



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 120623

(13) C2

(51) МПК

C01C 1/04 (2006.01)

C01B 3/02 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2017 03163	(72) Винахідник(и):	Скіннер Джеффрі Фредерік (GB), Остуні Раффаеле (CH)
(22) Дата подання заявки:	05.08.2015	(73) Власник(и):	КАСАЛЕ СА, Via Giulio Pocobelli, 6, CH-6900 Lugano, Switzerland (CH)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.01.2020	(74) Представник:	Петров Андрій Володимирович, реєстр. №139
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	14183753.4	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	EP 2690089 A1, 29.01.2014 GB 1272369 A, 26.04.1972 GB 2146632 A, 24.04.1985 US 3705009 A, 05.12.1972 US 4479925 A, 30.10.1984 US 5229102 A, 20.07.1993 AKOREDE M. F. Distributed energy resources and benefits to the environment / M. F. AKOREDE ET AL. // RENEWABLE AND SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS, ELSEVIERS SCIENCE, NEW YORK, NY, US, vol. 14, no. 2.- 2010.- P. 724-734 VASILIOS KONSTANTAKOS A decision support model for combined heat and power economic evaluation / KONSTANTAKOS VASILIOS ET AL. // APPLIED THERMAL ENGINEERING, PERGAMON, OXFORD, GB, vol. 42.- 2012.- P. 129-135 SAHAHZADEH MEYSAM Integration of a gas turbine with an ammonia process for improving energy efficiency / SAHAHZADEH MEYSAM ET AL. // APPLIED THERMAL ENGINEERING, PERGAMON, OXFORD, GB, vol. 58, no. 1.- 2013.- P. 594-604
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	05.09.2014		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	EP		
(41) Публікація відомостей про заявку:	28.08.2017, Бюл.№ 16		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.01.2020, Бюл.№ 1		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/EP2015/068019, 05.08.2015		

(54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ АМІАКУ І ПОХІДНИХ СПОЛУК, ЗОКРЕМА СЕЧОВИНИ**(57) Реферат:**

Заявлено спосіб одержання аміаку та похідної сполуки аміаку з природної газової сировини, що включає конверсію природного газу в підживлюючий синтез-газ; синтез аміаку; використання вказаного аміаку для одержання вказаної похідної сполуки аміаку, причому частину природної газової сировини використовують для постачання паливом газового двигуна; енергію, що виробляється вказаним газовим двигуном, передають принаймні одному енергоспоживачу в цьому способі, наприклад компресору; тепло рекуперують з відхідного газу вказаного газового двигуна і принаймні частина вказаного тепла може бути рекуперована у

UA 120623 C2

вигляді низькотемпературного тепла, одержуваного з температурою не вище 200 °С, для забезпечення технологічним теплом принаймні одного споживача тепла в даному способі, наприклад установки для видалення CO₂ або холодильника для абсорбційного охолодження. Також заявлено спосіб модернізації установки для одержання аміаку та відповідна установка.

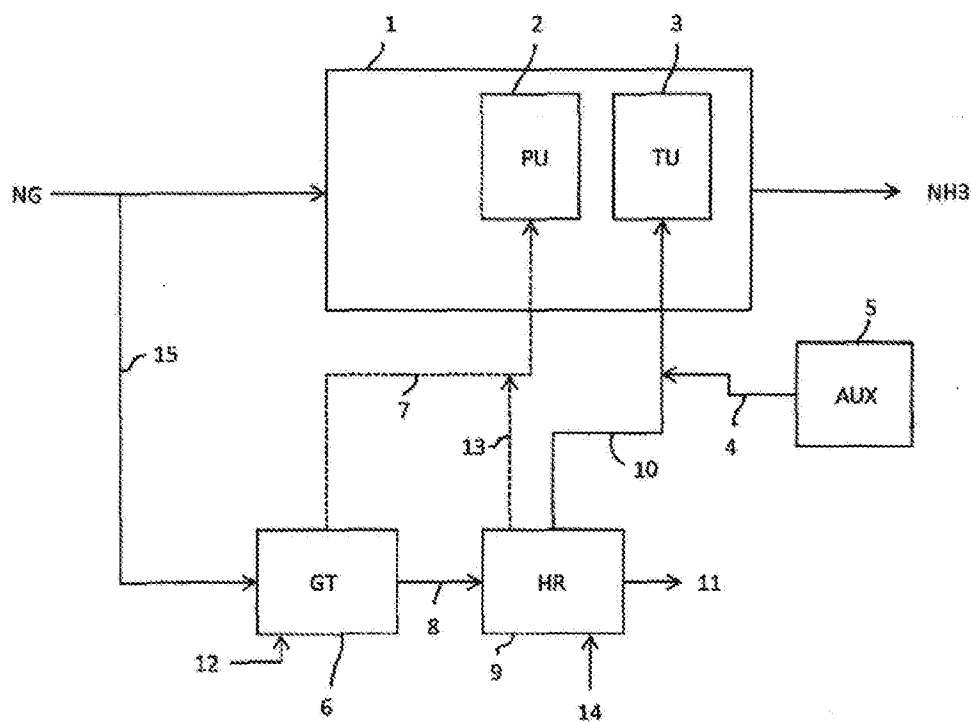


Fig.

