



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 114193

(13) C2

(51) МПК

B01D 53/04 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

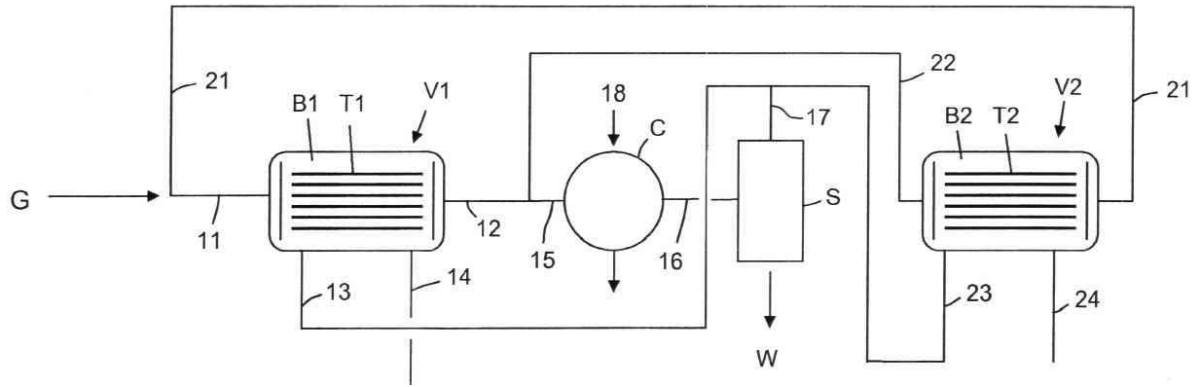
(21) Номер заявки:	а 2014 11037	(72) Винахідник(и):	Філіппі Ерманно (CH)
(22) Дата подання заявки:	11.01.2013	(73) Власник(и):	КАСАПЕ СА, Via Giulio Pocobelli, 6, CH-6900 Lugano, Switzerland (CH)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.05.2017	(74) Представник:	Петров Андрій Володимирович, реєстр. №139
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	12159286.9	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	US 5520894 A, 28.05.1996 US 3568406 A, 09.03.1971 GB 1071453 A, 07.06.1967 EP 0688596 A1, 27.12.1995 US 5846295 A, 08.12.1998 US 2009282866 A1, 19.11.2009
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	13.03.2012		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	EP		
(41) Публікація відомостей про заявку:	12.01.2015, Бюл.№ 1		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.05.2017, Бюл.№ 9		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/EP2013/050453, 11.01.2013		

(54) СПОСІБ ВИДАЛЕННЯ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ ІЗ ПОТОКУ ГАЗУ

(57) Реферат:

У заявці описані спосіб та установка для видалення діоксиду вуглецю із технологічного газу (G) за допомогою твердого адсорбенту та адсорбції зі зміною температури, у якому діоксид вуглецю видаляють із технологічного газу або в першому шарі (B1) або в другому шарі (B2) адсорбенту, у той час як інший шар регенерується з використанням тепла, що доставляється вхідним гарячим технологічним газом; вказані шари знаходяться у ємностях (V1, V2) із трубами або пластинами (T1, T2) для теплообміну, так що видалення CO₂ відбувається при контакті технологічного газу із шаром у позатрубній зоні, а регенерація шару відбувається при проходженні гарячого технологічного газу в трубах.

UA 114193 C2



ФІГ. 1

Область техніки, до якої відноситься винахід

Даний винахід відноситься до способу видалення діоксиду вуглецю із технологічного газу, наприклад, димових газів реформінг-установок або викидів з димових труб електростанцій, що працюють на викопному паливі. Винахід відноситься до способу на основі адсорбції діоксиду вуглецю зі зміною температури на твердому адсорбенті.

Рівень техніки

В інтересах охорони навколишнього середовища та (або) для використання діоксиду вуглецю в якості вихідного матеріалу для іншого виробничого процесу бажано видаляти діоксид вуглецю з димових газів процесу спалювання або іншого окисного процесу. В області синтезу аміаку та метанолу, реформінг метану або інших легких вуглеводнів, таких як природний газ, зріджений нафтовий газ (ЗНГ, англ. LPG), нафта і т.д., є звичайним джерелом свіжого газу для синтезу аміаку або метанолу, тому існує необхідність у видаленні принаймні частини діоксиду вуглецю, що міститься в димових газах реформінг-процесу.

