здійснити за допомогою різального інструменту з дисковим ножом.

Наприклад, джерело волокон, наприклад, яке не піддається обробці або зі зниженим рівнем стійкості до розкладання, можна розрізати, наприклад, у різальному інструменті з дисковим ножом, з отриманням першого волокнистого матеріалу. Перший волокнистий матеріал проходить через перше сито, наприклад, із середнім розміром отвору, який становить 1,59 мм або менше (1/16 дюйма, 0,0625 дюйма), з отриманням другого волокнистого матеріалу. За необхідності, джерело волокон можна розрізати на частини перед подрібнюванням, наприклад, за допомогою шредера. Наприклад, при застосуванні паперу як джерела волокон, папір можна спочатку розрізати на смужки шириною, наприклад, від 1/4- до 1/2-дюйма, застосовуючи шредери, наприклад шредер із гвинтом протилежного обертання, такий як машини, вироблені компанією Munson (Ютика, Нью-Йорк). Як альтернатива розрізанню на смужки, папір можна подрібнити шляхом розрізання до необхідного розміру в гільйотинній різальній машині. Наприклад, гільйотинну різальну машину можна застосовувати для розрізання паперу на листи, наприклад, шириною 10 дюймів і довжиною 12 дюймів.

Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, розрізання джерела волокон і проходження першого волокнистого матеріалу, що утворився, через перше сито здійснюють одночасно. Розрізання та проходження можна також здійснити в періодичному процесі.

Наприклад, різальний інструмент із дисковим ножом можна застосовувати для одночасного розрізання джерела волокон і просіювання першого волокнистого матеріалу. Різальний інструмент із дисковим ножом включає бункер, який можна завантажити подрібненим джерелом волокон, отриманим у результаті його подрібнювання. Початкову сировину подрібненого волокон у деяких варіантах реалізації перед оцукрюванням і/або ферментацією обробляють фізичними методами. Способи фізичної обробки можуть включати один або більше з будь-яких способів, описаних у даній заявці, таких як механічна обробка, хімічна обробка, опромінення, обробка ультразвуком, окислювання, піроліз або паровий вибух. Способи обробки можна застосовувати в комбінаціях із двох, трьох, чотирьох або навіть всіх із зазначених технологій (у будь-якому порядку). При застосуванні більше, ніж одного способу обробки, зазначені способи можна використовувати одночасно або в різний час. Можна також застосовувати інші способи, які змінюють молекулярну структуру сировини з біомаси, окремо або в комбінації зі способами, описаними в даній заявці.

Механічна обробка

У деяких випадках, способи обробки можуть включати механічну обробку сировини з біомаси.

Механічна обробка включає, наприклад, різання, дроблення, пресування, перемелювання, розрізання і рубання. Дроблення може включати, наприклад, розміл у кульовому млині, розміл у молотковій дробарці, сухий або вологий розміл на роторному/статорному верстаті або інші види дроблення. Інші способи механічної обробки включають, наприклад, жорновий помел, розламування, механічне поздовжнє різання або механічне розривання, помел у круглошліфувальному верстаті або помел у пневматичному фрикційному млині.

Механічна обробка може бути переважною, якщо необхідно зробити целюлозні або лігноцелюлозні матеріали "розкритими", піддати їх "напруженню", руйнуванню і розпушенню, зробити целюлозні матеріали більш піддатливими для розриву ланцюгів і/або зниження кристалічності. Відкриті матеріали також можуть більш легко піддаватися окислюванню при опроміненні.

У деяких випадках механічна обробка може включати початкову підготовку початкової сировини при отриманні, наприклад, подрібнювання матеріалів, наприклад, шляхом різання, дроблення, розрізання, розтирання в порошок або рубання. Наприклад, у деяких випадках, пухку початкову сировину (наприклад, папір вторинної переробки, крохмалісті матеріали або прутковидне просо) підготовляють шляхом різання або подрібнювання.

Як альтернатива або додатково, початковий сировинний матеріал можна спочатку обробити фізичними методами за допомогою одного або більше з інших способів фізичної обробки, наприклад, за допомогою хімічної обробки, випромінювання, обробки ультразвуком, окислювання, піролізу або парового вибуху, а потім обробити механічно. Такий цикл обробки може бути вигідним, оскільки матеріали, оброблені з застосуванням одного або більше з інших способів обробки, наприклад, опромінення або піролізу, проявляють схильність до більшої крихкості і, отже, процес подальшої зміни молекулярної структури матеріалу за допомогою механічної обробки можна здійснити з більшою легкістю.

Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, сировинний матеріал перебуває в формі волокнистого матеріалу, і його механічна обробка включає розрізання для розкриття волокон волокнистого матеріалу. Розрізання можна здійснити, наприклад, за допомогою різального інструменту з дисковим ножом. Інші способи механічної обробки початкової сировини включають, наприклад, дроблення або перемелювання. Дроблення можна здійснити, наприклад, у молотковому млині, кульовому млині, колоїдному млині, конічному або конусному млині, дисковому млині, бігунковому млині, млині Уайлі або борошномельному млині. Перемелювання можна здійснити, наприклад, за допомогою жорнової дробарки, круглошліфувального верстата, кавового млина або гратознімача. Перемелювання можна забезпечити, наприклад, за допомогою штифта, який робить зворотно-поступальні рухи, або іншого елемента, як це має місце в штифтовому млині. Інші механічні способи обробки включають механічне поздовжнє різання або механічне розривання, інші способи, у яких до матеріалу прикладають тиск і помел у пневмонічному фрикційному млині. Придатні методи механічної обробки також включають будь-які інші способи, які змінюють молекулярну структуру початкової сировини.

За необхідності, механічно оброблений матеріал можна пропускати через сито, наприклад, із середнім розміром отвору 1,59 мм або менше (1/16 дюйма, 0,0625 дюйма). Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, розрізання або іншу механічну обробку і просівання виконують одночасно. Наприклад, різальний інструмент із дисковим ножом можна застосовувати для одночасного розрізання і просівання початкової сировини. Початкову сировину розрізають між нерухомими лезами та обертовими лезами з отриманням розрізаного матеріалу, який проходить через сито й надходить до резервуара.

Целюлозний або лігноцелюлозний матеріал можна механічно обробляти в сухому стані (наприклад, коли на його поверхні міститься небагато незв'язаної води або незв'язана вода відсутня), в гідратованому стані (наприклад, при вмісті абсорбованої води до десяти відсотків за масою) або у вологому стані, наприклад, при вмісті від приблизно 10 відсотків до приблизно 75 відсотків за масою води. Джерело волокна можна навіть механічно обробляти, коли воно частково або повністю занурене в рідину, таку як вода, етанол або ізопропанол.

Джерело волокнистого целюлозного або лігноцелюлозного матеріалу можна також механічно обробляти в газовому середовищі (наприклад, у потоці або атмосфері газу, відмінного від повітря), наприклад, кисню або азоту, або пари.

За необхідності, лігнін можна видаляти з будь-яких волокнистих матеріалів, які включають лігнін. Крім того, щоб сприяти руйнуванню матеріалів, які містять целюлозу, матеріал можна обробляти до або під час механічної обробки чи опромінення за допомогою тепла, хімічної сполуки (наприклад, мінеральної кислоти, основи або сильного окислювача, такого як

гіпохлорит натрію) і/або ферменту. Наприклад, перемелювання можна здійснити в присутності кислоти.

Системи механічної обробки можна виконати таким чином, щоб отримувати потоки з певними морфологічними властивостями, такими як, наприклад, площа поверхні, пористість, об'ємна щільність, і, у випадку волокнистої сировини, з такими характеристиками волокна, як відношення довжини до ширини.

Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, площа поверхні за методом Брунауера-Еммета-Теллера механічно обробленого матеріалу становить більше ніж $0,1 \text{ м}^2/\text{г}$, наприклад, більше ніж $0,25 \text{ м}^2/\text{г}$, більше ніж $0,5 \text{ м}^2/\text{г}$, більше ніж $1,0 \text{ м}^2/\text{г}$, більше ніж $1,5 \text{ м}^2/\text{г}$, більше ніж $1,75 \text{ м}^2/\text{г}$, більше ніж $5,0 \text{ м}^2/\text{г}$, більше ніж $10 \text{ м}^2/\text{г}$, більше ніж $25 \text{ м}^2/\text{г}$, більше, ніж $35 \text{ м}^2/\text{г}$, більше ніж $50 \text{ м}^2/\text{г}$, більше ніж $60 \text{ м}^2/\text{г}$, більше ніж $75 \text{ м}^2/\text{г}$, більше, ніж $100 \text{ м}^2/\text{г}$, більше, ніж $150 \text{ м}^2/\text{г}$, більше ніж $200 \text{ м}^2/\text{г}$ або, навіть більше ніж $250 \text{ м}^2/\text{г}$.

Пористість механічно обробленого матеріалу може становити, наприклад, більше ніж 20 відсотків, більше ніж 25 відсотків, більше ніж 35 відсотків, більше ніж 50 відсотків, більше ніж 60 відсотків, більше ніж 70 відсотків, більше ніж 80 відсотків, більше ніж 85 відсотків, більше ніж 90 відсотків, більше ніж 92 відсотки, більше ніж 94 відсотки, більше ніж 95 відсотків, більше ніж 97,5 відсотків, більше ніж 99 відсотків або, навіть більше ніж 99,5 відсотків.

Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, після механічної обробки об'ємна щільність матеріалу становить менше ніж $0,25 \text{ г/см}^3$, наприклад, $0,20 \text{ г/см}^3$, $0,15 \text{ г/см}^3$, $0,10 \text{ г/см}^3$, $0,05 \text{ г/см}^3$ або менше, наприклад, $0,025 \text{ г/см}^3$. Об'ємну щільність визначають із застосуванням стандарту ASTM D1895B. Якщо коротко, такий спосіб включає заповнення мірного циліндра відомого об'єму пробой і вимірювання маси проби. Об'ємну щільність розраховують шляхом ділення маси проби в грамах на відомий об'єм циліндра в кубічних сантиметрах.

Якщо початкова сировина являє собою волокнистий матеріал, волокна механічно оброблених волокнистих матеріалів можуть мати порівняно велике середнє відношення довжини до діаметра (наприклад, більше ніж 20 до 1), навіть якщо вони неодноразово піддавалися розрізанню. Крім того, волокна волокнистих матеріалів, описаних у даній заявці, можуть мати порівняно невелику довжину і/або вузький діапазон відношень довжини до діаметра.

У даній заявці середні величини ширини волокон (наприклад діаметр) являють собою величини, визначені оптичними методами шляхом випадкового вибору приблизно 5000 волокон. Середні величини довжини волокон являють собою скоректовані значення довжина-зважена довжина. Площі поверхні за методом BET (Брунауера, Еммета і Теллера) являють собою площі багатоточкової поверхні, і пористість являє собою пористість, визначену способом ртутної порометрії.

Якщо друга початкова сировина являє собою волокнистий матеріал 14, середнє відношення довжини до діаметра волокон механічно обробленого матеріалу може становити, наприклад, більше ніж 8/1, наприклад, більше ніж 10/1, більше ніж 15/1, більше ніж 20/1, більше ніж 25/1 або більше ніж 50/1. Середня довжина волокна механічно обробленого матеріалу 14 може становити, наприклад, від приблизно $0,5 \text{ мм}$ до $2,5 \text{ мм}$, наприклад, від приблизно $0,75 \text{ мм}$ до $1,0 \text{ мм}$, і середня ширина (наприклад діаметр) другого волокнистого матеріалу 14 може становити, наприклад, від приблизно 5 мкм до 50 мкм , наприклад, від приблизно 10 мкм до 30 мкм .

Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, якщо початкова сировина являє собою волокнистий матеріал, стандартне відхилення довжини волокна механічно обробленого матеріалу може становити менше ніж 60 відсотків відносно середньої довжини волокна механічно обробленого матеріалу, наприклад менше ніж 50 відсотків, менше ніж 40 відсотків, менше ніж 25 відсотків, менше ніж 10 відсотків, менше ніж 5 відсотків або навіть менше ніж 1 відсоток відносно середньої довжини.

У деяких випадках може бути бажаним отримати матеріал з низькою об'ємною щільністю, підвищити щільність матеріалу (наприклад, щоб зробити його транспортування в інше місце більш зручним і менш дорогим), а потім повернути матеріал до стану з більш низькою об'ємною щільністю. Матеріали з підвищеною щільністю можна переробляти будь-яким зі способів, описаних у даній заявці, або будь-який матеріал, перероблений будь-яким зі способів, описаних у даній заявці, можна внаслідок піддати загущенню, наприклад, як описано в патенті США № 12/429045 і WO 2008/073186, повний вміст яких включений до даної заявки за допомогою посилання.

Обробка для підвищення розчинності, зниження стійкості до розкладання або функціоналізування.

Матеріали, які були або не були підготовлені фізичними способами, можна обробити з метою застосування в будь-якому виробничому процесі, описаному в даній заявці. Один або

більше з виробничих процесів, описаних нижче, може бути включений до функціонального блока зі зниження стійкості до розкладання матеріалу, описаного вище. Як альтернатива або на додаток, для зменшення стійкості до розкладання матеріалу можна використовувати й інші процеси.

5 Способи обробки, використовувані в функціональному блоці зі зниження стійкості до розкладання матеріалу, можуть включати один або більше способів, вибраних із опромінення, обробки ультразвуком, окислювання, піролізу або парового вибуху.

Способи обробки можна застосовувати в комбінаціях із двох, трьох, чотирьох або навіть усіх із зазначених технологій (у будь-якому порядку).

10 Обробка випромінюванням

Один або більше циклів радіаційної обробки можна застосовувати для обробки матеріалів із початкової сировини і забезпечення широкого вибору різних джерел з метою вилучення корисних речовин із сировини й отримання частково зруйнованого органічного структурно модифікованого матеріалу, який служить як подача для подальших технологічних операцій і/або циклів обробки. Опромінення дозволяє, наприклад, зменшити молекулярну масу і/або кристалічність початкової сировини. Випромінювання дозволяє також стерилізувати матеріали або будь-які середовища, необхідні для біообробки матеріалу.

20 Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, для опромінення описаних матеріалів застосовують енергію, яка знаходиться в матеріалі, який випускає електрон із його атомної орбіталі. Таке випромінювання можна забезпечити за допомогою (1) важких заряджених часток, таких як альфа-частки або протони, (2) електронів, отриманих, наприклад, при бета-розпаді або за допомогою електронно-променевих прискорювачів, або (3) електромагнітного випромінювання, наприклад гамма-променів, рентгенівських променів або ультрафіолетових променів. В одному підході, для опромінення початкової сировини можна застосовувати випромінювання, викликане радіоактивними речовинами. Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, можна використовувати в будь-якому порядку або одночасно будь-яку комбінацію від (1) до (3) способу. У ще одному підході, для опромінення початкової сировини можна застосовувати електромагнітне випромінювання (наприклад, викликане застосуванням електронно-променевих емітерів). Застосовувані дози залежать від необхідного результату і конкретної початкової сировини.

30 У деяких випадках, коли бажаним є розрив ланцюга і/або потрібна функціоналізація полімерного ланцюга, можна використовувати частки, більш важкі, ніж електрони, такі як протони, ядра гелію, іони аргону, іони кремнію, іони неону, іони вуглецю, іони фосфору, іони кисню або іони азоту. При необхідності розриву ланцюга з розкриттям циклу, для стимулювання цього процесу можна використовувати позитивно заряджені частки завдяки їхнім властивостям кислот Льюїса. Наприклад, коли потрібне максимальне окислювання, можна використовувати іони кисню, коли потрібне максимальне нітрування, можна використовувати іони азоту.

Застосування важких часток і позитивно заряджених часток описано в патенті США № 12/417699, повний зміст якого включений до даної заявки за допомогою посилання.