Галузь техніки, до якої відноситься винахід

Даний винахід відноситься до способу одержання аміаку та похідних сполук аміаку, зокрема сечовини, із природного газу. Винахід також пропонує спосіб модернізації установки для синтезу аміаку та сечовини.

5 Рівень техніки

В промисловості, що виробляє добрива, відомий спосіб об'єднаного одержання аміаку з похідних сполук аміаку. Наприклад, відомий спосіб одержання аміаку та сечовини.

10 Спосіб одержання аміаку, зазвичай із природної газової сировини, включає конверсію природного газу в синтез-газ у вхідній частині/секції установки та конверсію вказаного синтез-газу в аміак у контурі синтезу. Конверсія природної газової сировини в синтез-газ зазвичай включає у себе двостадійну конверсію з водяною парою, хоча можливими варіантами є автотермічна конверсія та часткове окиснення, з подальшим очищенням, що включає конверсію CO в CO₂, видалення CO₂ і, за бажанням, метанування. Одержаний очищений газ називають Синтез-газом для синтезу аміаку. Спосіб одержання синтез-газу для синтезу аміаку описаний, 15 наприклад, в EP 2065337.

На так званій установці для синтезу аміаку та сечовини принаймні частина синтезованого аміаку взаємодіє з діоксидом вуглецю для одержання сечовини.

20 Установка для одержання аміаку та його похідних сполук також включає комплексну систему виробництва водяної пари, яка включає як парогенератори, так і споживачі водяної пари. Парогенератори рекуперують (утилізують) технологічне тепло з різноманітних технологічних потоків, здебільшого, з процесу конверсії природної газової сировини для одержання неочищеного синтез-газу (зазвичай шляхом конверсії з водяною парою) та з процесу його подальшого очищення. До споживачів водяної пари відносяться, наприклад, одна або більше парових турбін для приведення в дію таких пристроїв, як компресори.

25 Основними споживачами водяної пари на установці для синтезу аміаку та сечовини є приводні турбіни великих газових компресорів, наприклад, компресор синтез-газу, що підвищує тиск одержуваного підживлюючого газу (свіжого газу, що змішується з рецикловим) до тиску в контурі синтезу, та інших компресорів технологічного повітря, аміаку, діоксиду вуглецю чи природного газу.

30 Для вироблення енергії в системі виробництва водяної пари зазвичай використовують цикл Гірна (як цикл Ренкіна для перегрітої пари). Проте вказаний цикл, що використовується на установках для синтезу аміаку, навіть для відносно сучасних і великих установок є порівняно неефективним, з КПД менше 30 %, а в основному тільки 26-27 %. Таким чином, менше 30 % тепла, що використовується для одержання й перегріву водяної пари, перетворюють на механічну енергію при більш ніж 70 %, витрачених загалом на охолодження повітря і води в конденсаторах пари та на інші неефективні дії.

35 Частину пари, одержаної в системі виробництва водяної пари, використовують також у процесі конверсії. Цю частину пари називають технологічною парою. Важливим параметром процесу конверсії є відношення кількості водяної пари до кількості вуглецю, що являє собою молярне відношення водяної пари до вуглецю, що введений у процес. Значення вказаного відношення зазвичай дорівнює приблизно 3.

40 Кількості пари, одержаної шляхом рекуперації технологічного тепла, часто недостатньо для забезпечення всіх потреб, і у рівні техніки відсутню кількість забезпечують шляхом додавання допоміжного газового котла для вироблення необхідної додаткової кількості пари. Однак вказаний котел призводить до додаткових витрат природного газу, збільшуючи загальні витрати при заданій потужності по синтезу аміаку. Вказані додаткові витрати є недоліком, особливо в тих місцях, де природний газ є сировиною, що дорого коштує та (або) є доступною в обмеженій кількості.

45 Для того щоби бути конкурентоспроможними на світовому ринку добрив, наявні та нові установки в таких районах із високою вартістю природного газу мають мінімізувати витрати природного газу. Більш того, там, де загальна кількість природного газу, що використовується для виробництва добрив, обмежена, будь-яке зменшення питомих витрат газу на установці уможливило відповідне збільшення виробничої потужності по добривах.

50 У комплексі з виробництва добрив основним споживачем природного газу для виробництва такої похідної сполуки аміаку, як сечовина, є установка для синтезу аміаку. Незважаючи на те, що було зроблено багато спроб зменшити енергоспоживання на установках для синтезу аміаку, способи, що використовуються в теперішній час, не є досить ефективними або у випадку високої вартості газу їх здійснення коштує надто дорого. Більш того, через це наявні способи модернізації існуючих установок для синтезу аміаку не є конкурентоспроможними, тому що 55

зазвичай вони направлені скоріше на виконання вимоги підвищення потужності наявних установок, а не на мінімізацію витрат газу.

Останнім часом виникли обмеження кількості природного газу, що використовується на установках для синтезу аміаку. Таке обмеження на використання може полягати в наявності реального дефіциту газу внаслідок зниження видобутку на газових родовищах або може бути обумовлене комерційними та (або) економічними причинами, такими як закінчення терміну контракту на одержування для установки газ, та (або) іншим сценарієм зміни цін та попиту на природний газ.

