



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 120597

(13) C2

(51) МПК

B01D 53/86 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2016 03347	(72) Винахідник(и):	Ватсон Девід (GB), Суїнні Джон (GB)
(22) Дата подання заявки:	17.10.2014	(73) Власник(и):	ДЖОНСОН МАТТХЕЙ ДЕВІ ТЕКНОЛОДЖІС ЛІМІТЕД, 5th Floor, Farringdon Street, London EC4A 4AB, Great Britain (GB)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.01.2020	(74) Представник:	Кузьменко Сергій Юрійович, реєстр. №283
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	1318592.1	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	US 2012/189523 A1, 26.07.2012 JP 2006312143 A, 16.11.2006 CN 102225321 A, 26.10.2011
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	21.10.2013		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	GB		
(41) Публікація відомостей про заявку:	10.08.2016, Бюл.№ 15		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.01.2020, Бюл.№ 1		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/GB2014/053126, 17.10.2014		

(54) СПОСІБ ВИДАЛЕННЯ МЕТАНУ З ГАЗУ**(57) Реферат:**

Винахід стосується способу видалення метану з сировинного газу, що має концентрацію метану 2 мольн. % або менше, причому вказаний спосіб включає наступні стадії:

- (a) пропускання сировинного газу через теплообмінник для підвищення температури газу до бажаної температури на вході T_1 реактора окиснення;
- (b) пропускання нагрітого потоку зі стадії (a) у реактор окиснення, що містить каталізатор окиснення, де метан окиснюється;
- (c) видалення газового потоку, що містить продукти реакції окиснення, з реактора, причому вказаний газовий потік характеризується температурою на виході T_2 , яка вище температури на вході T_1 ;
- (d) пропускання газового потоку, видаленого на стадії (c), через теплообмінник відносно потоку у реактор зі стадії (a) для забезпечення регенерації тепла газового потоку, видаленого на стадії (c), і використання для нагрівання потоку у реактор на стадії (a); і
- (e) вимірювання температури на виході T_2 і контролю температури на вході T_1 шляхом регулювання кількості підживлювального метану, що вводиться у сировинний газ, якщо температура сировинного газу знаходиться нижче бажаної температури на вході T_1 .

UA 120597 C2

Даний винахід відноситься до способу видалення метану з газу. Більш конкретно, він відноситься до способу видалення метану з газу при низькій концентрації метану та, зокрема, при концентрації приблизно 1 мольн. % або менше. Ще більш конкретно він відноситься до способу видалення метану з вентиляційного газу вугільних шахт.

5 Пласт вугілля буде у більшості випадків містити значну кількість метану, адсорбованого в ньому. Зазвичай бажано та можливо видаляти цей метан з нерозроблюваного пласта за допомогою дренажу. Видобутий газ буде характеризуватися відносно високою концентрацією метану, яка може знаходитися в області від приблизно 30 мольн. % до приблизно 95 мольн. %. Таким чином, відносно легко та рентабельно використовувати цей метан.

10 Метан також виявляється в газі, відведеному з вентиляційної системи вугільної шахти. Однак, на відміну від газу з шахтного пласта вентиляційний газ характеризується дуже низькою концентрацією метану, яка буде зазвичай становити тільки порядку від приблизно 0,1 мольн. % до приблизно 1 мольн. %. Таким чином, його зазвичай скидають в атмосферу з іншими газами, які утворюють скидання вентиляційного газу.

15 Хоча цей викид метану безпосередньо не є небезпечним для людей, вважається, що його присутність в атмосфері може робити внесок у глобальне потепління та/або зміну клімату. Таким чином, бажано розробити альтернативні конструкції для зниження кількості метану, що скидається.

20 Хоча в теорії одним варіантом видобування метану буде концентрування вентиляційного газу вугільних шахт із тим, щоб кількість метану стала вище, у такому способі будуть отримувати концентрацію аж до границі вибуховості метану, яка зазвичай становить від приблизно 5 мольн. % до приблизно 15 мольн. % метану. Таким чином, присутні значні фактори небезпеки, пов'язані з будь-яким способом, який включає стадію концентрування.

