

Дійсний винахід відноситься до способу розділення відхідного газу або диму, який утворюється при окисненні палива і виділення з нього діоксиду вуглецю. Винахід відноситься, зокрема, до способу виділення діоксиду вуглецю з відпрацьованого газу або диму, який утворюється при окисненні повітрям викопних палив або їх фракцій, або похідних, шляхом його розділення.

Під терміном "окиснення" у контексті дійсного винаходу мається на увазі і звичайне горіння палива, зокрема копалини, що спалюється у повітрі в побутових або промислових цілях, і електрохімічне окиснення палива, що відбувається, наприклад, у паливних елементах.

Відомо, що в даний час відпрацьовані (відхідні) гази або дим, які утворюються в процесі горіння або в інших процесах окиснення природного (що спалюється) палива в побутових умовах або на промислових установках, зазвичай викидають в атмосферу, створюючи тим самим серйозні проблеми, пов'язані з забрудненням навколишнього середовища. Найбільш серйозні проблеми пов'язані з глобальним збільшенням температури планети, відомим як "парниковий ефект", і обумовлені в першу чергу збільшенням вмісту в атмосфері Землі діоксиду вуглецю, що попадає до неї разом з відпрацьованими газами або димом.

Крім того, відомо, що в деяких промислових процесах діоксид вуглецю використовується як вихідний продукт. До таких процесів відносяться, зокрема, процеси, у яких використовують теплову енергію, яку одержують шляхом спалювання природного палива. Очевидно, що в цих випадках для збільшення продуктивності та/або зниження вартості вихідних матеріалів доцільно використовувати діоксид вуглецю, щонайменше частково виділений з відхідних газів, які утворюються в процесі горіння.

Відомо, наприклад, що вихідні матеріали, які використовуються для одержання аміаку і сечовини або метанолу, такі як водень, монооксид і діоксид вуглецю, зазвичай одержують у виді газоподібної суміші в результаті риформінгу метану або інших легких вуглеводнів, таких як природний газ, ЗНГ (зріджений нафтовий газ) і нафта.

Конверсію метану проводять у спеціальній печі, що входить до складу всієї установки для риформінгу, звичайно призначеної для одержання аміаку і сечовини або метанолу, використовуючи теплову енергію, яку одержують в результаті згорання з повітрям деякої частини вихідного метану.

При одержанні аміаку і сечовини для конверсії водню в аміак до отриманої, в результаті риформінгу, суміші газів у стехіометричній пропорції додають азот.

При цьому, однак, кількість діоксиду вуглецю, що міститься в отриманій суміші газів, виявляється меншою стехіометричної кількості, необхідної для конверсії в сечовину всього отриманого аміаку, що, як очевидно, знижує продуктивність установки для одержання сечовини.

І, навпаки, при одержанні метанолу кількість водню, що міститься в отриманій у процесі риформінгу суміші газів, іноді перебільшує кількість водню, необхідну для конверсії в метанол всього монооксиду і діоксиду вуглецю, і тому надлишок водню, що відбирається з реактора синтезу, часто використовують як паливо.

Очевидно, що продуктивність і установки для одержання сечовини, і установки для одержання метанолу можна суттєво збільшити шляхом виділення принаймні частини діоксиду вуглецю, що міститься в газоподібних продуктах згорання, які утворюються при риформінгу метану.

Проблема, пов'язана з виділенням і уловлюванням діоксиду вуглецю з газоподібних продуктів згорання або з диму, стоїть досить гостро й в останні десятиліття була об'єктом найрізноманітніших і численних досліджень. Більша частина цих досліджень була пов'язана з розробкою нових способів "мокрого" розділення суміші газів і виділення з неї діоксиду вуглецю. Запропоновані на основі цих досліджень методи мокрого очищення газоподібних продуктів згорання були засновані на використанні відповідних розчинів або розчинників, здатних вибірково абсорбувати діоксид вуглецю, з наступним виділенням діоксиду вуглецю з розчину або розчинника при його нагріванні.

Однак усі відомі в даний час подібні методи мають різні недоліки, що обмежують можливість їх промислового застосування.

Один з таких найбільш істотних недоліків пов'язаний з окисненням різних компонентів промивного розчину, що відбувається під дією кисню, що міститься в газоподібних продуктах згорання, і вимагає часткої заміни розчину.