На додаток до наведених вище великих компресорів, традиційні установки для одержання аміаку або аміаку та сечовини зазвичай містять декілька менших машин, що обертаються, таких як: невеликі компресори, вентилятори та насоси. Історично склалося так, що ці менші машини мають безпосередній привод від парових турбін, що мають низьку ефективність. У деяких існуючих установках для одержання аміаку деякі невеликі парові турбіни замішуються електродвигунами, щоби зменшити експлуатаційні витрати, у той час як у деяких нових проектах установок більшість чи всі менші машини мають електропривод, що постачається необхідною електроенергією від центрального генератора, що працює під дією більш ефективної парової турбіни. Однак навіть у випадку цих нових проектів установок загальний тепловий КПД у відношенні палива до енергії (overall fuel-to-power thermal efficiency) для приводу менших машин складає менше 30 %.

Відповідно, досі існує потреба в збільшенні ефективності системи приводу різних машин установок для одержання аміаку у відношенні палива до енергії (у тому числі, менші компресори, вентилятори й насоси).

Розкриття винаходу

У даному винаході поставлена задача усунення зазначених вище недоліків і зниження енергоспоживання на установках для синтезу аміаку на основі природної газової сировини. Зокрема, метою даного винаходу є зменшення кількості природного газу, що витрачається в газових котлах для одержання водяної пари, необхідної енергоспоживачам наведених установок.

Ідея, що лежить в основі винаходу, полягає в тому, щоб постачати принаймні частину енергії, необхідну машинам, що обертаються, таким як: невеликі газові компресори, вентилятори і насоси, за допомогою поршневих газових двигунів.

Відповідно, зазначена вище задача розв'язана шляхом використання способу одержання аміаку і похідної сполуки аміаку із природної газової сировини, що заявлена в пункті 1 формули даного винаходу.

Термін "поршневий газовий двигун" у цьому документі означає поршневий двигун внутрішнього згоряння, що містить всередині відповідних циліндрів один або більше поршнів зворотно-поступального ходу. Такий газовий двигун працює у дво- або чотиритактному циклі і забезпечується газоподібним паливом, таким як, наприклад, природний газ.

Поршневим газовим двигуном доступні теплові КПД у відношенні палива до енергії 45-50 %. Тоді забезпечення енергією згаданих менших машин, що обертаються, за допомогою газового двигуна (-ів) замість парових турбін дозволить зменшити кількість пари, що виробляється вище наведеним додатковим паровим котлом (парогенератором). Оскільки тепловий КПД газового двигуна (-ів) у відношенні палива до енергії вище, ніж для відповідного парового циклу, в результаті буде досягнута значна економія споживання натурального газу в цілому установкою для одержання аміаку чи аміаку і сечовини.

Енергія, вироблювана газовим двигуном, може бути передана споживачам за допомогою електродвигуна, що використовує електрику, яка виробляється газовим двигуном, у той час як можна використати механічне з'єднання (і, наприклад, гідравлічне з'єднання). Принаймні частина тепла, яка міститься у відхідних (використаних) газах згаданого газового двигуна, може бути утилізована для використання тепловими споживачами наведеної установки. Тепло, яке міститься в охолоджувачі газового двигуна, також може використовуватись в установці як низькотемпературне тепло.

Термін "низькотемпературне тепло" означає тепло, доступне для споживачів тепла при температурі 200 °C або нижче. Як запропоновано у винаході, вказане низькотемпературне тепло рекуперують (утилізують) за допомогою придатного теплопередавального середовища (також його називають теплопоглинальним текучим середовищем), яке нагрівають непрямим шляхом (наприклад, через стінку) за допомогою відхідних газів газового двигуна до температури не вище 200 °C. Вказаним теплопередавальним середовищем може бути, наприклад, вода, яку нагрівають або частково чи повністю випаровують.

Переважною особливістю винаходу є регулювання загальної величини відношення кількості водяної пари до кількості вуглецю (S/C - з англ. steam-to-carbon) у вхідній частині установки до значення нижче звичайного. Вказану величину відношення S/C переважно регулюють до значення менше 2,7, а ще краще в межах 2,3 - 2,6. Хоча в способі одержання аміаку, описаному

5 нижче, зменшення величини відношення S/C має певні переваги, проте існує недолік у зменшенні кількості водяної пари, що одержується з рекуперації тепла, для вироблення енергії; однак в даному винаході цей недолік компенсується використанням вказаного газового двигуна. Таким чином можна повністю використовувати переваги більш низької величини S/C.

До сприятливих впливів низької величини S/C відносяться: зменшення кількості водяної пари, необхідної для процесу конверсії; зниження теплового навантаження установки для конверсії з водяною парою при попередньому нагріванні і конверсії змішаної сировини для заданого об'єму виробництва аміаку, а, отже, зниження витрат палива на установці для конверсії; зменшення відводу тепла для охолодження води (повітря) в кінці лінії рекуперації тепла у вхідній частині установки після рекуперації корисного тепла із синтез-газу (насправді,

10 водяну пару вводять у більшій кількості, ніж це необхідно для конверсії з водяною парою і конверсії CO, і в основному всю надлишкову водяну пару конденсують до синтезу); крім того, зниження масових витрат у вхідній частині.