Так звані "мокрі" способи включають мокре очищення технологічного газу з використанням вибіркового за CO_2 розчину. Однак ці способи допускають недоліки, пов'язані з деструкцією промивного розчину, наприклад, внаслідок окиснення або реакції з оксидами азоту та сірки, що приводить до утворення солей або шкідливих сполук. Промивний розчин необхідна замінити, що пов'язано з витратами, та (або) потрібне технічне обслуговування для видалення солей або шкідливих сполук.

В інших відомих способах використовують твердий адсорбент, і працюють за принципом адсорбції зі зміною тиску (англ. PSA) або адсорбції зі зміною температури (англ. TSA). Поглинання та наступне виділення CO_2 регулюють шляхом зміни тиску в системі PSA і шляхом зміни температури в системі TSA. Точніше, кількість CO_2 , яку може акумулювати адсорбент, залежить від тиску або температури. Із вказаного випливає, що поглинений CO_2 може бути вилучений на більш пізній стадії при відповідній зміні тиску або температури. Видалення адсорбату (наприклад, CO_2) із твердого адсорбенту називають регенерацією адсорбенту. У системі TSA адсорбція звичайно відбувається при більш низькій температурі, а регенерація - при більш високій температурі. Це означає, що для регенерації матеріал адсорбенту в системі TSA вимагає наявності джерела тепла, а після регенерації, як правило, повинен бути охолоджений.

В EP-A-1249264 розкритий спосіб уловлювання діоксиду вуглецю із відходящего газу, який включає наступні стадії: пропускання потоку відходящего газу в напівпроникний матеріал, такий як молекулярні сита для TSA або активоване вугілля, таким чином, щоб забезпечити адсорбцію принаймні релевантної частини діоксиду вуглецю, що містяться у відходящому газі та одержати пропущений потік газу з низьким вмістом діоксиду вуглецю, а також стадію десорбції діоксиду вуглецю з вищевказаного напівпроникного матеріалу, одержуючи, таким чином, потік газу, що містить діоксид вуглецю у високій концентрації.

Метою даного винаходу є вдосконалення відомого способу видалення CO_2 за допомогою адсорбції TSA. Зокрема, спосіб TSA для здійснення адсорбції та регенерації (десорбції), відповідно, вимагає чергування стадій нагрівання та охолодження твердого адсорбенту. Це можна забезпечити за допомогою прямого теплообміну або непрямого теплообміну.

Прямий теплообмін означає безпосередній контакт твердого адсорбенту з теплоносієм або охолоджувальним середовищем. Перевага прямого нагрівання полягає в тому, що теплоносієм є носієм десорбованого діоксиду вуглецю, та той же самий теплоносієм розбавляє діоксид вуглецю. Тому потрібна додаткова система для видалення CO_2 з теплоносія, особливо, якщо бажано одержати чистий або в основному чистий CO_2 .

Непрямий теплообмін означає, що твердий адсорбент і теплоносієм або охолоджувальне середовище не контактують і залишаються розділеними теплообмінними поверхнями, наприклад, теплоносієм або охолоджувальне середовище проходить в пучку труб, зануреному в шар адсорбенту. У цьому способі не відбувається розбавлення CO_2 , однак недолік цього способу полягає в тому, що на стадії нагрівання він не забезпечує носій для видалення CO_2 із шару. У деяких випадках, для того щоб вилучити десорбований діоксид вуглецю, через шар пропускають додатковий продувний потік, але це стає причиною тих же недоліків, що й у способі із прямим нагріванням.

Розкриття винаходу

У даному винаході пропонується спосіб видалення діоксиду вуглецю з технологічного газу, причому з використанням твердого адсорбенту та адсорбції зі зміною температури, за допомогою принаймні двох шарів або групи шарів твердого адсорбенту. У цьому способі чергуються два режими роботи. У першому режимі перший шар(-и) регенерується шляхом непрямого теплообміну із вхідним технологічним газом, а потім CO_2 поглинається в (раніше

регенерованому) другому шарі(-ах). Після насичення другого шару(-ів) діоксидом вуглецю спосіб перемикається на другий режим, тепер забезпечуючи регенерацію другого шару(-ів) шляхом непрямого теплообміну із вхідним гарячим технологічним газом, а потім поглинання CO_2 у перших шарах. На стадії адсорбції шар, що адсорбує CO_2 , можна безперервно охолоджувати з метою відведення теплоти адсорбції, збільшуючи кількість CO_2 , що адсорбується.