40 В одному способі, перший матеріал, що являє собою целюлозу або містить її та має першу середньо числову молекулярну масу (M_{N1}), опромінюють, наприклад, за допомогою іонізуючого випромінювання (наприклад, у формі гамма-випромінювання, рентгенівського випромінювання, ультрафіолетового (УФ) світла в діапазоні від 100 нм до 280 нм, електронного променя або інших заряджених часток) з отриманням другого матеріалу, що містить целюлозу і має другу середньо чисельну молекулярну масу (M_{N2}), більш низьку, ніж перша середньо чисельна молекулярна маса. Другий матеріал (або перший і другий матеріал) можна комбінувати з мікроорганізмом (з ферментною обробкою або без неї), який може утилізувати другий і/або перший матеріал або цукри чи лігнін, які входять до його складу, з отриманням проміжної сполуки або продукту, такого як сполуки або продукти, описані в даній заявці.

50 Оскільки другий матеріал включає целюлозу зі зниженою молекулярною масою в порівнянні з першим матеріалом і, в деяких випадках, також зі зниженою кристалічністю, другий матеріал, у цілому, є більш піддатливим до диспергування, розбухання і/або розчинний, наприклад у розчині, що містить мікроорганізм і/або фермент. Такі властивості роблять обробку другого матеріалу більш легкою, а сам матеріал більш піддатливим до хімічного, ферментативного і/або біологічного впливу в порівнянні з першим матеріалом, що може значно покращити продуктивність і/або об'єм випуску необхідного продукту, наприклад етанолу. За допомогою випромінювання можна також стерилізувати матеріали або будь-які середовища, необхідні для біообробки матеріалу.

60 Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, рівень окислювання (O_2) другого матеріалу вищий, ніж рівень окислювання (O_1) першого матеріалу. Більш високий рівень окислювання

матеріалу може сприяти його здатності до диспергування, набрякання і/або розчинності, а також посиленню піддатливості матеріалу хімічному, ферментативному або біологічному впливу. Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, для збільшення рівня окислювання другого матеріалу відносно першого матеріалу, опромінення здійснюють у киснево-окисному середовищі, наприклад, у захисному середовищі з повітря або кисню, з отриманням другого матеріалу, більш окисленого, ніж перший матеріал. Наприклад, другий матеріал може мати більше гідроксильних груп, альдегідних груп, кетонівих груп, ефірних груп або карбоксильних груп, які можуть підвищити його гідрофільність.

Іонізуюче випромінювання

Кожна форма випромінювання іонізує вуглецевмісний матеріал за рахунок конкретних взаємодій, які визначаються енергією випромінювання. Важкі заряджені частки в основному іонізують матерію за рахунок кулонівського розсіювання; крім того, ці взаємодії створюють швидкі електрони, які можуть додатково іонізувати матерію. Альфа-частинки ідентичні до ядра атома гелію і утворюються при альфа-розпаді різних радіоактивних ядер, таких як ізотопи вісмуту, полонію, астату, радону, францію, радію, деяких актинідів, таких як актиній, торій, уран, нептуній, кюрій, каліфорній, америцій і плутоній.

При використанні часток, вони можуть бути нейтральними (незарядженими), позитивно зарядженими або негативно зарядженими. Будучи зарядженими, заряджені частки можуть містити один позитивний або негативний заряд або кілька зарядів, наприклад, один, два, три або навіть чотири або більше зарядів.

У прикладах, в яких потрібен розрив ланцюга, позитивно заряджені частки можуть бути переважними, частково завдяки їх кислотній природі. При використанні часток, їхня маса може дорівнювати масі електрона в стані спокою або перевищувати її, наприклад, у 500, 1000, 1500, 2000, 10000 або навіть 100000 разів. Наприклад, маса часток може становити від приблизно 1 атомної одиниці до приблизно 150 атомних одиниць, наприклад, від приблизно 1 атомної одиниці до приблизно 50 атомних одиниць або від приблизно 1 до приблизно 25, наприклад, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12 або 15 атомних одиниць. Прискорювачі, застосовувані для прискорення часток, можуть бути електростатичними постійного струму, електродинамічними постійного струму, радіочастотними лінійними, магнітоіндукційними лінійними або безперервного випромінювання. Наприклад, у компанії IBA, Бельгія можна придбати циклотронний тип прискорювачів, такий як система Rhodotron®, при цьому в компанії RDI, тепер IBA Industrial, можна придбати прискорювачі постійного струму, такі як Dynamitron®. Іони та іонні прискорювачі розглянуті в публікаціях Introductory Nuclear Physics, Kenneth S. Krane, John Wiley & Sons, Inc. (1988), Krsto Prelec, FIZIKA B 6 (1997) 4, 177-206, Chu, William T., "Overview of Light-Ion Beam Therapy" Columbus-Ohio, ICRU-IAEA Meeting, 18-20 березня 2006 року, Iwata, Y. et al., "Alternating-Phase-Focused IH-DTL for Heavy-Ion Medical Accelerators" Proceedings of EPAC 2006, Единбург, Шотландія) і Leaner, CM. et al., "Status of the Superconducting ECR Ion Heavy Venus" Proceedings of EPAC 2000, Відень, Австрія.

Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, як джерело випромінювання застосовують електронний промінь. Електронний промінь має переваги, пов'язані з високими потужностями дози випромінювання (наприклад, 1, 5 або навіть 10 Мрад на секунду), високою продуктивністю, більш слабким утриманням і меншими обмеженнями стосовно устаткування. Електрони також можуть бути більш ефективними при стимулюванні розриву ланцюга. Крім того, глибина проникнення електронів з енергіями від 4 до 10 MeV може становити від 5 до 30 мм або більше, наприклад, 40 мм. У деяких випадках багатопробієві електронні пристрої (наприклад, багатопробієві головки, часто називані "рогами") застосовують для введення в матеріал багаторазових доз електронно-пробієвого випромінювання. Така висока сумарна потужність променя зазвичай досягається шляхом застосування багатопробієвих прискорювальних головок. Наприклад, електронно-пробієвий пристрій може включати дві, чотири або більше прискорювальні головки. Як один приклад, електронно-пробієвий пристрій може включати чотири прискорювальні головки, потужність променя кожної з яких становить 300 кВт, при сумарній потужності променя 1200 кВт. Застосування багатопробієвих головок, потужність променя кожної з яких порівняно низька, перешкоджає надмірному підвищенню температури матеріалу, запобігаючи, тим самим, горінню матеріалу, і також збільшує однорідність дози, яка проходить через товщу шару матеріалу. Опромінення з застосуванням багатопробієвої головки описано в попередній заявці на патент США №61/394851, поданій 20 жовтня 2010 року, повний зміст якої включений до даної заявки за допомогою посилання.

Електронні пучки можна створити, наприклад, за допомогою електростатичних генераторів, каскадних генераторів, трансформаторних генераторів, низькоенергетичних прискорювачів зі сканувальною системою, низькоенергетичних прискорювачів із лінійним катодом, лінійних

прискорювачів та імпульсних прискорювачів. Як джерело іонізуючого випромінювання можна використовувати електрони, наприклад, для порівняно тонких штабелів матеріалів, наприклад, менше ніж 0,5 дюйма, наприклад, менше ніж 0,4 дюйма, 0,3 дюйма, 0,2 дюйма, або менше ніж 0,1 дюйма. Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, енергія кожного електрона в електронному промені становить від приблизно 0,3 MeV до приблизно 2,0 MeV (мільйон електрон-вольтів), наприклад, від приблизно 0,5 MeV до приблизно 1,5 MeV або від приблизно 0,7 MeV до приблизно 1,25 MeV.

Пристрої для електропроменевого опромінення можна придбати в компанії Ion Beam Applications, Louvain-la-Neuve, Бельгія або в компанії Titan Corporation, Сан-Дієго, Каліфорнія.

Типові енергії електронів можуть становити 1 MeV, 2 MeV, 4,5 MeV, 7,5 MeV або 10 MeV. Потужність типового пристрою для електропроменевого опромінення може становити 1 кВт, 5 кВт, 10 кВт, 20 кВт, 50 кВт, 100 кВт, 250 кВт або 500 кВт. Рівень деполяризації початкової сировини залежить від застосовуваної енергії електронів і застосовуваної дози, тоді як тривалість впливу залежить від потужності та дози. Типові дози можуть приймати значення 1 кГр, 5 кГр, 10 кГр, 20 кГр, 50 кГр, 100 кГр або 200 кГр.