Переважні способи, що полегшують зменшення величини відношення S/C, включають забезпечення установки для попередньої конверсії та використання вдосконалених

20 каталізаторів на установці для конверсії з водяною парою і на стадіях конверсії CO.

Відповідно до винаходу тепло, зокрема низькотемпературне тепло, рекуперують з відхідного газу вказаного газового двигуна. Вказане тепло можна використати для цілого ряду цілей, у тому числі й такі як: нагрівання теплоносія, наприклад, гарячої води (гарячого водозабезпечення) або гарячого (термічного) масла, регенерація розчину з високим вмістом

25 CO₂ у вузлі видалення CO₂, підігрів ре бойлера холодильника для абсорбційного охолодження, дистиляція водного розчину аміаку з високим вмістом аміаку та (або) початковий підігрів природного газу, технологічного повітря, повітря для горіння.

Відповідно до різних варіантів здійснення винаходу вказане низькотемпературне тепло, за вищенаведеним визначенням, складає лише частину загальної кількості тепла, яке можна

30 рекуперувати з відхідного газу газового двигуна. Тепло, рекупероване з відхідного газу газового двигуна з більш високою температурою, наприклад, з температурою відхідного газу вище 250 °C, можна використовувати, наприклад, для виробництва або перегріву водяної пари, придатної для приведення в дію турбіни. Один варіант здійснення винаходу передбачує, що першу частину тепла, рекуперованого з відхідного газу вказаного газового двигуна,

35 використовують у парогенераторі для виробництва за допомогою рекуперованого тепла перегрітої пари і вказану пару розширюють у паровій турбіні з протитиском або з регульованим відбором пари, виробляючи потім механічну енергію, таким чином, утворюючи комбінований цикл, а другу частину тепла, рекуперованого з відхідного газу вказаного газового двигуна, використовують для забезпечення вказаного низькотемпературного тепла. Краще, якщо потік

40 водяної пари, що відбирається із вказаної парової турбіни з протитиском або з регульованим відбором пари, можна у подальшому використовувати для забезпечення теплом принаймні одного із вказаних споживачів тепла.

Якщо мається на увазі зовнішній споживач, то частину одержаної водяної пари можна також експортувати (відводити у сторону).

У деяких варіантах здійснення даного винаходу частина палива для газового двигуна являє собою потік палива з відходів. Наприклад, потік палива з відходів для газового двигуна може включати продувальний газ, відібраний з контуру синтезу аміаку або відхідний газ з контуру вузла/блока продування. У такому вузлі, наприклад, водень вилучається із продувального газу, що відводиться від контуру синтезу аміаку. Це забезпечує ще одну перевагу та синергетичний

50 ефект даного винаходу, оскільки продувальний газ з контуру синтезу аміаку може використовуватися в якості палива в газовому двигуні, навіть при низькому тиску.

Тепло, утилізоване з відхідного газу, може забезпечувати прямий або опосередкований (непрямий) нагрів для теплових споживачів, відповідно до різних варіантів здійснення даного винаходу. Непрямий нагрів може включати, наприклад, нагрів придатного теплопередавального

55 середовища або попередній підігрів вибраних потоків, такий як підігрів палива або підігрів повітря для горіння установки вогневої конверсії.

Прямий нагрів в одному із варіантів, наприклад, безпосередньо використовує відхідний газ зі згаданого газового двигуна як середовище для горіння (газового потоку, що містить кисень) в установці вогневої конверсії або іншого вогневого нагрівача. Відповідно, тепло відхідного газу

прямо передається в процес горіння шляхом, енергетично еквівалентним використанню підігріву палива або повітря для горіння.

Даний винахід є синергетичним, зокрема, зі способами видалення діоксиду вуглецю, для яких є необхідним низькотемпературне тепло. Наприклад, для видалення діоксиду вуглецю шляхом хімічної або фізико-хімічної абсорбції необхідним є підведення тепла, що використовується для регенерації розчину для видалення CO₂. Вказаний розчин може містити в собі аміни або карбонат калію, або подібні сполуки.

Вищенаведеними похідними сполуками аміаку можуть бути, наприклад, сечовина, фосфати або азотна кислота. Переважно, вказаною похідною сполукою є сечовина. Переважне застосування даного винаходу відноситься до способів та установок для синтезу аміаку і сечовини, на яких частина або весь синтезований аміак взаємодіє з діоксидом вуглецю для одержання сечовини.

Іншою особливістю винаходу є спосіб модернізації установки для одержання аміаку та похідної сполуки аміаку, зокрема сечовини, що пропонується в прикладеній формулі винаходу.

Вказаний спосіб відрізняється забезпеченням принаймні одного поршневого газового двигуна; придатних засобів передачі енергії для передачі енергії, що виробляється вказаним двигуном, принаймні одному з енергоспоживачів; засобів рекуперації тепла для рекуперації тепла, зокрема низькотемпературного тепла, з відхідного газу вказаного газового двигуна, а також включає забезпечення вказаним низькотемпературним теплом принаймні одного зі споживачів тепла на установці або принаймні одного знову встановленого споживача тепла.