При більш докладному розгляді даний винахід розкриває спосіб, у якому:

- видалення діоксиду вуглецю з вищевказаного технологічного газу відбувається по черзі принаймні в одному першому шарі вищевказаного твердого адсорбенту та принаймні в одному другому шарі вищевказаного твердого адсорбенту, причому під час адсорбції діоксиду вуглецю, що міститься у вхідному технологічному газі, у другому шарі перший шар регенерується та навпаки, так що адсорбент першого шару та другого шару по черзі насичується діоксидом вуглецю;

- вхідний технологічний газ охолоджується шляхом непрямого теплообміну з насиченим CO_2 матеріалом адсорбенту або першого шару, або другого шару, таким чином, нагріваючи та регенеруючи вищевказаний адсорбент, насичений CO_2 , та

- потім діоксид вуглецю видаляється з технологічного газу під час контактування вищевказаного технологічного газу з матеріалом адсорбенту іншого шару.

В особливо переважному варіанті здійснення винаходу шар(-и) насиченого CO_2 адсорбенту на стадії регенерації залишається в закритому середовищі. Тому нагрівання адсорбенту, насиченого CO_2 , здійснюється в замкненому просторі (ізвольюметричні умови), це означає, що під час поступового виділення діоксиду вуглецю тиск у вищевказаному замкненому просторі підвищується. Цей переважний варіант здійснення винаходу має значну перевагу, яка полягає в тому, що діоксид вуглецю або газ, що містить діоксид вуглецю, одержують під тиском, і такий тиск полегшує видалення діоксиду вуглецю, виключаючи потребу в носії або компресорі.

Більш переважно, якщо нагрівання адсорбенту триває доти, поки CO_2 , який виділяється адсорбентом, виходить із вищевказаного закритого середовища, щоб під час зниження тиску підтримувати в цьому закритому середовищі в основному постійну температуру.

Відповідно до переважних варіантів здійснення винаходу, шари адсорбенту розміщені в позатрубній зоні відповідних ємностей. Після закриття відповідних сполучень із зовнішнім середовищем (наприклад, клапанів), позатрубна зона ємності може утворювати вищевказане закрите середовище. Більш переважно, якщо кожна ємність має теплообмінні елементи, наприклад, труби або пластини, занурені у шар. Вищевказані теплообмінні елементи визначають шлях проходження (газу), відділений від шару адсорбенту, що знаходиться зовні. Непрямий теплообмін між технологічним газом та адсорбентом, насиченим CO_2 , здійснюється шляхом подачі газу в теплообмінні елементи, наприклад, у труби або пустотілі пластини.

Під час здійснення регенерації шару всі сполучення позатрубної зони закриті, таким чином, позатрубна зона утворює замкнений простір, і діоксид вуглецю, який виділяється, накопичується під тиском. Після завершення регенерації може бути відкрита випускна лінія, і діоксид вуглецю під тиском виходить із позатрубної зони вищевказаного шару, у той час як по трубах або пластинах продовжує проходити гарячий технологічний газ із метою підтримання температури адсорбенту під час зниження тиску. Відповідно, під час видалення CO_2 , що виділяється, із позатрубної зони ємності нагрівання адсорбенту триває з метою підтримання у позатрубній зоні постійної температури під час зниження тиску внаслідок виходу CO_2 з ємності.

За бажанням, після вищевказаного непрямого теплообміну з насиченим CO_2 адсорбентом і до контакту з раніше регенованим адсорбентом для видалення CO_2 , технологічний газ піддають другому процесу охолодження. Таке друге та додаткове охолодження може здійснюватись за допомогою охолоджувальної води або повітря, та звичайно служить для охолодження технологічного газу до температури навколишнього середовища або до температури, трохи вищої температури навколишнього середовища, яка підходить для видалення CO_2 . Вищевказана температура переважно нижче 50°C і більш переважно становить $20\text{--}40^\circ\text{C}$. Крім того, під час такого другого охолодження можна вилучити водяний конденсат.

Після регенерації шар має високу температуру, наприклад, 200°C , і переважно охолоджується, перш ніж може приймати технологічний газ, що містить CO_2 . Таке охолодження регенованого шару можна здійснювати шляхом подачі охолоджувального середовища у вищевказані теплообмінні елементи. Ще більш переважно, якщо вищевказане охолоджувальне середовище являє собою потік декарбонізованого газу, одержаного раніше шляхом видалення CO_2 в іншому шарі. Під час адсорбції CO_2 є можливим непряме охолодження адсорбуючого шару для відведення теплоти адсорбції.