Електромагнітне випромінювання

Згідно з варіантами реалізації винаходу, в яких опромінення здійснюють за допомогою електромагнітного випромінювання, енергія на фотон (у електрон-вольтах) електромагнітного випромінювання може становити, наприклад, більше ніж 10^2 eV, наприклад, більше ніж 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 або, навіть більше ніж 10^7 eV. Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, енергія на фотон електромагнітного випромінювання становить від 10^4 до 10^7 , наприклад, від 10^5 до 10^6 eV. Частота електромагнітного випромінювання може становити, наприклад, більше ніж 10^{16} Гц, більше ніж 10^{17} Гц, 10^{18} , 10^{19} , 10^{20} або, навіть більше ніж 10^{21} Гц. Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, частота електромагнітного випромінювання становить від 10^{18} до 10^{22} Гц, наприклад, від 10^{19} до 10^{21} Гц.

Дози

Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, опромінення (за допомогою будь-якого джерела випромінювання або комбінації джерел) здійснюють доти, поки матеріал приймає дозу, яка складає щонайменше 0,25 Мрад, наприклад, щонайменше 1,0, 2,5, 5,0, 8,0, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50 або навіть щонайменше 100 Мрад. Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, опромінення здійснюють доти, поки матеріал приймає дозу від 1,0 Мрад до 6,0 Мрад, наприклад, від 1,5 Мрад до 4,0 Мрад, від 2 Мрад до 10 Мрад, від 5 Мрад до 20 Мрад, від 10 Мрад до 30 Мрад, від 10 Мрад до 40 Мрад або від 20 Мрад до 50 Мрад.

Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, опромінення здійснюють при потужності дози опромінення від 5,0 до 1500,0 кілорад/год., наприклад, від 10,0 до 750,0 кілорад/год. або від 50,0 до 350,0 кілорад/год.

Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, застосовують два або більше джерел випромінювання, наприклад, два або більше іонізуючих випромінювань. Наприклад, зразки можна обробити, в будь-якому порядку, за допомогою електронного променя, а потім гамма-випромінюванням і УФ світлом з довжинами хвиль від приблизно 100 нм до приблизно 280 нм. Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, зразки обробляють із застосуванням трьох джерел іонізуючого випромінювання, наприклад, за допомогою електронного променя, гамма-випромінювання та УФ світла високої енергії.

Обробка ультразвуком, піроліз і окислювання

Поряд із опроміненням, початкову сировину можна обробити за допомогою будь-якого одного або більше способів, вибраних із обробки ультразвуком, піролізу та окислювання. Такі способи обробки розглянуті в USSN 12/417840, вміст якого включений до даної заявки за допомогою посилання.

Інші способи підвищення розчинності, зменшення стійкості до розкладання або функціоналізування

Будь-які способи, описані в цьому параграфі, можна застосовувати окремо без використання яких-небудь способів, розглянутих у даній заявці, або в комбінації з будь-якими способами, описаними в даній заявці (у будь-якому порядку): паровим вибухом, хімічною обробкою (наприклад, обробкою кислотами (у тому числі обробкою концентрованими й розведеними кислотами з застосуванням мінеральних кислот, таких як сірчана кислота, соляна кислота, і органічних кислот, таких як трифтороцтова кислота)) і/або обробкою основами (наприклад, обробкою вапном або гідроксидом натрію)), обробкою УФ, обробкою з застосуванням черв'ячного екструдера (див., наприклад, заявку на патент США № 61/073530115398, подану 1817 листопада 2008 року), обробкою розчинниками (наприклад,

обробкою за допомогою іонних рідин) і подрібнюванням у замороженому стані (див., наприклад, заявки на патент США № 61/081709 і 12/502629).

ОТРИМАННЯ ПАЛИВ. КИСЛОТ, СКЛАДНИХ ЕФІРІВ І/АБО ІНШИХ ПРОДУКТІВ

Після обробки біомаси за допомогою однієї або більше технологічних операцій, описаних вище, складні вуглеводи, які містяться в целюлозній і геміцелюлозній фракціях, можна переробити з отриманням цукрів, що ферментуються, за допомогою процесу оцукрювання, як описано вище.

Після транспортування отриманого цукровмісного розчину до виробничого устаткування, цукри можна перетворити в різноманітні продукти, такі як спирти, наприклад, етанол, або органічні кислоти. Вид отриманого продукту залежить від використовуваного мікроорганізму та умов, при яких відбувається біопереробка. Зазначені операції можна здійснити, наприклад, застосовуючи існуюче устаткування на підприємстві з виробництва етанолу із кукурудзи.

За необхідності, способи перемішування і устаткування, розглянуті в даній заявці, можна також застосовувати при біопереробці. Переважно, системи для перемішування, описані в даній заявці, не надають рідині високе зусилля зсуву і не підвищують значно температуру всієї рідини. У результаті, мікроорганізми, застосовувані при біопереробці, підтримують у життєздатному стані протягом усього процесу. Перемішування дозволяє збільшити швидкість реакції й підвищити ефективність процесу.

Загалом, при ферментації використовують різні мікроорганізми. Цукровмісний розчин, отриманий шляхом оцукрювання лігноцелюлозних матеріалів, буде містити ксилозу, а також глюкозу. Може бути бажаним видалити ксилозу, наприклад, за допомогою хроматографії, оскільки деякі широко застосовувані мікроорганізми (наприклад, дріжджі) на неї не діють. Ксилозу можна зібрати й використовувати при виробництві інших продуктів, наприклад, кормів для тварин і замітника цукру ксиліту. Ксилозу можна видалити до або після подачі цукровмісного розчину у виробниче устаткування, в якому будуть здійснювати ферментацію.

Мікроорганізм може являти собою природний мікроорганізм або генно-інженерний мікроорганізм, наприклад, будь-який із мікроорганізмів, описаний у даній заявці в розділі Матеріали.

Оптимальний рН для дріжджів становить від приблизно 4 до 5, при цьому оптимальний рН для *Zygomonas* становить від приблизно 5 до 6. Звичайний час ферментації становить від приблизно 24 до 96 годин при температурах у діапазоні від 26 °C до 40 °C, однак термофільні мікроорганізми надають перевагу більш високим температурам.

Карбоксильні групи, загалом, знижують рН ферментованого розчину, виявляючи тенденцію до пригнічення ферментації під дією деяких мікроорганізмів, наприклад *Pichia stipitis*. Відповідно, у деяких випадках перед ферментацією або під час неї бажано додавати основу і/або буфер для підвищення рН розчину. Наприклад, у ферментоване середовище можна додати гідроксид натрію або вапно для підвищення рН середовища до діапазону, який оптимальний для застосовуваного мікроорганізму.

Ферментацію, в цілому, проводять у водному поживному середовищі, яке може містити джерело азоту або джерело інших поживних речовин, наприклад сечовини, разом з вітамінами й мікроелементами та металами. Загалом, переважно, коли поживне середовище стерильне або щонайменше має низьку концентрацію мікроорганізмів, наприклад низьку кількість бактерій. Стерилізацію поживного середовища можна здійснювати будь-яким необхідним способом. Однак, у переважних варіантах реалізації, стерилізацію здійснюють шляхом опромінення поживного середовища або його окремих компонентів перед змішуванням. Загалом, застосовують якомога більш низьку дозу випромінювання, яка все ще дозволяє досягти потрібних результатів, щоб мінімізувати споживання енергії й кінцеві витрати. Наприклад, у багатьох випадках, саме поживне середовище або його компоненти можна обробити за допомогою дози випромінювання, яка становить менше ніж 5 Мрад, наприклад, менше ніж 4, 3, 2 або 1 Мрад. У певних випадках, поживне середовище обробляють за допомогою дози від приблизно 1 до 3 Мрад.

Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу, весь процес ферментації або його частину можна перервати до того, як низькомолекулярний цукор повністю перетвориться в етанол. Проміжні продукти ферментації включають високі концентрації цукру й вуглеводів. Такі проміжні продукти ферментації можна застосовувати при приготуванні їжі для споживання людьми або тваринами. На додаток або як альтернатива, проміжні продукти ферментації можна розмолоти до розміру дрібнодисперсних часток у лабораторному млині з нержавіючої сталі з отриманням борошноподібної речовини.