25 З огляду на це різні альтернативні способи були запропоновані або для використання вентиляційного газу безпосередньо, наприклад, у турбінах, або для окислення газу у присутності або за відсутності підходящого каталізатора так, щоб метан, що знаходиться в газі, окислювався до діоксиду вуглецю та води перед його видаленням. Приклади систем окислення описані в документах CN102230393, CN102225321, CN102218286, CN102205207, CN101418702, CN101906986, CN201301726, CN201650343 і CN101206027.

30 При процесах окислення зазвичай необхідно нагрівати газ перед його контактом з каталізатором. Проте, цими процесами може бути важко керувати. Одна проблема полягає в тому, що температуру в реакторі слід регулювати так, щоб вона була достатньо високою для того, щоб відбувалася реакція, але так, щоб вона не була занадто високою, оскільки високі температури можуть пошкоджувати та навіть дезактивувати каталізатор.

35 Необхідність контролю температури під час процесу окислення ускладнюється тим, що концентрація газоподібного метану у потоці вентиляційного газу, видобутого з шахти, коливається.

Один запропонований спосіб для використання газових потоків, що характеризуються низькою, але такою, що змінюється, концентрацією метану у вентиляційному газі з вугільної шахти, обговорюється в US2012/0189523. Відповідно до першої конструкції запропонований спосіб передбачає подачу газу через теплообмінник, в якому його попередньо нагрівають. Цей попередньо нагрітий газ потім подають в реактор, в якому він контактує з каталізатором окислення для того, щоб відбувалася реакція окислення. Газ, що прореагував, потім пропускають через теплообмінник для того, щоб регенерувати тепло шляхом теплообміну з газом, що не прореагував. Спосіб також передбачає змінення кількості газу, яку подають на каталізатор окислення, залежно від концентрації метану в газі, який слід обробити, таким чином, щоб витрата газу збільшувалася, коли концентрація метану висока, і зменшувалася, коли концентрація метану низька.

Відповідно до другої конструкції, описаної в US2012/0189523, газ, який слід обробити, пропускають через низькотемпературний перепускний трубопровід у теплообмінник з тим, щоб він нагрівався. Попередньо нагрітий газ потім подають в реактор, в якому він контактує з каталізатором окислення, при цьому відбувається бажана реакція окислення. Газ, що прореагував, потім пропускають через теплообмінник для забезпечення теплообміну з сировинним газом. Відповідно до даної конструкції деяку частину потоку на бік низької температури або на бік високої температури теплообмінника можна пропускати через короткий перепускний трубопровід з тим, щоб частина газу могла обійти теплообмінник. Відношення сировинного газу, який слід подавати через короткий перепускний трубопровід, до кількості, яку слід подавати в теплообмінник, можна змінювати так, що, чим менше відношення, тим нижче концентрація метану в сировинному газі, і, чим вище відношення, тим вище концентрація метану в сировинному газі.

Хоча ці способи пропонують деякі засоби для вирішення проблем, пов'язаних із використанням метану з низькою концентрацією в газі, таким як вентиляційні потоки шахт, бажано забезпечити альтернативний спосіб для використання газових потоків, що містять кількість метану, яка нижче діапазону горіння, таких як вентиляційний потік із вугільної шахти.