У деяких варіантах здійснення винаходу модернізація включає установку нових споживачів тепла. Знову встановлені споживачі тепла в деяких варіантах здійснення винаходу можуть замінити наявного енергоспоживача. Наприклад, секція синтезу аміаку зазвичай включає паровий компресійний холодильник для конденсації одержаного аміаку, і винахід може включати заміну вказаного циклу холодильником для абсорбційного охолодження, який замість механічної енергії використовує низькотемпературне тепло.

Таким чином, одна особливість виробництва полягає в тому, щоби забезпечити відповідне відведення низькотемпературного тепла для використання тепла, рекуперованого з відхідного газу двигуна. Це можна зробити шляхом зменшення величини відношення кількості водяної пари до кількості вуглецю, як вказано вище, та (або) шляхом установки нових споживачів тепла.

Перевага винаходу полягає в тому, що лише один газовий двигун може забезпечити тепловий КПД більше 45 %, зважаючи на нижчу теплоту згоряння палива (LHV), а КПД більше 50 % можна забезпечити, якщо також встановлені парогенератор для виробництва пари з рекуперованого тепла (HRSG) і відповідна парова турбіна з протитиском або з регульованим відбором пари, як описано вище. Ці значення КПД значно вищі звичайного значення КПД парового циклу на установці для синтезу аміаку, що призводить до зниження витрат природного газового палива і, отже, загальних витрат газу на установці для синтезу аміаку.

Іншою перевагою є висока інтеграція та несподівана синергетична дія таких факторів: забезпечення вказаного енергоблока, зменшення величини відношення S/C і подача низькотемпературного тепла наявним або знову встановленим споживачам тепла.

Даний винахід є особливо вигідним при використанні способу хімічної або фізико-хімічної абсорбції для видалення діоксиду вуглецю. Секція видалення CO₂ з використанням способу хімічної або фізико-хімічної абсорбції є основним споживачем низькотемпературної водяної пари; водяну пару, що залишається після відводу кількості пари, необхідної для регенерації розчинника CO₂, можна експортувати, однак кількість пари, що експортується, зазвичай обмежена. У результаті зменшення величини відношення S/C кількість одержаної водяної пари зменшується (тобто зменшується кількість низькотемпературного тепла), що у рівні техніки сприймалося би як недолік. Цей недолік теоретично можна було б усунути при використанні секції видалення CO₂ шляхом фізичної абсорбції, якій потрібно менше тепла для регенерації розчинника, ніж для секції видалення CO₂ шляхом хімічної або фізико-хімічної абсорбції, але це б спричинило значні капітальні витрати. Даний винахід вирішує цю проблему завдяки можливості рекуперації тепла, необхідного для регенерації розчинника для видалення CO₂, з відхідного газу газового двигуна.

Далі даний винахід буде розкрито у приведеному нижче описі окремого варіанту його здійснення, показаного у вигляді прикладу, що не обмежує обсяг, з посиланням на додану фігуру.

Здійснення винаходу

На фігурі показана схема реалізації способу синтезу аміаку з природного газу, що пропонується в кращому варіанті здійснення винаходу.

Блок 1 позначає установку для синтезу аміаку і сечовини, що включає секцію синтезу аміаку, що має вхідну частину і контур синтезу під високим тиском, та установку для одержання сечовини, на якій частина або вся кількість аміаку взаємодіє з діоксидом вуглецю для одержання сечовини.

5 Вказана вхідна частина переважно включає секцію конверсії з водяною парою та секцію очищення. Вказана секція конверсії з водяною парою містить, наприклад, установку для первинної конверсії з водяною парою і установку для вторинної конверсії з водяною парою. Вказана секція очищення може містити СО-конвертери для перетворення СО на СО₂, установку для видалення СО₂ і, за бажанням, метанатор.

10 Установка 1 для синтезу аміаку і сечовини включає ряд енергоспоживачів 2 і споживачів 3 тепла. Вказані енергоспоживачі (ЕС) включають газові компресори, вентилятори і насоси. Споживачі тепла (СТ) зазвичай використовують водяну пару як джерело тепла, і до них, наприклад, відносяться установка/вузол для видалення СО₂, на котрій тепло є необхідним для регенерації розчину для видалення СО₂.

15 Частина 15 доступної природної газової (ПГ) сировини використовується для приведення в дію поршневого газового двигуна 6, включаючи множину блоків циліндр-поршень.

Енергію, що виробляється вказаним газовим двигуном 6, передають одному або більше ЕС (лінія 7) у вигляді електричної чи механічної енергії, за допомогою перетворення на електричну енергію або прямого механічного з'єднання.

20 Наприклад, у першому варіанті здійснення винаходу ЕС, такий як насос, що приводиться в дію з електродвигуном з живленням, принаймні частково, електроенергією, що виробляється генератором з приводом від вказаного газового двигуна 6; у другому варіанті здійснення винаходу вказаний ЕС механічно з'єднаний із вказаним газовим двигуном.