Можна використовувати пересувні бродильні посудини, як описано в попередній заявці на патент США № 60/832735, тепер опублікованій міжнародній заявці № WO 2008/011598.

Подібним чином, устаткування для оцукрювання може бути пересувним. Крім того, оцукрювання і/або ферментацію можна здійснювати частково або повністю під час перевезення.

НАСТУПНА ПЕРЕРОБКА

Після ферментації, отримані текучі середовища можна піддавати перегонці, застосовуючи, наприклад, "бражну колону", для відділення етанолу та інших спиртів від основної маси води і залишків твердих речовин. Пара, що виходить із бражної колони, може являти собою, наприклад, 35 % за масою етанол і може бути завантажений у ректифікаційну колону. Суміші майже азеотропних (92,5 %) етанолу та води з ректифікаційної колони можна очистити з отриманням чистого (99,5 %) етанолу шляхом застосування парофазних молекулярних сит. Кубові залишки бражної колони можна направити на перший ступінь триступінчастого випарника. Дефлегматор ректифікаційної колони може забезпечити нагрівання цього першого ступеня. Після першого ступеня, тверді речовини можна відокремити, застосовуючи центрифугу, і висушити в барабанній сушарці. Частину (25 %) рідини, яка випливає з центрифуги, можна повторно використовувати для ферментації, а іншу частину направити на другий і третій ступінь випарника. Більшу частину конденсату з випарника можна повернути в процес у вигляді досить чистого конденсату, а невелику частину відокремити й направити на установку для очищення стічних вод для запобігання нагромадженню низькокиплячих сполук.

ПРОМПКНІ СПОЛУКИ ТА ПРОДУКТИ

Застосовуючи способи, описані в даній заявці, можна перетворити оброблену біомасу в один або більше продуктів, таких як енергія, палива, харчові продукти й матеріали. Деякі приклади продуктів включають, але не обмежуються ними, водень, спирти (наприклад, одноатомні спирти або двоатомні спирти, такі як етанол, н-пропанол або н-бутанол), гідратовані або водні спирти, наприклад, які містять більше ніж 10 %, 20 %, 30 % або навіть більше ніж 40 % води, ксиліт, цукри, біодизельне паливо, органічні кислоти (наприклад, оцтову кислоту і/або молочну кислоту), вуглеводні, супутні продукти (наприклад білки, такі як білки (ферменти), що розкладають клітковину, або білки одноклітинних) і суміші будь-яких із перерахованих продуктів у будь-якій комбінації або відносній концентрації й, за необхідності, у комбінації з будь-якими добавками, наприклад, паливними добавками. Інші приклади включають карбонові кислоти, такі як оцтова кислота або олійна кислота, солі карбонової кислоти, суміш карбонових кислот і солей карбонових кислот та складні ефіри карбонових кислот (наприклад, метилові, етилові й н-пропілові складні ефіри), кетони (наприклад, ацетон), альдегіди (наприклад, ацетальдегід), альфа, бетаненасичені кислоти, такі як акрилова кислота й олефіни, такі як етилен. Інші спирти й похідні спиртів включають пропанол, пропіленгліколь, 1,4-бутандіол, 1,3-пропандіол, метилові або етилові складні ефіри будь-яких із зазначених спиртів. Інші продукти включають метилакрилат, метилметакрилат, молочну кислоту, пропіонову кислоту, олійну кислоту, бурштинову кислоту, 3-гідроксипропіонову кислоту, сіль будь-якої з зазначених кислот і суміш будь-якої з зазначених кислот і відповідні солі.

Інші проміжні сполуки й продукти, у тому числі, харчові й фармацевтичні продукти, розглянуті в патенті США № 12/417900, повний вміст якого тим самим включений до даної заявки за допомогою посилання.

ІНШІ ВАРІАНТИ РЕАЛІЗАЦІЇ ВИНАХОДУ

Було описано кілька варіантів реалізації винаходу. Проте, буде зрозуміло, що можуть бути зроблені різні модифікації без відхилення від суті й об'єму винаходу.

У деяких варіантах реалізації, системи, розглянуті в даній заявці, або компоненти зазначених систем, можуть бути переносними, наприклад, на подібну пересувного технологічного устаткування, описаного в патенті США № 12/374549 і міжнародній заявці № WO 2008/011598, повний вміст яких включений до даної заявки за допомогою посилання.

У будь-яких диспергуючих системах, описаних у даній заявці, потік текучого середовища (рідини і/або газу) через диспергуючу систему може бути безперервним або пульсуючим, або являти собою комбінацію періодів безперервного потоку з інтервалами пульсуючого потоку. Якщо потік є пульсуючим, генерування імпульсів може бути регулярним або нерегулярним.

Хоча в даній заявці були посилання на баки, описаний процес може протікати в будь-якому типі посудини або резервуарі, у тому числі, у відстійниках, басейнах, ставках і т.п. Якщо резервуар, у якому відбувається перемішування, являє собою підземну структуру, таку як відстійник, його можна футерувати. Резервуар можна покрити, наприклад, якщо він перебуває на відкритому повітрі або не має покриття.

Згідно з альтернативним варіантом реалізації винаходу, у системах, показаних на Фіг. 2A та 2B, диспергуючу систему 134 можна опустити, а насос можна застосовувати для засмоктування рідини з бака й подачі її через випускную трубу 137 для зволоження початкового сировинного матеріалу, який потім диспергують шляхом змішування в струминному змішувачі 144. У таких

варіантах реалізації, насос переважно буде являти собою насос із низьким зусиллям зсуву, наприклад поршневий насос прямого витіснення, такий як гвинтові насоси кавітаційного типу, доступні в компанії SEEPEX, і лопатеві насоси від компанії Waukesha. Також переважно, щоб насос міг накачувати високов'язкі текучі середовища, оскільки в'язкість рідини буде зростати при додаванні більшої кількості початкової сировини.

Хоча в даній заявці була описана сировина з біомаси, можна використовувати інші види початкової сировини й суміші сировини з біомаси з іншими видами сировини. Наприклад, у деяких варіантах реалізації можна використовувати суміші сировини з біомаси з вуглеводневмісною сировиною, такою як сировина, описана в попередній заявці на патент США № 61/226877, поданий 20 липня 2009 року, повний вміст якої включений до даної заявки за допомогою посилання.

Відповідно, інші варіанти реалізації винаходу перебувають у рамках наступної формули винаходу.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб, який включає:

оцукрювання сировини з біомаси в посудині при перемішуванні за допомогою струминного змішувача, при цьому вказана сировина з біомаси диспергована у рідкому середовищі за допомогою диспергуючої системи, яка забезпечує захоплення сировини і рідкого середовища з посудини і повернення вказаної сировини і рідкого середовища назад у посудину, причому вказана диспергуюча система містить камеру і, всередині камери, обертовий елемент, який захоплює вихідну сировину і рідке середовище всередину камери в осьовому напрямку і виштовхує з камери дисперсію вихідної сировини у вказаному середовищі в радіальному напрямку.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що диспергуюча система містить поршневий насос прямого витіснення.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що об'ємна густина вихідної сировини складає менш ніж приблизно $0,75 \text{ г/см}^3$.

4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що рідке середовище містить воду.

5. Спосіб за п. 1, який додатково включає подачу оцукрюючого агента в посудину.

6. Спосіб за п. 5, який **відрізняється** тим, що оцукрюючий агент містить фермент.

7. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що обертовий елемент функціонує як лопатеве колесо, а дія обертового елемента всередині камери основана на принципі дії відцентрового насоса.

8. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що обертовий елемент містить перемішувальні елементи, розміщені співвісно до ротора, який перебуває в роторно-статорному взаємозв'язку з бічною стінкою камери.

9. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що диспергуюча система містить струминний змішувач.

10. Спосіб за п. 1, який додатково включає подачу в посудину вихідної сировини і/або оцукрюючого агента з джерела, розташованого за межами посудини.

11. Спосіб за п. 10, який **відрізняється** тим, що вказане джерело встановлене вище за посудину.

12. Спосіб за п. 1, який додатково включає подачу потоку рідкого середовища на вихідну сировину на поверхні рідкого середовища для зволоження вказаної сировини.