Відповідно до першого аспекту даного винаходу забезпечується спосіб видалення метану з сировинного газу, що характеризується концентрацією метану приблизно 2 % або менше, причому вказаний спосіб передбачає стадії:

(а) необов'язково змішування сировинного газу з підживлювальним метаном або підживлювальним повітрям;

(b) пропускання сировинного газу та необов'язково підживлювального газу через теплообмінник для підвищення температури газу до бажаної температури на вході T_1 реактора окислення;

(с) пропускання нагрітого потоку зі стадії (b) у реактор окислення, що містить каталізатор окислення, де метан окислюється;

(d) видалення газового потоку, що містить продукти реакції окислення, з реактора, причому вказаний газовий потік характеризується температурою на виході T_2 , яка вище температури на вході T_1 ;

(е) пропускання газового потоку, видаленого на стадії (d), через теплообмінник відносно потоку в реактор зі стадії (b) для забезпечення регенерації тепла газового потоку, видаленого на стадії (d), і використання для нагрівання потоку в реактор на стадії (b) та

(f) вимірювання температури на виході T_3 та контролю температури на вході T_1 шляхом регулювання відносної кількості підживлювального метану й/або підживлювального повітря, що вводиться на стадії (а).

Буде зрозуміло, що шляхом регулювання температури на виході T_2 регулюють температуру на вході T_1 .

Відповідно до однієї конструкції температуру на виході T_2 порівнюють із заздалегідь визначеною бажаною температурою, а концентрацію метану або повітря в сировині регулюють з тим, щоб регулювати температуру на вході T_1 таким чином, щоб після підвищення температури, викликаного реакцією, T_2 наближалася до бажаної температури. T_1 не будуть регулювати до температури, яка нижче мінімальної температури початку реакції.

Термін служби каталізатора максимізують відповідно до даного винаходу, оскільки температури можна регулювати так, щоб мінімізувати та переважно уникнути викликану температурою втрати властивостей каталізатором. Відповідно до даного винаходу T_1 слід встановлювати в границях робочого діапазону, що не дозволяє T_2 підвищуватися вище максимальної робочої температури каталізатора. Однак, зміни концентрації метану з шахти будуть викликати коливання в спостережуваному екзотермічному ефекті й, отже, зміни T_2 . Цю зміну слід регулювати так, щоб вона була нижче максимально допустимого показника для T_2 , а також слід регулювати так, щоб отримувати бажану температуру на вході в шар каталізатора T_1 .

Таким чином, у даному винаході використовують той факт, що, як тільки підвищується концентрація метану, температура на виході T_2 буде підвищуватися. Якщо температура T_2 підвищується, підживлювальне повітря можна змішувати з сировиною з тим, щоб концентрація метану знизилася. Аналогічно, якщо температура T_1 занадто низька, щоб забезпечувати роботу каталізатора, введення підживлювального метану для підвищення концентрації метану буде підвищувати T_2 так, щоб більш гарячий потік проходив через теплообмінник, що, у свою чергу, буде призводити до підвищення температури сировинного потоку, як тільки він проходить через теплообмінник, і, таким чином, підвищення T_1 .

Будь-який підходящий каталізатор можна використовувати в реакторі окислення. Відповідно до однієї конструкції каталізатор може являти собою іридій і платину, дисперговані на носії, такому як оксидний носій. Приклади підходящих носіїв включають діоксид цирконію, діоксид титану, оксид алюмінію або їх суміші. Відповідно до альтернативної конструкції каталізатор може являти собою паладій і/або платину на носії. Каталізатор може знаходитися у будь-якій конфігурації, що підходить, але відповідно до однієї конструкції він може бути у вигляді підкладки з покриттям, наприклад, у вигляді металевої або керамічної стільникової конфігурації.

Потрібна температура буде залежати від використововуваного каталізатора. Якщо каталізатор містить паладій і/або платину на носії, T_1 переважно становить щонайменше 350 °C. Температури понад 650 °C будуть зазвичай уникати для максимізації терміну служби каталізатора та мінімізації вартості реактора.

Як тільки нагрітий газ, що містить метан, проходить через каталізатор, метан окислюється до діоксиду вуглецю та води.

Відповідно до однієї конструкції витрата в реактор буде підтримуватися постійною.

Варто розуміти, що підживлювальний метан, який необов'язково вводиться на стадії (а), може являти собою метан або газовий потік, що містить метан. Відповідно до даної останньої конструкції збагачений метаном потік є переважним.