25 Таким чином, енергія, що виробляється газовим двигуном (-ами) 6 замінить одну або більше парових турбін із рівня техніки.

Потік 8 відхідного газу, що випускається вказаним газовим двигуном 6, подають у секцію 9 рекуперації тепла. У вказаній секції 9 рекуперації тепла шляхом випаровування живлячої води 14 одержують низькотемпературну водяну пару 10. Вказана водяна пара 10 має температуру не вище 200 °С, переважно в діапазоні 150-200 °С, і використовується хоча б в одному з СТ 3 в секції 1 синтезу аміаку. Охолоджений відхідний газ виходять із секції 9 рекуперації тепла в потоці 11.

Особливо переважним використанням низькотемпературної водяної пари 10 є регенерація розчину для видалення СО₂ на установці для видалення СО₂ в секції очищення. Видалення діоксиду вуглецю переважно здійснюють одним з наступних способів: з використанням амінів, або активованих амінів, або карбонату калію.

35 Оскільки відхідний газ 8 газового двигуна зазвичай має високу температуру (наприклад, 350-400 °С), секція рекуперації тепла може також забезпечувати додаткову кількість електричної або механічної енергії, як показано лінією 13, наприклад, за допомогою парогенератора для виробництва пари з використанням рекуперованого тепла (HRSG) і парової турбіни з протитиском або з регульованим відбором пари.

40 У переважному варіанті здійснення винаходу загальну величину відношення кількості водяної пари до кількості вуглецю у вхідній частині установки 1 встановлюють на низьке значення, рівне менше 2,7, переважно, в межах 2-2,6, а більш переважно в межах 2,3-2,6. Як зазначено вище, при використанні газового двигуна 6 і секції 9 рекуперації тепла зменшення величини вказаного відношення надає позитивну і синергетичну дію.

45 Загальну величину відношення кількості водяної пари до кількості вуглецю можна зменшити одним або більше вказаними нижче способами: шляхом монтажу установки для попередньої конверсії на стороні входу установки для первинної конверсії; шляхом перепуску частини природного газу (зазвичай більше 10 % сировини, що подається на установку для конверсії) по байпасу в обхід труб установки для конверсії з водяною парою і подачі безпосередньо на установку для вторинної конверсії.

У деяких варіантах здійснення винаходу установка 1 для синтезу аміаку і сечовини включає установку для рекуперації водню (УРВ). Відхідний газ 12 вказаної УРВ можна використовувати як паливо в газовому двигуні (-ах) 6, як показано на фігурі 1. При модернізації це дуже зручно, порівняно з повторним використанням на установці для конверсії з водяною парою, так як це виключає зазвичай необхідну в іншому випадку модифікацію горілок установки для конверсії з водяною парою. Це можливо, навіть якщо відхідний газ УРВ мають низький тиск, такий як, наприклад, від криогенної УРВ або короткоциклового адсорбера (PSA).

60 Додаткову водяну пару 4 для споживачів 3 тепла, за бажанням, можна забезпечити при використанні допоміжного газового котла 5.

Нижче вказані інші переважні особливості винаходу. Шляхом монтажу засобів рекуперації реагентів (H_2 і N_2) із продувального газу контуру синтезу можна отримати економію енергії, в той же час ефективно відводячи інертні компоненти (Ar і, в першу чергу, CH_4). Такі засоби можуть включати мембрану, або адсорбенти, або переважно криогенну УРВ, яка рекуперує більшу частину реагентів під тиском переважно принаймні 60 бар і переважно вище 100 бар.

І зменшення величини відношення S/C , і монтаж установки УРВ для рекуперації з продувального газу забезпечують деяку економію енергії, причому при застосуванні цих двох рішень одночасно має місце синергетичний ефект.

Дійсно, при низькій величині відношення S/C в процесі конверсії зменшується конверсія метану, що підвищує концентрацію залишкового метану в підживлюючому газі та, в кінці кінців, у контурі синтезу. Це компенсує економію витрат технологічної водяної пари. Однак поєднання УРВ з низькою величиною відношення S/C усуває недоліки останнього, тобто підвищеної концентрації метану в контурі синтезу, в той же час, зберігаючи переваги того й іншого: знижені витрати палива, зменшення кількості інертних компонентів у контурі синтезу, рекуперація H_2 і N_2 під високим тиском.

Залежно від вибраної величини S/C можна використати або високотемпературну (ВТК), або середньотемпературну (СТК) CO -конверсію. ВТК уможливило вищий ступінь рекуперації тепла, тим самим забезпечуючи вищий загальний КПД і зменшення витрат газу. Однак ВТК можна використовувати при зменшенні загальної величини відношення S/C тільки приблизно до 2,6-2,7. У деяких випадках може бути вигідним зниження величини відношення S/C до більш низьких значень, тому тоді є необхідною СТК. СТК може бути адіабатичною або ізотермічною. Поняття "ізотермічна СТК" означає, що CO -конвертер містить теплообмінник, пристосований підтримувати температуру одержуваного в CO -конвертері газу в бажаному діапазоні. Адіабатичну СТК можна використовувати, якщо кількість тепла, що виділяється в CO -конвертері, обмежена, наприклад, коли окисником на установці для вторинної конверсії є повітря, і концентрація CO на вході в конвертер не занадто висока.