13. Спосіб за п. 12, який **відрізняється** тим, що перед подачею в посудину вихідна сировина знаходиться в по суті сухому стані.

14. Спосіб за п. 10, який **відрізняється** тим, що джерело містить завантажувальний бункер і вказаний бункер зв'язаний з вібраційним пристроєм.

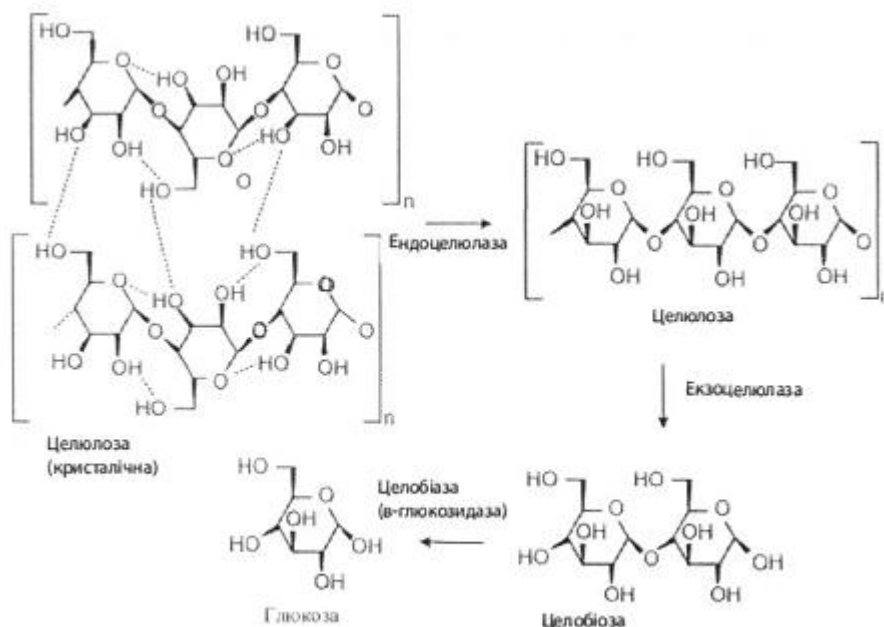
15. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що диспергуюча система містить множину диспергуючих пристроїв.

16. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що оцукрювання включає додавання вихідної сировини у рідке середовище окремими порціями і диспергування кожної окремої порції вихідної сировини у рідкому середовищі за допомогою диспергуючої системи перед додаванням іншої порції вихідної сировини.

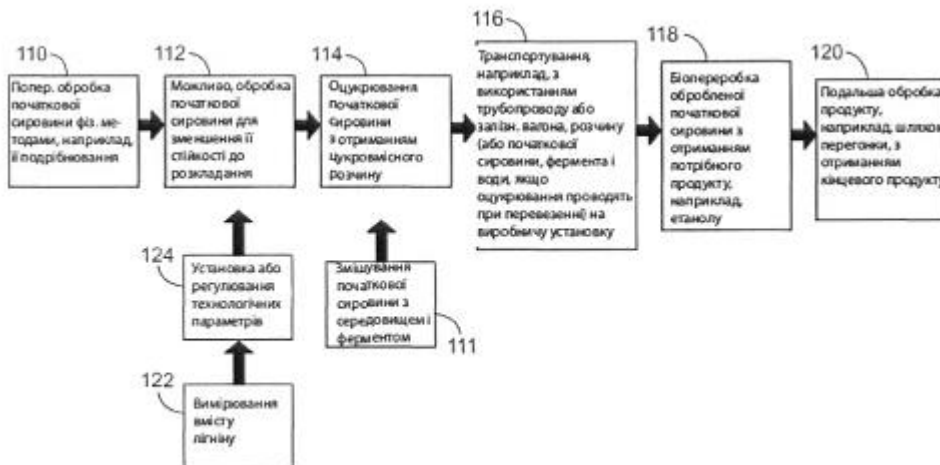
17. Спосіб за п. 1, який додатково включає моніторинг рівня глюкози в суміші вихідної сировини, рідкого середовища і оцукрюючого агента в процесі оцукрювання.

18. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що посудина являє собою бак.

19. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що вихідна сировина містить целюлозний або лігноцелюлозний матеріал.
20. Спосіб за п. 1, який додатково включає додавання емульгатора або поверхнево-активної речовини до суміші в посудині.
- 5 21. Спосіб за п. 2, який **відрізняється** тим, що поршневий насос прямого витіснення являє собою гвинтовий насос кавітаційного типу.