Таким чином, даний винахід забезпечує систему, яка враховує коливання концентрації метану. Конструкція достатньо гнучка, щоб швидко змінювати кількість підживлювального метану або підживлювального повітря, у той самий час зберігаючи загальний потік на шар каталізатора постійним.

Відповідно до другого аспекту даного винаходу забезпечується спосіб видалення метану з сировинного газу, що характеризується концентрацією метану приблизно 2 мольн. % або менше, причому вказаний спосіб передбачає стадії:

(а) пропускання сировинного газу через теплообмінник для підвищення температури газу до бажаної температури на вході T_1 реактора окислення;

(b) необов'язково байпасування частини сировини повз теплообмінник з необов'язковим підживлювальним повітрям;

(c) пропускання нагрітого потоку зі стадії (а) та будь-якої байпасованої сировини зі стадії (b) у реактор окислення, що містить каталізатор окислення, де метан окислюється;

(d) видалення газового потоку, що містить продукти реакції окислення, з реактора, причому вказаний газовий потік характеризується температурою на виході T_2 , яка вище температури на вході T_1 ;

(e) пропускання газового потоку, видаленого на стадії (d), через теплообмінник відносно потоку в реактор зі стадії (а) для забезпечення регенерації тепла газового потоку, видаленого на стадії (d), і використання для нагрівання потоку в реактор на стадії (а) та

(f) вимірювання температури на виході T_2 та контролю температури на вході T_1 шляхом регулювання кількості сировини, яка проходить повз теплообмінник.

Буде зрозуміло, що шляхом регулювання температури на виході T_2 регулюють температуру на вході T_1 .

Змішування холодного байпасного потоку з нагрітим сировинним потоком полегшує регулювання температури T_1 на вході в реактор. Кількість байпасного газу можна збільшувати, як тільки концентрація метану збільшується, що буде в іншому випадку призводити до підвищення температури на виході з реактора.

Каталізатор і температури є такими, як обговорювалося вище стосовно вищевказаного першого аспекту даного винаходу.

Відповідно до будь-якої конструкції полум'яний пусковий нагрівач або інший підходящий спосіб нагрівання можна забезпечувати для нагрівання реактора до робочих умов.

Якщо каталізатор дезактивується, відхідний газ реактора буде в результаті містити метан. Присутність метану у відхідному потоці можна виявити. Ці процеси можуть потім забезпечувати роботу системи так, що T_1 може підвищуватися до тих пір, поки ніякого додаткового метану у потоці, що видаляється з детектора, не буде помічено.

Концентрацію метану у потоці, отриманому з реактора, можна визначати будь-якими підходящими засобами. Відповідно до однієї конструкції її можна вимірювати за допомогою недиспергуючого інфрачервоного аналізатора, в якому використовують твердотілий детектор, який забезпечує безперервний контроль метану аж до 1 частини на мільйон або менше.

Потік сировинного газу може характеризуватися менше ніж приблизно 1 мольн. % метану, або менше ніж приблизно 0,5 мольн. %, або менше ніж приблизно 0,1 мольн. % метану.

Будь-яку підходящу витрату газу можна використовувати. Відповідно до однієї конструкції часова об'ємна швидкість газу може становити приблизно 20000 л газу/л каталізатора/год. при лінійній швидкості на зовнішній поверхні каталізатора приблизно менше 20 м/с.

Хоча даний винахід був описаний з посиланням на обробку метану у вентиляційному газі з вугільної шахти, буде зрозуміло, що він однаково придатний для інших потоків, в яких присутня низька концентрація метану.

Даний винахід тепер буде описаний в якості прикладу з посиланням на супутні графічні матеріали, на яких:

на фіг. 1 представлено схематичне зображення технологічної схеми відповідно до першого аспекту даного винаходу; а

на фіг. 2 представлено схематичне зображення технологічної схеми відповідно до другого аспекту даного винаходу.