ФОРМУЛА ВІНАХОДУ

1. Спосіб одержання аміаку і похідної сполуки аміаку з природної газової сировини, що включає: конверсію природного газу в синтез-газ у вхідній частині; синтез аміаку із синтез-газу в контурі газу; використання принаймні частини аміаку для одержання похідної сполуки аміаку, причому спосіб здійснюють з енергоспоживачами (2), що потребують для роботи підвід тепла, і споживачами (3) тепла, що потребують для роботи підвід тепла, який **відрізняється** тим, що частину (15) природної газової сировини використовують для постачання паливом поршневого газового двигуна (6); енергію (7), що виробляється газовим двигуном (6), використовують для забезпечення, принаймні частково, потреб електроспоживачів (2) в енергії; рекуперують тепло з відхідного газу газового двигуна і принаймні частину тепла рекуперують для забезпечення ним принаймні одного із вказаних споживачів (3) тепла, причому тепло, рекупероване з відхідного газу газового двигуна, являє собою принаймні частину низькотемпературного тепла (10), що передається принаймні одному зі споживачів тепла за допомогою теплопередавального середовища, яке нагрівають шляхом непрямого теплообміну з відхідним газом до температури не вище 200 °C.

2. Спосіб за п. 1, в якому вказану енергію (7) передають від газового двигуна (6) принаймні одному із енергоспоживачів (2) у вигляді електричної або механічної енергії.

3. Спосіб за п. 1 або 2, в якому конверсію природного газу в синтез-газ у вхідній частині здійснюють шляхом конверсії з водяною парою при загальній величині молярного відношення водяної пари до вуглецю не вище 2,7, переважно в діапазоні від 2,3 до 2,6.

4. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, у якому вказане тепло, рекупероване з відхідного газу газового двигуна (6), використовують для забезпечення теплом одного або більше споживачів тепла, за допомогою принаймні одного з таких: нагрів теплопередавального середовища, такого як: гаряча вода або термічне масло, регенерація розчину з високим вмістом CO_2 у вузлі видалення CO_2 , енергопостачання холодильника для абсорбційного охолодження, дистиляція водного розчину аміаку з високим вмістом аміаку, нагрів природного газу або іншого палива, нагрів технологічного повітря,

нагрів повітря для горіння,
 пряме використання відхідних газів газового двигуна як середовище для горіння.

5. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, у якому першу частину тепла, рекуперованого з відхідного газу газового двигуна, використовують у парогенераторі (9) для виробництва пари за допомогою рекуперованого тепла і вказану пару розширюють у паровій турбіні з протитиском або з регульованим відбором пари, додатково виробляючи механічну енергію (13), утворюючи, таким чином, комбінований цикл, а другу частину тепла, рекуперованого з відхідного газу газового двигуна, використовують для забезпечення низькотемпературного тепла (10).
6. Спосіб за п. 5, в якому потік водяної пари, що відбирається з парової турбіни з протитиском або з регульованим відбором пари, використовують для забезпечення теплом принаймні одного із вказаних споживачів тепла.
7. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому конверсія природного газу в синтез-газ включає використання установки для первинної конверсії з водяною парою і установки для вторинної конверсії, або тільки установки для автотермічної конверсії, або реактора для часткового окиснення, забезпечуючи одержання неочищеного синтез-газу, а також очищення неочищеного синтез-газу, що включає принаймні реакцію конверсії CO та видалення діоксиду вуглецю з газу, підданого конверсії.
8. Спосіб за п. 7, в якому CO-конверсія являє собою високотемпературну конверсію на каталізаторі на основі заліза або середньотемпературну конверсію на каталізаторі на основі міді.
9. Спосіб за п. 7 або 8, в якому видалення діоксиду вуглецю здійснюють з використанням амінів або активованих амінів, або карбонату калію.
10. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому похідною сполукою аміаку є сечовина.
11. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому енергоспоживачами є принаймні один із компресора, вентилятора або насоса.
12. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому відхідний газ газового двигуна використовують для забезпечення, частково, середовища горіння для установки вогневої конверсії або іншого вогневого нагрівача.
13. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому частина палива для газового двигуна являє собою потік палива з відходів, таких як: продувальний газ, відібраний з контуру синтезу аміаку, або відхідний газ з контуру вузла продувки.
14. Установка для одержання аміаку та похідної сполуки аміаку, зокрема сечовини, з природної газової сировини, що включає:
 вхідну частину для одержання підживлюючого синтез-газу для синтезу аміаку;
 контур синтезу для синтезу аміаку з підживлюючого синтез-газу;
 секцію конверсії принаймні частини синтезованого аміаку в похідну сполуку;
 енергоспоживачів (2), що потребують для роботи механічну енергію, і принаймні одного споживача (3) тепла, що потребує для роботи підвід тепла;
- яка **відрізняється** тим, що вона додатково включає:
 принаймні один поршневий газовий двигун (6), здатний виробляти енергію (7) для передачі її принаймні одному з енергоспоживачів;
 засоби (9) рекуперації тепла для рекуперації тепла з відхідного газу газового двигуна;
 засоби рекуперації тепла для рекуперації низькотемпературного тепла (10) з відхідного газу газового двигуна за допомогою теплопередавального середовища, що містять засоби непрямого теплообміну для нагріву вказаного середовища до температури не вище 200 °C, і засоби для передачі низькотемпературного тепла принаймні одному зі споживачів тепла.
15. Спосіб модернізації установки для одержання аміаку та похідної сполуки аміаку, зокрема сечовини, що включає вхідну частину для одержання підживлюючого синтез-газу для синтезу аміаку; контур синтезу для синтезу аміаку з підживлюючого синтез-газу; секцію конверсії принаймні частини синтезованого аміаку в похідну сполуку; а також енергоспоживачів (2) і споживачів (3) тепла,
 який **відрізняється** тим, що
 забезпечують принаймні один поршневий газовий двигун (6) і придатні засоби передачі енергії для передачі енергії (7), що виробляється цим двигуном, принаймні одному з енергоспоживачів, забезпечують засоби рекуперації тепла для рекуперації тепла з відхідного газу газового двигуна, забезпечують засоби рекуперації тепла для рекуперації низькотемпературного тепла (10) з відхідного газу газового двигуна шляхом непрямого теплообміну з середовищем, яке нагрівають відхідним газом до температури не вище 200 °C, і