Крім того, у газоподібних продуктах згорання звичайно містяться також оксиди сірки й азоту (SO_x та NO_x), що вступають у взаємодію з деякими компонентами промивного розчину й утворюють стійкі солі та інші небажані сполуки, які важко виділяються з розчину і утилізуються.

Необхідність часткої заміни промивного розчину і видалення з нього та подальшої утилізації небажаних сполук, які утворюються при його розкладанні, відповідно збільшує вартість усього процесу розділення газоподібних продуктів згорання і видалення з них діоксиду вуглецю.

Крім того, існуюче в даний час обладнання для розділення газоподібних продуктів згорання і видалення з них діоксиду вуглецю відрізняється порівняно високою складністю, має високу вартість, є трудомістким в обслуговуванні і займає багато місця, тому вимагає великих капіталовкладень і витрат на поточне обслуговування.

В основу представленого винаходу була покладена задача розробити простий у здійсненні і дешевий спосіб розділення відхідних газів, які утворюються при окисненні палива, і видалення з них діоксиду вуглецю, позбавлений перерахованих вище недоліків відомих способів розділення газів, які утворюються при окисненні палива і видалення з них діоксиду вуглецю.

Зазначена вище задача вирішується відповідно до винаходу за допомогою запропонованого в ньому способу розділення відхідних газів, які утворюються при окисненні палива і видалення з них діоксиду вуглецю, при здійсненні якого потік відхідного газу пропускають через напівпроникний для газу матеріал. У цьому напівпроникному для газу матеріалі від потоку відхідних газів, що проходять через нього, відділяють потік газу, який містить висококонцентрований діоксид вуглецю, і використовують щонайменше частину потоку газу, що містить висококонцентрований діоксид вуглецю, як вихідний матеріал на промисловій установці та/або збирають і зберігають для наступного використання щонайменше частину потоку газу, що містить висококонцентрований діоксид вуглецю.

Напівпроникний для газу матеріал можна вибирати з групи, що включає мембрани з порожнистими волокнами і матеріали, здатні адсорбувати переважно діоксид вуглецю, такі як молекулярні сита.

Як мембрани з порожнистими волокнами можна використовувати два види мембран, одні з яких переважно пропускають діоксид вуглецю, а інші не пропускають його.

До "молекулярних сит" відносяться всі звичайні мікропористі матеріали, здатні адсорбувати переважно діоксид вуглецю, що міститься в суміші газів, включаючи активоване вугілля. У залежності від конкретного способу адсорбції і вивільнення діоксиду вуглецю, всі такі матеріали розділяються на молекулярні сита або активовані вугілля типу АҚД (у яких адсорбція відбувається при періодичній зміні або коливанні тиску) або типу АКТ (у яких адсорбція відбувається при періодичній зміні або коливанні температури).

При адсорбції по АҚД-технології суміш газів, що містить діоксид вуглецю, пропускають через молекулярне сито під тиском, що прискорює переважну адсорбцію діоксиду вуглецю в мікропорах молекулярного сита. При наступному зниженні тиску одночасно відбувається десорбція діоксиду вуглецю й інших газоподібних компонентів, що утримуються разом з ним мікропорами молекулярного сита, і регенерація молекулярного сита.

При переважній адсорбції діоксиду вуглецю в мікропорах молекулярного сита по АКТ-технології суміш газів, яку розділяють, що містить діоксид вуглецю, пропускають через молекулярне сито при температурі, що не перевищує 80°C. Десорбція діоксиду вуглецю та інших газоподібних компонентів, що утримуються разом з ним мікропорами молекулярного сита, і регенерація молекулярного сита в цьому випадку відбувається при наступному підвищенні температури, наприклад за допомогою пари.

У запропонованому способі винаходу бажано використовувати щонайменше молекулярне сито типу АКТ.

Використання в запропонованому способі молекулярного сита типу АКТ виключає необхідність у стисканні великих кількостей газу, який розділяють, і дозволяє за рахунок цього одержувати діоксид вуглецю при порівняно низьких витратах енергії.

Крім того, для регенерації молекулярних сит типу АКТ досить пропускати через них пари або в іншому варіанті частину потоку газу, що містить висококонцентрований діоксид вуглецю, нагрітого до температури регенерації молекулярних сит.

Використання в запропонованому способі немоллекулярних сит типу АКТ, а мембран з порожнистими волокнами або молекулярних сит типу АҚД менш бажане через істотно більшу витрату енергії, необхідної для стискання відхідних газів, які піддають обробці.