Фахівцям у даній області техніки буде зрозуміло, що графічні матеріали є схематичними, і що додаткові елементи обладнання, такі як збірники зрошувальної фракції, насоси, вакуумні насоси, датчики температури, датчики тиску, клапани скидання тиску, регулюючі клапани, регулятори витрати, регулюючі витрати заслінки, газоходи, полум'ягасники, регулятори рівня,

баки-накопичувачі, резервуари для зберігання та подібне, можуть бути потрібними на комерційному підприємстві. Забезпечення таких додаткових елементів обладнання не утворює частину даного винаходу, а знаходиться згідно зі звичайною практикою у хімічній технології.

Як показано на фіг. 1, газ відводять з шахти за лінією 1 за допомогою вентилятора 2, при цьому він змішується з необов'язковим підживлювальним метаном, зазвичай у вигляді збагаченого метаном газу, 3 або необов'язковим підживлювальним повітрям за лінією 4, що подається вентилятором 13, а потім його подають у теплообмінник 5, де його нагрівають до температури T_1 , і потім його подають за лінією 6 в реактор 7. У реакторі метан перетворюється в діоксид вуглецю та воду. Газовий потік, який буде нагрітий під час екзотермічної реакції до температури T_2 , потім відводять з реактора за лінією 8, за якою його пропускають через теплообмінник 5 відносно сировини, що надходить, за лінією 1 так, що він охолоджується, а сировинний потік нагрівається. Охолоджений продукційний газ потім відводять за лінією 9.

Контролер 10 контролює температури T_1 і T_2 , виміряні датчиками 11 і 12, а потім регулює подачу підживлювального метану та підживлювального повітря за необхідності.

Відповідно до альтернативної конструкції, показаної на фіг. 2, сировину 21 відводять з шахти за допомогою вентилятора 22 головного провітрювання, а потім її направляють у теплообмінник 23, де вона нагрівається. Частину сировини можна байпасувати повз теплообмінник за лінією 24, а потім змішувати з нагрітою сировиною. Клапан 25 регулює байпас. Підживлююче повітря можна вводити у байпасний потік за лінією 26 за допомогою вентилятора 27. При запуску метан, який пропускали через пусковий пальник 31, можна вводити за лінією 38. Також можна вводити метан за допомогою ліній 38 і 39, які обходять пусковий пальник при нормальній роботі.

Потік потім подають за лінією 28 у реактор 29, де відбувається реакція. Газовий потік потім видаляють з реактора 29 за лінією 32, причому його потім пропускають через теплообмінник 23, де він охолоджується, у той самий час нагріваючи сировинний газ. Охолоджений газ потім скидають за лінією 33.

Контролер 34 контролює температури T_1 і T_2 , виміряні датчиками 35 і 36 й аналізатором 37 метану на виході, а потім контролює кількість байпаса за допомогою клапану 25 і кількість підживлювального повітря, що вводиться за лінією 26.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб видалення метану з сировинного газу, що має концентрацію метану 2 мольн. % або менше, причому вказаний спосіб включає наступні стадії:

(a) пропускання сировинного газу через теплообмінник для підвищення температури газу до бажаної температури на вході T_1 реактора окиснення;

(b) пропускання нагрітого потоку зі стадії (a) у реактор окиснення, що містить каталізатор окиснення, де метан окиснюється;

(c) видалення газового потоку, що містить продукти реакції окиснення, з реактора, причому вказаний газовий потік характеризується температурою на виході T_2 , яка вище температури на вході T_1 ;

(d) пропускання газового потоку, видаленого на стадії (c), через теплообмінник відносно потоку у реактор зі стадії (a) для забезпечення регенерації тепла газового потоку, видаленого на стадії (c), і використання для нагрівання потоку у реактор на стадії (a); і

(e) вимірювання температури на виході T_2 і контролю температури на вході T_1 шляхом регулювання кількості підживлювального метану, що вводиться у сировинний газ, якщо температура сировинного газу знаходиться нижче бажаної температури на вході T_1 .