Фиг. 1



Фиг. 2

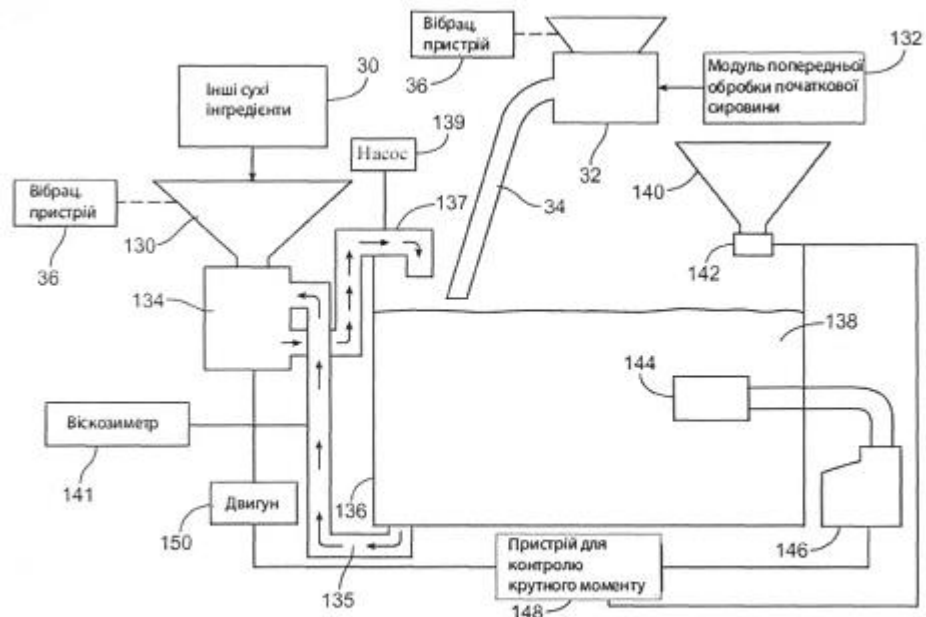


Fig. 2A

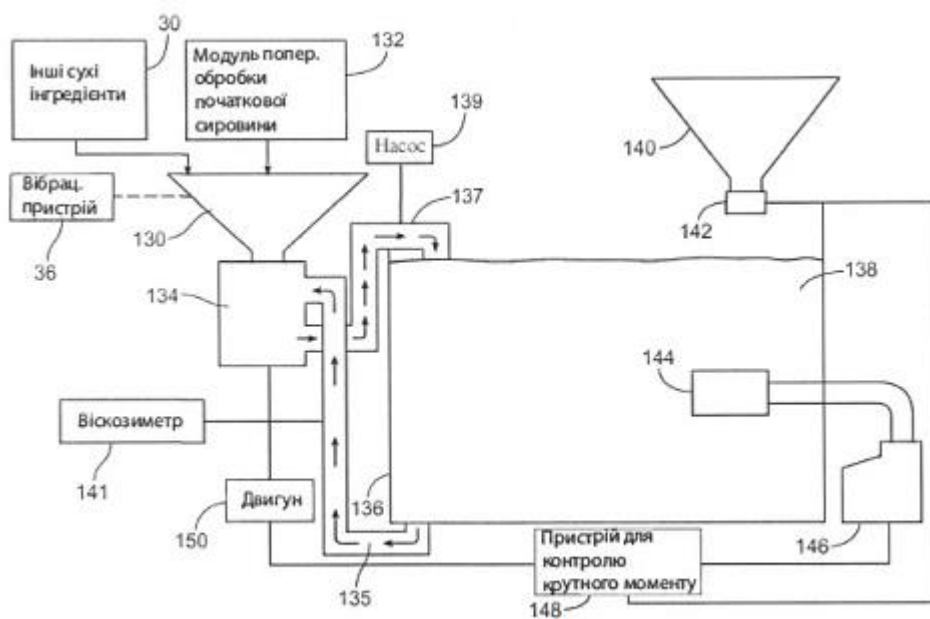
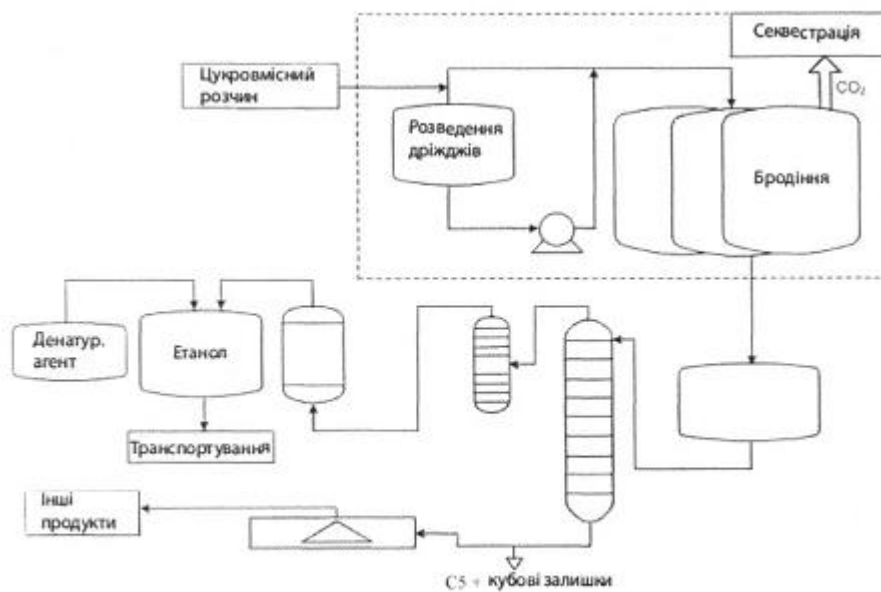
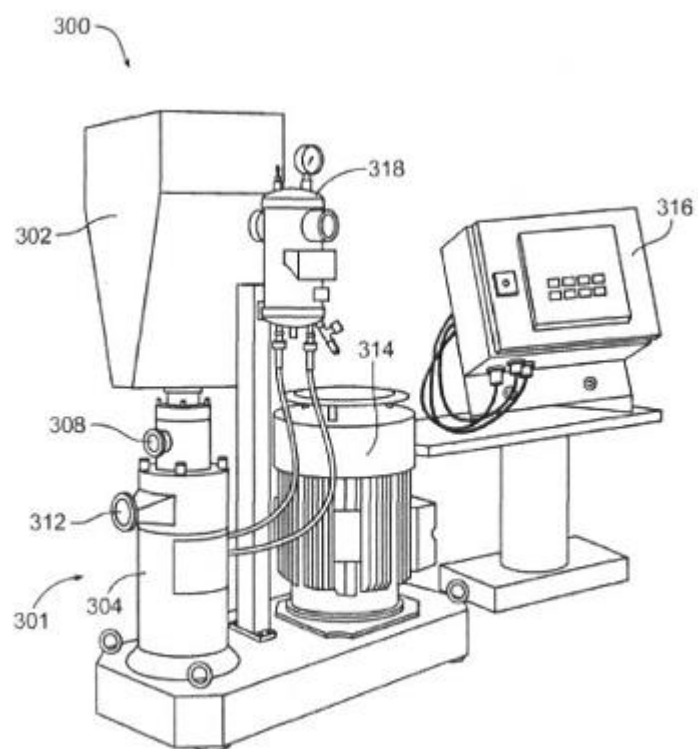