забезпечують таким чином рекуперованим низькотемпературним теплом (10) принаймні одного зі споживачів тепла установки або принаймні одного знову встановленого споживача тепла.

16. Спосіб за п. 15, в якому забезпечення засобів передачі енергії включає забезпечення електродвигуна та електрогенератора, з'єднаного з газовим двигуном.

- 5 17. Спосіб за п. 16, в якому вказаним знову встановленим споживачем тепла є один з наступних: ребойлер для розчину з високим вмістом CO_2 у вузлі видалення CO_2 , ребойлер холодильника для абсорбційного охолодження, ребойлер для системи дистиляції водного розчину аміаку з високим вмістом аміаку, підігрівач природного газу або паливного газу, підігрівач технологічного повітря, підігрівач повітря для горіння.

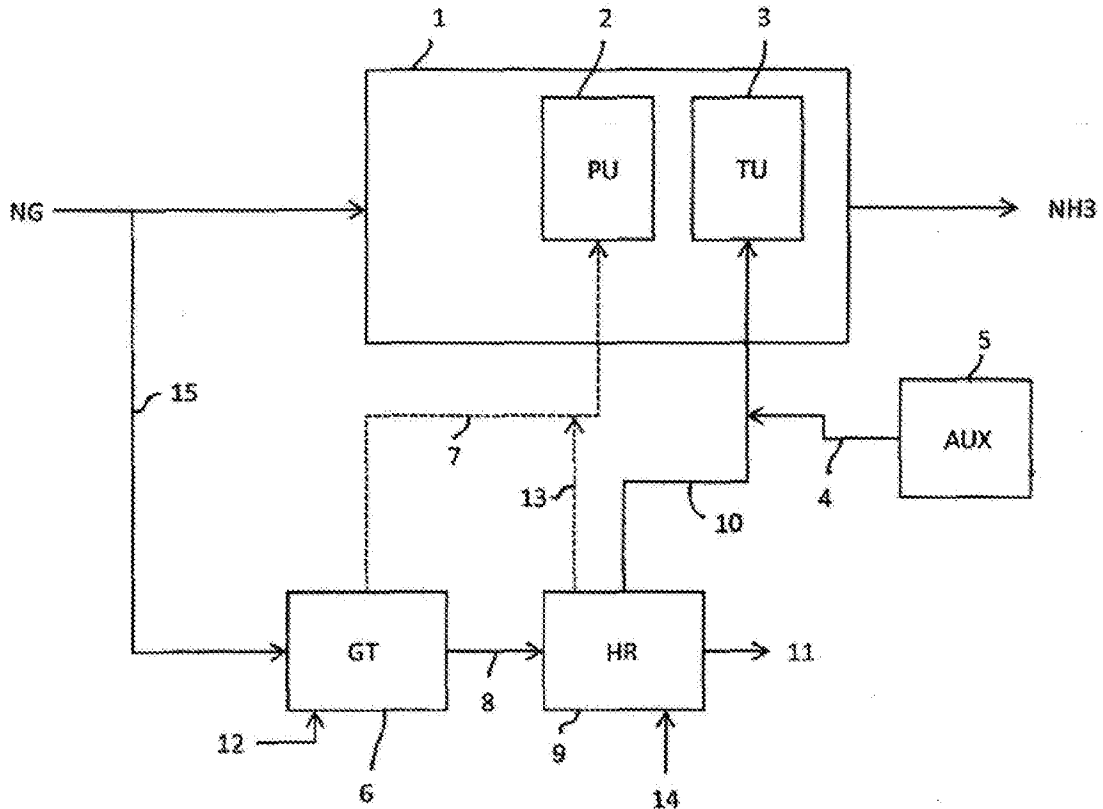


Fig.

Комп'ютерна верстка С. Чулій

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