Слід розуміти, що будь-які посилання на шар або ємність можуть рівною мірою відноситись до групи або ряду шарів або ємностей, наприклад, розташованих паралельно. Термін "насичений CO₂ адсорбент" використовується для позначення адсорбенту після поглинання ним деякої кількості CO₂, або адсорбенту, насиченого CO₂. Термін "декарбонізований газ" означає технологічний газ після поглинання CO₂, і в якому вміст CO₂ нижче, чим у вхідному газі; у деяких варіантах здійснення винаходу та залежно від ступеня видалення діоксиду вуглецю вищевказаний декарбонізований газ являє собою газ, що в основному не містить CO₂.

Вхідний технологічний газ звичайно являє собою гарячий газ і може надходити із процесу спалювання або окиснення, у тому числі, димові гази реформінг-установки, пічний димовий відходящий газ димові гази електростанції і т.д. Звичайно температура потоку газу, одержуваного для здійснення способу видалення CO₂, що пропонується в даному винаході, становить принаймні 80 °C і переважно знаходиться в діапазоні 100-300 °C, більш переважно - 150-250 °C. Відходящий газ або димові гази з більш високою температурою звичайно охолоджують на попередніх стадіях, таких як рекуперація теплоти, фільтрування, видалення забруднюючих речовин і т.д. У даному описі термін "технологічний газ" може відноситись до газоподібних продуктів згоряння, які обробляють із метою видалення діоксиду вуглецю. Вищевказаний технологічний газ може являти собою, наприклад, димові гази з димової труби основної печі реформінгу на установці для одержання аміаку або метанолу.

Об'єктом винаходу є також установка для здійснення цього способу. Вищезгадана установка переважно включає принаймні першу ємність для видалення діоксиду вуглецю, що містить перший шар твердого матеріалу адсорбенту та перші теплообмінні елементи, занурені у вищевказаний перший шар; принаймні другу ємність для видалення діоксиду вуглецю, що містить другий шар твердого матеріалу адсорбенту та другі теплообмінні елементи, занурені у вищевказаний другий шар. Теплообмінні елементи визначають внутрішній шлях проходження середовища для теплообміну, і кожна вищевказана ємність має позатрубну зону та зону теплообміну, так що середовище, що проходить у позатрубній зоні, знаходиться в прямому контакті з матеріалом адсорбенту, а середовище в зоні теплообміну відділене від матеріалу адсорбенту. Установка включає також засоби для вибіркового спрямування вхідного потоку технологічного газу, що містить діоксид вуглецю, або

- по першому шляху, коли технологічний газ, що входить, спочатку проходить у зону теплообміну першої ємності для регенерації матеріалу адсорбенту в першій ємності, а потім - у позатрубну зону другої ємності для видалення CO₂,

- або по другому шляху, коли технологічний газ, що входить, спочатку проходить у зону теплообміну другої ємності для регенерації матеріалу адсорбенту в другій ємності, а потім - у позатрубну зону першої ємності для видалення CO₂.

Основні переваги даного винаходу полягають у тому, що цей спосіб може працювати безперервно, тому що регенерація першого шару або першої групи шарів може відбуватись одночасно з поглинанням CO₂ з технологічного газу в другому шарі або групі шарів. Іншою перевагою є ефективне використання теплоти: вхідний гарячий технологічний газ є джерелом теплоти для регенерації насичених шарів, поряд з тим, що в деяких варіантах здійснення винаходу холодний декарбонізований газ, що виходить із процесу адсорбції, може використовуватись для охолодження шару після регенерації і, таким чином, рекуперувати частину теплоти шару. Ще одна перевага, як вказувалось раніше, полягає в тому, що виділений CO₂ одержують під певним тиском, і для випуску не потрібний носій, такий як водяна пара або продувний газ. Більше того, CO₂ - не розбавлений і випускається з високим ступенем чистоти, що є значною перевагою, коли CO₂ направляють для подальшого використання.

Переваги даного винаходу будуть зрозумілі з наступного опису переважних і не обмежуючих варіантів здійснення винаходу.

Короткий опис креслень

Фіг. 1 - блок-схема секції видалення CO₂ відповідно до переважного варіанту здійснення винаходу.

Фіг. 2 і 3 розкривають режими роботи установки, зображеної на фіг. 1.