Fig. 2B



Фиг. 3



Фиг. 4

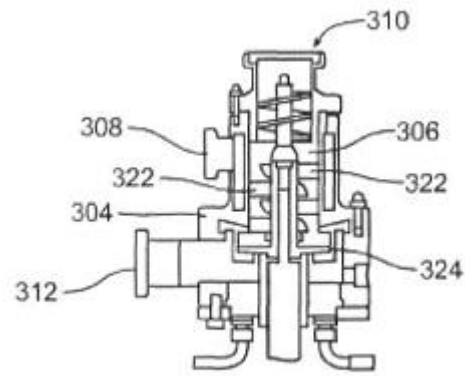


Fig. 5

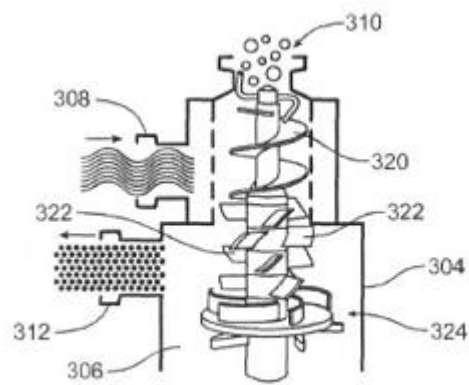


Fig. 5A

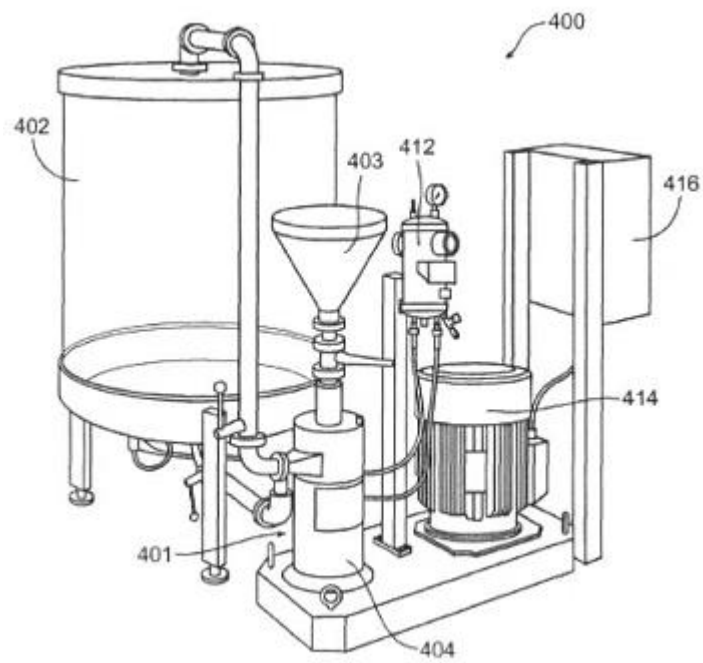


Fig. 6

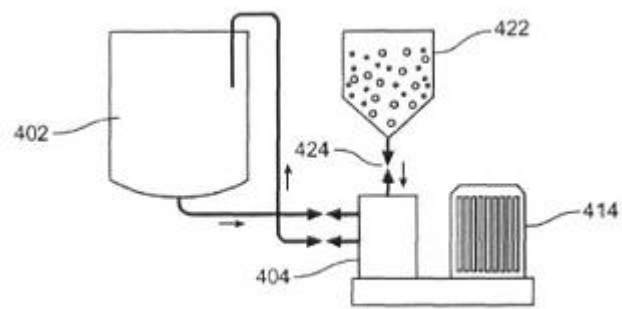


Fig. 7

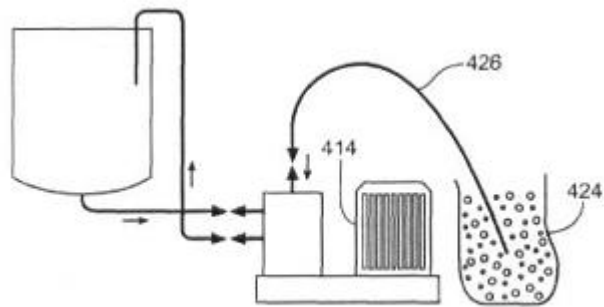


Fig. 7A

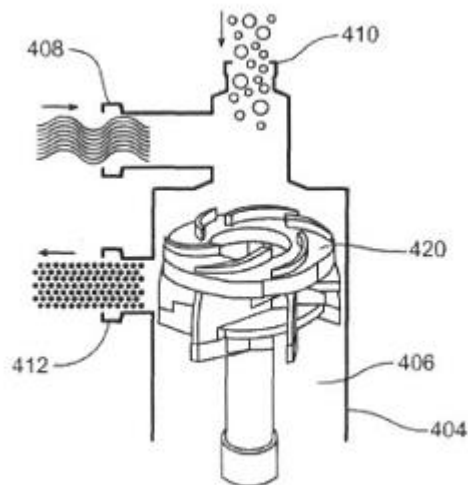


Fig. 8

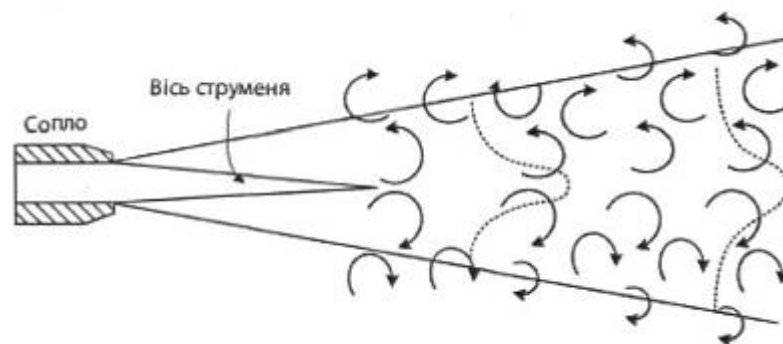


Fig. 9

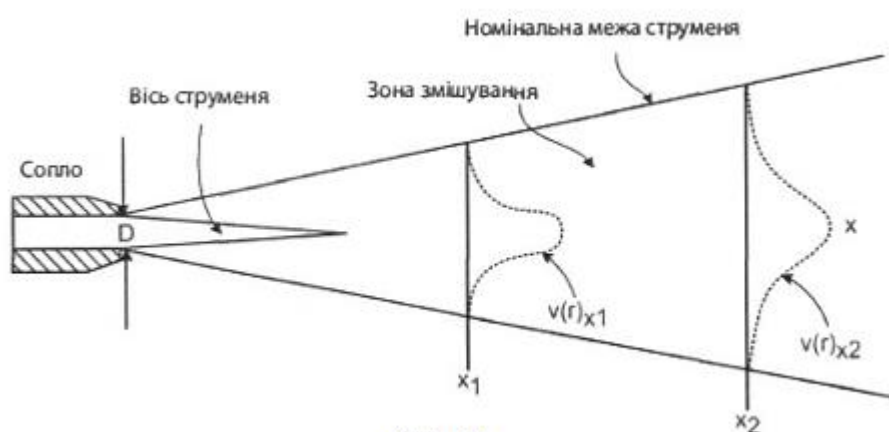


Fig. 9A

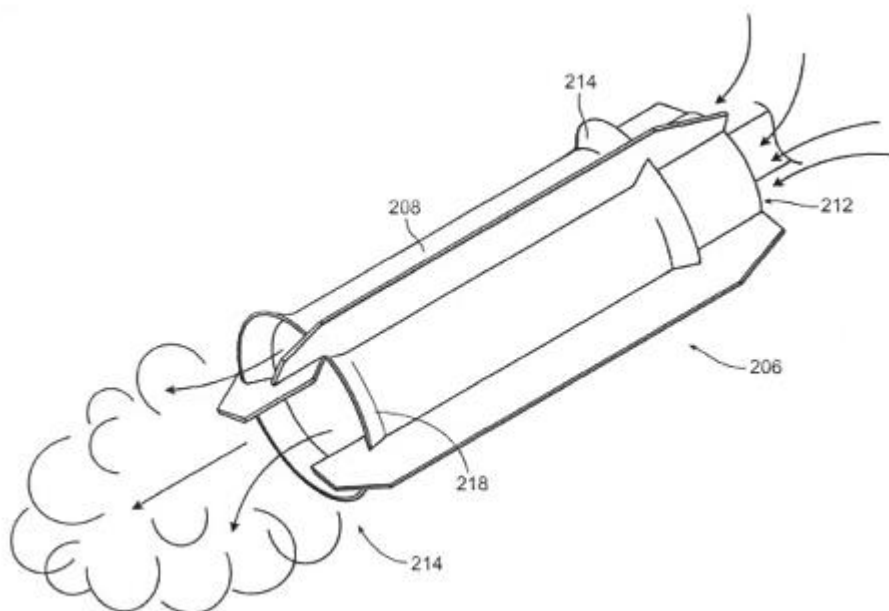


Fig. 10

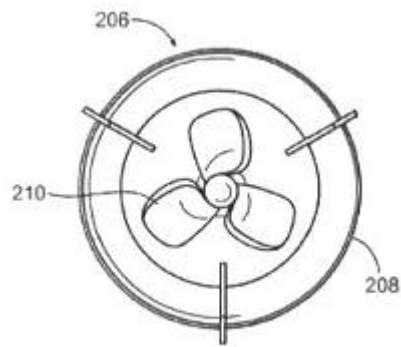


Fig. 10A

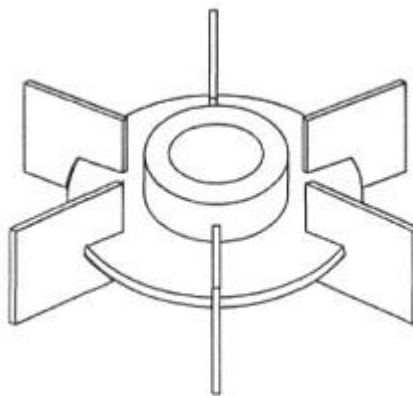


Fig. 10B

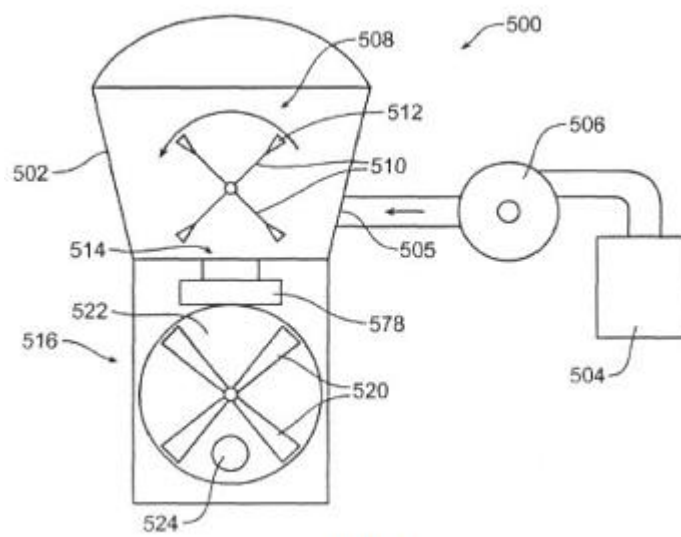


Fig. 11

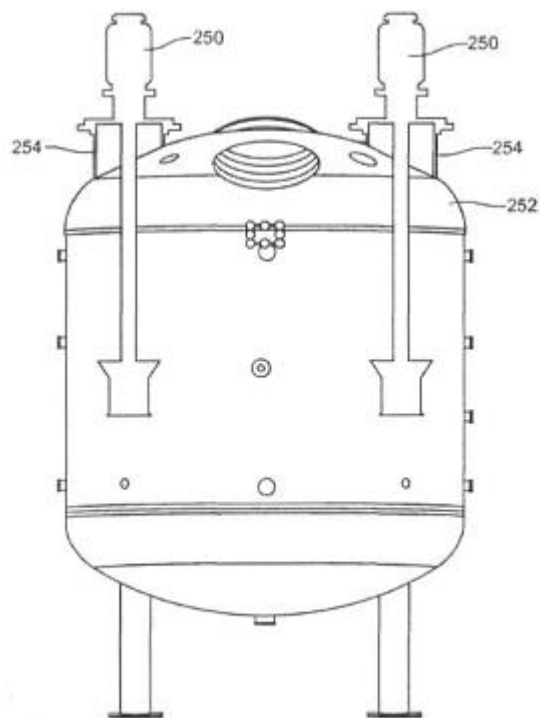


Fig. 12

Комп'ютерна верстка О. Рябко

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601