2. Спосіб за п. 1, в якому температуру на виході T_2 порівнюють із заздалегідь визначеною бажаною температурою, а концентрацію метану у сировині регулюють для того, щоб регулювати температуру на вході T_1 таким чином, щоб після підвищення температури, викликаного реакцією, T_2 наближалася до бажаної температури.

3. Спосіб за п. 1 або п. 2, в якому каталізатор містить паладій і/або платину на носії.

4. Спосіб за п. 3, в якому носій являє собою оксидний носій.

5. Спосіб за будь-яким із пп. 1-4, в якому носій каталізатора представлений у вигляді стільникової конфігурації.

6. Спосіб за п. 3 або п. 4, в якому температура T_1 переважно становить щонайменше 350 °C.

7. Спосіб за п. 3, в якому температура T_2 переважно становить 650 °C або менше.

8. Спосіб за будь-яким із пп. 1-7, в якому потік сировинного газу містить менше 1 мольн. % метану або менше 0,5 мольн. %, або менше ніж приблизно 0,1 мольн. % метану.

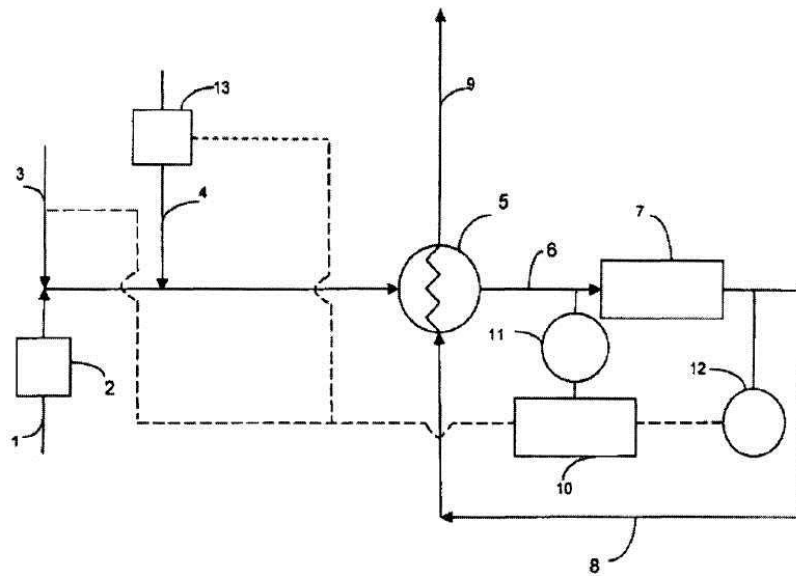


Fig. 1

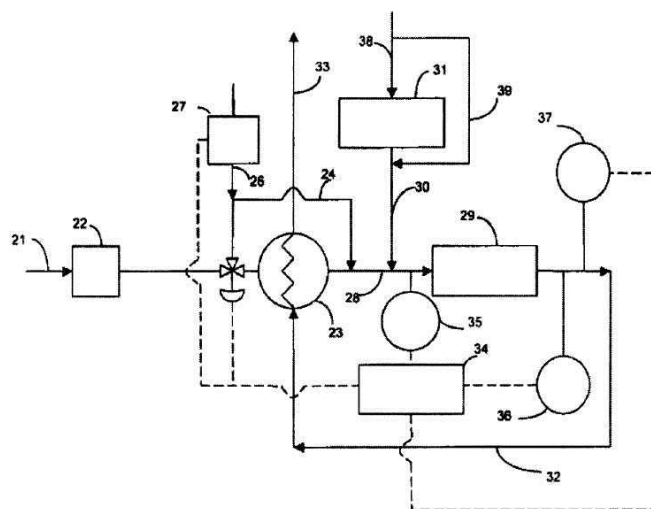


Fig. 2

Комп'ютерна верстка В. Мацело

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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