Докладний опис переважних варіантів здійснення винаходу

Як видно з фіг. 1, основними позиціями секції видалення CO₂ є перша ємність V1, друга ємність V2, холодильник С і сепаратор S. У ємностях V1 і V2 є шари B1 і B2 матеріалу адсорбенту, придатного для видалення CO₂ із газової фази з використанням способу TSA. У кожній з ємностей V1 і V2 є також пучки T1, T2 труб для теплообміну, занурені в шар адсорбенту.

Таким чином, ємності V1 і V2 мають трубну зону (усередині труб) і позатрубну зону (усередині ємності та за межами труб). У позатрубній зоні є шар адсорбенту, а трубна зона

визначає шлях проходження теплоносія або охолоджувального середовища. Позатрубна зона та трубна зона в ємностях не сполучені між собою.

Трубопроводи 11, 12 сполучені із трубною зоною ємності V1 (тобто, із внутрішньою частиною труб T1), тоді як трубопроводи 13, 14 сполучені із позатрубною зоною. Аналогічно, трубопроводи 21, 22 сполучені із трубною зоною ємності V2, а саме, із внутрішньою частиною труб T2, а трубопроводи 23, 24 сполучені із поза трубною зоною ємності V2.

Гарячий технологічний газ, що містить CO₂, позначений буквою G. Вхідний газ G може бути спрямований або в трубну зону першої ємності V1 по трубопроводу 11, або в трубну зону другої ємності V2 по трубопроводу 21. Технологічний газ, що проходить усередині труб T1 або T2, забезпечує теплоту для регенерації відповідного шару B1 або B2 адсорбенту. Регенерація відбувається за принципом TSA, так як кількість CO₂, адсорбованого в шарі, залежить від температури. Одночасно технологічний газ охолоджується, наприклад, зі звичайної температури на вході, що становить 150-200 °C, до середньої температури, що становить 60-80 °C.

Температура технологічного газу, що виходить із труб ємності V1 (або V2), продовжує знижуватись в холодильнику C, і конденсат W, що в основному містить воду, можна відокремити в сепараторі S. Технологічний газ, що виходить із верхньої частини сепаратора S, приблизно з температурою навколишнього середовища, надходить у позатрубну зону іншої ємності V2 (або V1, відповідно), де контактує із шаром адсорбенту для видалення CO₂.

Інакше кажучи, CO₂ видаляється із технологічного газу в одному шарі, у той час як інший шар регенерується за допомогою теплоти, що доставляється цим же технологічним газом. Таким чином, секція видалення CO₂ має два режими роботи. Вхідний газ G може бути спрямований в трубопровід 11 або трубопровід 21, що означає - у трубну зону ємності V1 або V2. Відповідно, після проходження в один або інший пучок труб, технологічний газ може досягати вхідного трубопроводу 15 холодильника C по трубопроводу 12 або по трубопроводу 22. Технологічний газ, що виходить по трубопроводу 17 з верхньої частини сепаратора S, може бути спрямовано в трубопровід 13 або 23, а значить - у позатрубну зону V1 або V2. Ряд клапанів (не показаний) забезпечує можливість вибору напрямку потоку.

Вказані два режими роботи, що зв'язані між собою, стають зрозумілими із фіг. 2 і 3, де жирні лінії показують шлях проходження газу G під час обробки.

На фіг. 2 шар B1 адсорбенту в ємності V1 уже насичений діоксидом вуглецю, а шар B2 адсорбенту в ємності V2 готовий до поглинання CO₂, наприклад, регенований на попередній стадії. Тому вхідний технологічний газ G направляють по трубопроводу 11 у пучок T1 труб, щоб регенерувати шар B1. Непрямий теплообмін має подвійну перевагу: нагрівання шару для регенерації та охолодження технологічного газу G до більш низької температури для контакту із шаром B2.

Поки гарячий технологічний газ проходить по трубах T1, шар B1 виділяє діоксид вуглецю. На цій стадії всі сполучення із позатрубною зоною ємності V1, наприклад, трубопроводи 13 і 14 закриті. Таким чином, CO₂ виділяється в закритий простір, і тиск усередині ємності V1 підвищується. Після завершення регенерації шару B1 у позатрубній зоні V1 є насичений CO₂ газ під певним тиском, наприклад, 1,5 бар, при початковому тиску 1 бар. Вищевказаний газ, насичений CO₂, може містити виділений діоксид вуглецю та деяку кількість залишкового газу з попередньої стадії поглинання CO₂. Вищевказаний тиск є рушійною силою для добування з ємності; трубопровід 14 може бути відкритий для вільного випуску вищевказаного газу, насиченого CO₂, для подальшого використання; технологічний газ продовжує рух у трубній зоні до повного зняття тиску у позатрубній зоні з метою підтримання температури у позатрубній зоні, в протилежному випадку в процесі температура знижувалась би разом з тиском, що привело б до повторної адсорбції в адсорбенті принаймні частини CO₂.