Крім того, використання мембран з порожнистими волокнами пов'язане з високими витратами, навіть при значному збільшенні ефективності процесу і виділенні діоксиду вуглецю з інших газоподібних компонентів, що містяться у відхідних газоподібних продуктах згорання.

У кращому варіанті, здійснення винаходу в ньому пропонується спосіб розділення відхідних газів і виділення з них діоксиду вуглецю, у якому як напівпроникний для газу матеріал використовують матеріал, здатний адсорбувати переважно діоксид вуглецю і виділяти з потоку відхідного газу потік газу, що містить висококонцентрований діоксид вуглецю, і в якому потік відхідного газу пропускають через напівпроникний для газу матеріал, що адсорбує щонайменше істотну частину діоксиду вуглецю, що міститься у потоці відхідного газу, з одержанням на виході потоку газу з низьким вмістом діоксиду вуглецю, що пройшов через напівпроникний для газу матеріал, газ з низьким вмістом діоксиду вуглецю викидають в атмосферу і десорбують з напівпроникного для газу матеріалу щонайменше істотну частину діоксиду вуглецю з одержанням потоку газу, що містить висококонцентрований діоксид вуглецю.

Більш докладно відмічені особливості і переваги запропонованого в дійсному винаході способу виділення діоксиду вуглецю з відхідних газоподібних продуктів згорання розглянуті у приведеному нижче описі на прикладі, що ілюструє, але не обмежує обсяг винаходу, варіанта його можливого здійснення з посиланням на прикладене до опису креслення.

На прикладеному до опису кресленні показана принципова схема, що ілюструє можливий варіант здійснення запропонованого у винаході способу розділення відхідних газоподібних продуктів згорання і виділення з них діоксиду вуглецю.

Позначений на показаній на кресленні схемі позицією 1 блок являє собою піч, реактор або камеру згорання побутової або промислової установки, у якій разом з повітрям спалюють відповідне паливо, зокрема природне паливо.

Позначений на схемі позицією 2 блок являє собою теплообмінник, призначений для охолодження потоку гарячого відхідного газу, що утворюється при спалюванні палива в блоці 1.

У відхідних газах містяться, головним чином, діоксид вуглецю, пари води, кисень і азот, а також в обмеженій кількості оксиди азоту і сірки (SO_x та NO_x).

Блок, позначений позицією 3, являє собою компресор, що стискає до необхідного тиску потік охолоджених у теплообміннику 2 відхідних газів. Наявність компресора 3 не обов'язкова, однак його необхідно використовувати при виділенні діоксиду вуглецю за допомогою молекулярних сит типу АҚД або мембран з порожнистими волокнами, коли обробка відхідного газу потребує його обов'язкового стискання.

При використанні молекулярних сит типу АКТ необхідність у використанні компресора 3 відпадає і його можна замінити простим вентилятором.

Позицією 4 на схемі позначений блок з напівпроникним для газу матеріалом, зокрема мембраною або молекулярним ситом, у якому відбувається розділення потоку відхідного газу, що виходить із блоку 2 або блоку 3 з одержанням потоку газу, що містить висококонцентрований діоксид вуглецю, як це більш докладно розглянуто нижче.

Позицією 5 на схемі позначений ще один компресор, який стискає потік газу, що проникає у нього з блоку 4, та який містить висококонцентрований діоксид вуглецю.

Частину отриманого в блоці 4 потоку газу, що містить висококонцентрований діоксид вуглецю, нагрівають ще в одному теплообміннику, що позначений на схемі позицією 6.

Гарячі відхідні гази, які утворюються в блоці 1, подаються в теплообмінник 2 по трубопроводу 7.

У теплообміннику 2 потік відхідних газів охолоджують до температури в інтервалі від 20 до 80°C.

Потік охолодженого газу виходить з теплообмінника 2 по трубопроводу 8. При використанні в блоці 4 у якості напівпроникного для газу матеріалу мембран з порожнистими волокнами або молекулярним ситом типу АКД холодні відхідні гази, які виходять з теплообмінника по трубопроводу 8, спочатку стискають у компресорі 3 до абсолютного тиску в межах від 1 до 20 бар і тільки після цього по трубопроводу 9 подають у блок 4.

У тому випадку, коли в блоці 4 у якості напівпроникного для газу матеріалу використовують молекулярне сито типу АКТ, необхідність у компресорі 3 відпадає, і потік відхідних газів із блоку 2 відразу ж подають у блок 4.