Технологічний газ G, усе ще насичений CO₂, виходить із труб ємності V1 по трубопроводу 12 і проходить через холодильник C для додаткового охолодження, переважно до температури навколишнього середовища або близької до неї (наприклад, 30-40 °C). Лінія 18 позначає охолоджувальне середовище, наприклад, повітря або воду, яке не вступає в контакт із технологічним газом. Після проходження через сепаратор S (трубопровід 16) холодний технологічний газ надходить тепер по трубопроводу 23 у позатрубну зону ємності V2. Тут технологічний газ контактує із шаром B2, CO₂ адсорбується, і по трубопроводу 24 одержують декарбонізований газ.

Вищевказаний декарбонізований газ у трубопроводі 24, може бути використаний для охолодження раніше регенованого шару B1. Фактично, після регенерації цей шар має високу температуру (наприклад, 200 °C); використання декарбонізованого газу як охолоджувального середовища вигідно, тому що виключається потреба в зовнішніх охолоджувальних засобах,

таких як повітря або вода. Температура декарбонізованого газу, природно, також підвищується; у ряді випадків наявність декарбонізованого газу з певною температурою може бути додатковою перевагою, наприклад, якщо вищевказаний газ направляється для подальшого використання.

Після регенерації першого шару B1 та (або) насичення другого шару B2, секція видалення CO₂ перемикається на режим, показаний на фіг. 3. У цьому режимі вхідний газ G направляється по трубопроводу 21 у труби T2, тобто, у трубну зону ємності V2, і виходить із вищевказаних труб по трубопроводу 22. Потім охолоджений газ проходить через холодильник С і сепаратор S і по трубопроводу 13 надходить у позатрубну зону ємності V1 для контакту із шаром B1 і видалення CO₂. Тепер декарбонізований газ виходить по трубопроводу 14, у той час як CO₂ можна одержувати по трубопроводу 24.

Слід розуміти, що на цих кресленнях зображено одна ємність V1 і одна ємність V2, але можливі еквівалентні варіанти здійснення винаходу із багатьма ємностями, установленими паралельно. Більше того, пучки T1 і T2 труб можна замінити змонтованими в ємностях теплообмінними пластинами або іншими теплообмінними елементами, що визначають шлях проходження теплоносія або охолоджувального середовища, ізолюваний від позатрубної зони.

ФОРМУЛА ВІНАХОДУ

20

1. Спосіб видалення діоксиду вуглецю з технологічного газу (G) з використанням твердого адсорбенту та адсорбції зі зміною температури, який **відрізняється** тим, що забезпечують:

- видалення діоксиду вуглецю з вищевказаного технологічного газу, що здійснюють по черзі принаймні в першому шарі (B1) вищезгаданого твердого адсорбенту та у другому шарі (B2) вищезгаданого твердого адсорбенту, причому поки діоксид вуглецю, що міститься у вхідному технологічному газі (G), адсорбується в другому шарі, відбувається регенерація першого шару, і навпаки, так що матеріал адсорбенту вищевказаного першого шару та вищевказаного другого шару насичується діоксидом вуглецю по черзі;

і тим, що забезпечують:

- охолодження вхідного технологічного газу (G) шляхом непрямого теплообміну з насиченим CO₂ адсорбентом або вищевказаного першого шару, або вищевказаного другого шару, таким чином, нагріваючи та регенеруючи вищезгаданий адсорбент, насичений CO₂;

- контакт вищевказаного газу з адсорбентом іншого шару, під час якого із охолодженого технологічного газу видаляють діоксид вуглецю;

причому шар(и) насиченого CO₂ адсорбенту під час нагрівання та регенерації шляхом непрямого теплообміну з вищевказаним технологічним газом залишають в закритому середовищі, так що нагрівання насиченого CO₂ адсорбенту відбувається в просторі з постійним об'ємом, і під час виділення діоксиду вуглецю із вищевказаного адсорбенту тиск у вищезгаданому закритому середовищі підвищується.

2. Спосіб за п. 1, у якому вищевказану стадію нагрівання адсорбенту виконують доти, поки CO₂, що виділяється адсорбентом, виходить із вищезгаданого закритого середовища, для того, щоб під час зниження тиску підтримувати в основному постійну температуру вищезгаданого середовища.

3. Спосіб за п. 1, у якому забезпечують непряме охолодження шару, що адсорбує CO₂, для відведення теплоти адсорбції з метою збільшення кількості CO₂, що адсорбується.

4. Спосіб за п. 1, у якому вищевказаний непрямий теплообмін між технологічним газом і шаром насиченого CO₂ адсорбенту здійснюють при проходженні технологічного газу (G) усередині теплообмінних елементів (T1, T2), занурених у вищезгаданий шар, причому цей шар знаходиться у позатрубній зоні ємності (V1, V2).

5. Спосіб за п. 4, причому вищевказані теплообмінні елементи являють собою труби (T1, T2) або пустотілі пластини.

6. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що технологічний газ, після першого охолодження в результаті вищевказаного непрямого теплообміну з насиченим діоксидом вуглецю адсорбентом, піддають другому процесу охолодження, та деяку кількість конденсату видаляють до контакту вищевказаного технологічного газу із шаром адсорбенту для видалення CO₂.

7. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що після завершення регенерації вищевказаного першого шару або другого шару, відповідно, цей шар охолоджують шляхом непрямого теплообміну з охолоджувальним середовищем.

8. Спосіб за п. 7, який **відрізняється** тим, що вищевказаним охолоджувальним середовищем є потік декарбонізованого технологічного газу.

9. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що вхідний технологічний газ має температуру не нижче 80 °С, а переважно - у діапазоні 100-300 °С.

10. Спосіб за п. 9, який **відрізняється** тим, що вхідний технологічний газ із температурою 100-300 °С під час нагрівання та регенерації насиченого CO₂ адсорбенту першого або другого шару охолоджують до 60-80 °С, потім газ ще охолоджують до 30-40 °С шляхом теплообміну з відповідним охолоджувальним середовищем, таким як охолоджувальна вода або охолоджувальне повітря, і вищевказаний додатково охолоджений газ вводять у контакт з ненасиченим адсорбентом іншого шару.

11. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що адсорбцію діоксиду вуглецю в ненасиченому адсорбенті виконують під тиском навколишнього середовища.

12. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що вищевказаний технологічний газ являє собою газ із процесу риформінгу або часткового окиснення вуглеводню, призначений для застосування як свіжого газу, що змішують з рецикловим газом, для синтезу метанолу або аміаку.

13. Установка для здійснення способу видалення діоксиду вуглецю із потоку газу, що включає:

15 - принаймні першу ємність (V1) для видалення діоксиду вуглецю, що містить перший шар (B1) твердого матеріалу адсорбенту та перші теплообмінні елементи (T1), занурені у вищевказаний перший шар;

20 - принаймні другу ємність (V2) для видалення діоксиду вуглецю, що містить другий шар (B2) твердого матеріалу адсорбенту та другі теплообмінні елементи (T2), занурені у вищевказаний другий шар;

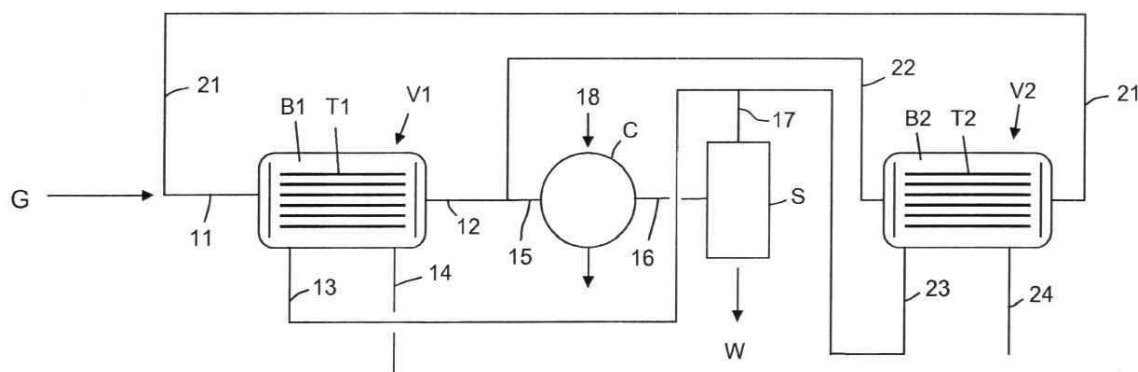
25 - теплообмінні елементи, що визначають внутрішній шлях проходження середовища для теплообміну, причому кожна з вищевказаних ємностей, таким чином, має позатрубну зону та зону теплообміну, при цьому середовище, що проходить у позатрубній зоні, знаходиться в прямому контакті з матеріалом адсорбенту, а середовище в зоні теплообміну відділене від матеріалу адсорбенту;