У напівпроникному для газу матеріалі, що знаходиться в блоці 4, відбувається виділення потоку газу, що містить висококонцентрований діоксид вуглецю, з потоку відхідних газів, що подаються у нього по трубопроводу 8 або 9.

У блоці 4 бажано використовувати молекулярне сито типу АКТ, через яке переважно проходить азот і в якому одночасно переважно адсорбується суміш газоподібних компонентів, що містять кисень, тобто головним чином діоксид вуглецю, водяну пару і чистий кисень.

По трубопроводу, позначеному на схемі позицією 10, із блоку 4 після обробки в ньому відхідних газів в атмосферу викидають газ, у якому головним чином міститься азот.

Для десорбції діоксиду вуглецю й інших сполук, що містять кисень, які адсорбуються в блоці 4, на деякий час перекривають з'єднання із блоком 4 трубопровід 8 або 9 і регенерують у блоці 4 мембрану з порожнистими волокнами або молекулярне сито, що знаходиться в ньому.

При використанні мембрани з порожнистими волокнами або молекулярного сита типу АКД регенерацію мембрани або молекулярного сита проводять шляхом зниження тиску в блоці 4 (декомпресією) і вивільнення з мембрани або молекулярного сита адсорбованого діоксиду вуглецю.

При використанні молекулярного сита типу АКТ регенерацію сита проводять методом, який більш докладно описаний нижче.

По трубопроводу 11 із блоку 4 виходить отриманий у процесі регенерації напівпроникного для газу матеріалу газ, у якому концентрація діоксиду вуглецю більше, ніж у відхідному газі у трубопроводі 8 або 9. У вихідному з блоку 4 по трубопроводу 11 газі концентрація інших адсорбованих газоподібних компонентів також більше, ніж у відхідному газі у трубопроводі 8 або 9.

Газ, що відбирають з блоку 4, який містить висококонцентрований діоксид вуглецю, можна використовувати як вихідний матеріал на відповідній промисловій установці або безпосередньо, або після його подальшої обробки. В іншому варіанті цей газ можна після його скраплення зберігати в рідкому стані у відповідному місці і використовувати потім з потреби.

Газ, який містить висококонцентрований діоксид вуглецю можна, наприклад, по трубопроводу 11 подавати у відповідний компресор 5 і після стискання в компресорі до відповідного тиску відразу ж використовувати як вихідний матеріал на з'єднанні з компресором трубопроводом 12 установці для одержання сечовини або метанолу.

Для повного або часткового очищення газу, що протікає по трубопроводу 11, від таких газоподібних компонентів, як кисень і оксиди азоту або сірки (SO_x та NO_x), його можна пропускати за певних умов через одну або кілька мембран або молекулярних сит та/або обробити в будь-якій іншій системі сепарації.

Повністю або частково очищений від зазначених вище газоподібних компонентів газ можна по трубопроводу 11 подавати в компресор 5 і після стискання до визначеного тиску використовувати як вихідний матеріал на установці для одержання сечовини або метанолу.

У розглянутій схемі частину газу, що містить висококонцентрований діоксид вуглецю, з трубопроводу 11 по трубопроводу 13 нагрівають у блоці 6 і після цього по трубопроводу 14 повертають назад у блок 4, у якому його використовують для регенерації молекулярного сита типу АКТ.

В іншому варіанті для регенерації такого сита можна використовувати водяну пару з високою температурою.

При регенерації відбувається десорбція газоподібних компонентів і, зокрема, діоксиду вуглецю, що знаходиться в мікропорах молекулярного сита типу АКТ, що підвищує концентрацію діоксиду вуглецю у потоці газу в трубопроводі 11.

Для фахівця в даній області очевидно, що з урахуванням конкретних вимог можна відповідним чином удосконалити запропонований у винаході спосіб, не виходячи при цьому за обсяг дійсного винаходу, обумовлений формулою винаходу.

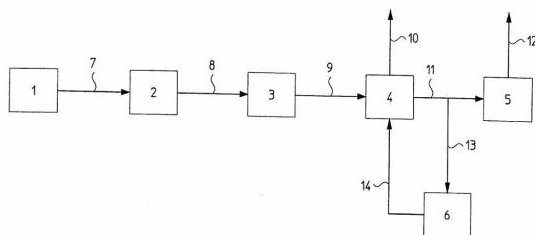


Fig.