- установка включає також засоби для вибіркового спрямування вхідного потоку газу, що містить діоксид вуглецю, або

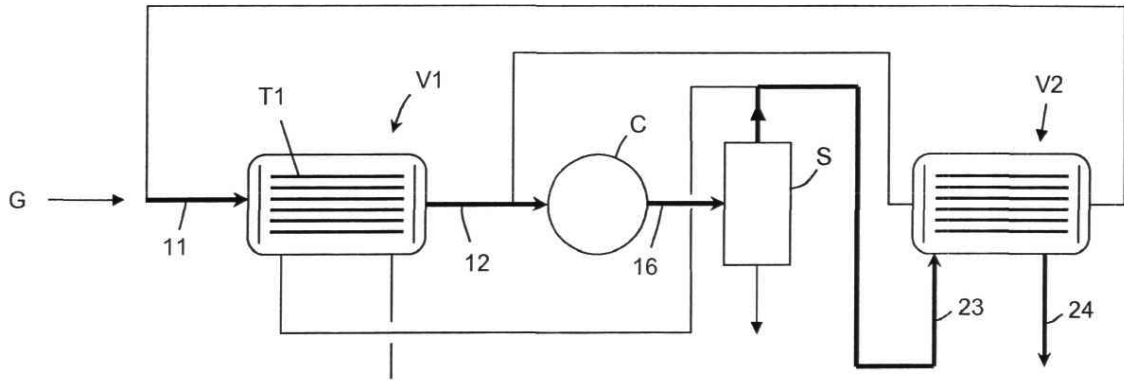
30 - відповідно до першого шляху проходження, коли вхідний газ спочатку проходить у зону (T1) теплообміну першої ємності для регенерації матеріалу адсорбенту в першій ємності, а потім - у позатрубну зону другої ємності для контакту з вищевказаним другим шаром і видалення CO₂; або

35 - відповідно до другого шляху проходження, коли вхідний газ спочатку проходить у зону теплообміну другої ємності для регенерації матеріалу адсорбенту в другій ємності, а потім - у позатрубну зону першої ємності для контакту з вищевказаним першим шаром і видалення CO₂; та

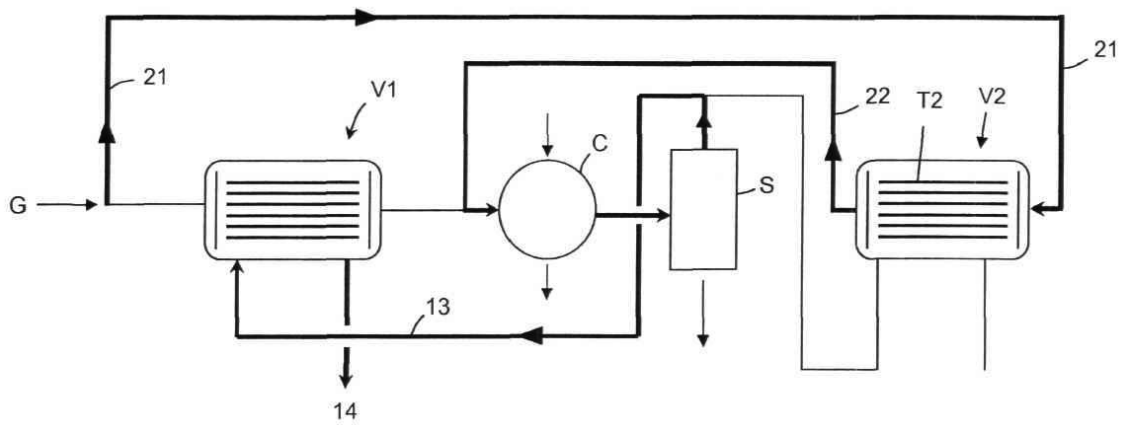
- засоби для ізоляції позатрубної зони першої або другої ємності під час здійснення регенерації для того, щоб газ, що містить CO₂, накопичувався під тиском у вищевказаній ізольованій позатрубній зоні першої або другої ємності, та засоби для випуску газу, які можна відкрити для випуску вищевказаного газу, що містить CO₂.



ФІГ. 1



ФІГ. 2



ФІГ. 3

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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