



УКРАЇНА

(19) UA (11) 91109 (13) C2  
(51) МПК (2009)  
C21B 13/00  
C22B 5/12 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ПРЯМОГО ВІДНОВЛЕННЯ ОКСИДІВ ЗАЛІЗА ДО МЕТАЛІЧНОГО ЗАЛІЗА З ВИКОРИСТАННЯМ ГАЗУ КОКСОВИХ ПЕЧЕЙ АБО ПОДІБНОГО ДО НЬОГО ГАЗУ

1

(21) а200810025  
(22) 05.01.2007  
(24) 25.06.2010  
(86) РСТ/IB2007/001681, 05.01.2007  
(31) 60/757,688  
(32) 06.01.2006  
(33) US  
(46) 25.06.2010, Бюл.№ 12, 2010 р.  
(72) СЕНДЕХАС-МАРТИНЕС ЕУГЕНИО, МХ, ДУАРТЕ-ЕСКАРЕНЬО ПАБЛО-ЕНРИКЕ, МХ  
(73) ХІЛ ТЕКНОЛОДЖІЗ, С.А. ДЕ К.В., МХ  
(56) US 6027545 А, 22.02.2000  
(57) 1. Спосіб одержання заліза, відновленого прямим способом, за допомогою відновлення часток, які містять оксиди заліза до часток, які містять металічне залізо, у реакторі відновлення, який включає зону відновлення та нижню зону розвантаження, взаємодією зазначених часток, які містять оксиди заліза з високотемпературним відновлювальним газовим потоком, який містить водень та монооксид вуглецю в зазначеній зоні відновлення, де відновлені прямим способом частки випускають течією із вказаної зони відновлення через вказану нижню зону розвантаження; який **відрізняється** тим, що спосіб передбачає введення метановмісного технологічного газу та його циркуляцію через зазначену нижню зону, включаючи залізо, відновлене прямим способом, яке у ній міститься; видалення із реактора щонайменше частини газу, який протікає в зазначеній нижній зоні; передачу зовнішнім способом із зазначеного реактора щонайменше першої частини зазначеного газу, відібраного із вказаної нижньої зони; об'єднання першої частини зазначеного вилученого газу із щонайменше частково регеноерованим вихідним потоком відновлювального газу, який повертають назад у зону відновлення; подачі таких об'єднаних газів разом до зони відновлення зазначеного реактора; і керування витратою зазначеного метановмісного технологічного газу так, щоб вона була більшою, ніж витрата зазначеної переданої частини зазначеного вилученого газу приблизно на від  $50 \text{ м}^3$  -  $300 \text{ м}^3$  на метричну тонну відновленого прямим

2

способом заліза, одержаного в зазначеному реакторі відновлення.  
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що у ньому зазначений метановмісний технологічний газ є газом коксових печей.  
3. Спосіб за будь-яким з пп. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що у ньому зазначений метановмісний технологічний газ є кондиціонованим газом коксових печей.  
4. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що у ньому зазначений метановмісний технологічний газ вводять безпосередньо до зазначеної нижньої зони; і весь вказаний газ, відібраний із зазначеного реактора із названої нижньої зони, передають зовнішнім способом.  
5. Спосіб за будь-яким з пп. 1-3, який **відрізняється** тим, що у ньому зазначений газ, відібраний із зазначеного реактора із зазначеної нижньої зони охолоджують і очищають, вказану першу його частину після цього передають зовнішнім способом до зазначеного вихідного потоку принаймні частково регеноерованого відновлювального газу, а другу його частину, також охолоджену та очищену, повертають назад до нижньої зони для охолодження у ній заліза, відновленого прямим способом.  
6. Спосіб за п. 5, який **відрізняється** тим, що у ньому зазначений метановмісний технологічний газ поєднують із зазначеною другою частиною охолодженого й очищеного відібраного газу, і з'єднані гази після цього подають спільно до нижньої зони охолодження/розвантаження.  
7. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що у ньому витрата зазначеного метановмісного технологічного газу є більшою, ніж витрата зазначеної переданої частини вказаного відібраного газу приблизно на  $100 \text{ м}^3$  -  $200 \text{ м}^3$  на метричну тонну відновленого прямим способом заліза, одержаного у названому реакторі відновлення.  
8. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що у ньому зазначений потік відновлювального газу, який виводять із зони відновлення, регенерують щонайменше видаленням води перед тим, як об'єднати його із зазначеною

(19) UA (11) 91109 (13) C2

переданою першою частиною вказаного відібраного газу.

9. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що у ньому зазначений потік відновлювального газу, який виводять із зони відновлення, регенерують щонайменше видаленням CO<sub>2</sub> із зазначеного вихідного потоку відновлювального газу.

10. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що із зазначених об'єднаних газів, які містять зазначений вихідний потік відновлювального газу, видаляють CO<sub>2</sub>.

11. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що він, крім іншого, передба-

чає нагрівання об'єднаних газів, які містять зазначений вихідний потік відновлювального газу, вище, ніж до 850 °C перед подачею до зони відновлення.

12. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що вміст води в об'єднаних газах підвищують до рівня приблизно від 5 об. % до приблизно 10 об. % перед нагріванням.

13. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що у ньому зазначені об'єднані гази після пропускання крізь газонагрівач додатково змішують із киснем так, щоб підняти температуру до приблизно 950-1050 °C.

Даний винахід відноситься до прямого відновлення оксидів заліза для одержання заліза, відновленого прямим способом (DRI), також відомого в промисловості, як губчасте залізо. Більш конкретно, даний винахід покликаний поліпшити роботу реакторів прямого відновлення, за допомогою яких металовмісний газ, переважно газ коксових печей (COG) використовують як робочий газ для відновлення оксидів заліза. Весь даний COG, необхідний для відновлення оксидів заліза, змушують протікати крізь частину шару, який містить DRI, в основному, нижче зони відновлення реактора відновлення, з більшими технічними й економічними перевагами. У даному винаході пропонується поліпшений спосіб прямого відновлення, відповідно до якого установка прямого відновлення може бути переважно включена в комплексний пристрій виробництва сталі, який має коксові, або подібні до них, печі.

Відомо, що в процесі одержання металургійного коксу для роботи доменних печей вугілля нагрівають, щоб видалити більшу частину летких компонентів і збереження, в основному, структури вуглецю. Кокс, таким чином, має фізичні й хімічні властивості, які роблять його придатним для забезпечення енергією й підтримки шихти в доменних печах. Леткі речовини вугілля містять ряд сполук, які, піддаючись перегонці в коксових печах, утворюють продукт, відомий як газ коксових печей.

Об'єм і склад COG, утвореного в коксових печах, залежать від характеристик використаного вугілля. Сирий газ коксових печей, який надходить із батареї коксових печей, має наступний типовий склад: води близько 47%; водню від 29 до 55%; метану від 13 до 25%; азоту від 5 до 10%; монооксиду вуглецю від 3 до 6%; діоксиду вуглецю від 2 до 3%; вуглеводнів (етан, пропан, тощо) від 2 до 1%; і різні домішки, такі, як пари смол і пари легких олій (ароматичних сполук), які складаються, головним чином, з бензолу, толуолу й ксилолу (зазначені три, загалом, відомі, як БТК); нафталін; аміак; сірководень; ціаністий водень та інші домішки.

Сирий COG повинен бути охолоджений, очищений і оброблений за допомогою ряду хімічних процесів для відділення корисних сполук, таких, як аміак та інші нафтохімічні сполуки, і для видален-

ня сірки, смол і інших речовин, таким чином, щоб він міг бути використаний як паливний газ у батареї коксових печей та інших місць на сталеливарному заводі. На установці обробки COG, COG проохолоджують, щоб сконденсувати водяну пару і домішки та видалити аерозолі смол, щоб запобігти забрудненню газових ліній і устаткування. Також видаляють аміак, щоб запобігти корозії газових ліній, і нафталін, щоб запобігти забрудненню газових ліній при конденсації. Легкі олії відокремлюють для вилучення та реалізації бензолу, толуолу й ксилолу, а сірководень повинен бути вилучений, щоб відповідати вимогам щодо викидів його в атмосферу.

Після такої обробки COG звичайно має наступний склад: близько 61% водню; близько 8% монооксиду вуглецю; близько 4% діоксиду вуглецю; близько 22% метану; близько 1% азоту; близько 2% води; близько 2% вуглеводнів, більш важких ніж метан, включаючи етилен і ацетилен; близько 5% БТК; і менш ніж близько 1% сірководню, смол і нафталіну.

Оскільки газ коксових печей має високу калорійність, він використовується головним чином для цілей нагрівання на сталеливарних заводах, однак водень і монооксид вуглецю як цінні хімікати, можуть бути з користю використані для відновлення залізних руд до металічного заліза для збільшення виробництва заліза/сталі сталеливарних установок.

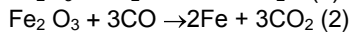
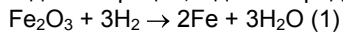
Процеси прямого відновлення можуть бути використані в сталеливарній промисловості як альтернатива доменним печам, або щоб доповнити доменні печі, при використанні сірковмісного газу коксових печей, як спосіб збільшення виробництва металічного заліза. Найпоширенішим типом реактора, у якому одержують DRI, є піч із рухомим шаром шахтного типу, яка має дві головних секції: зону відновлення, у якій відновлювальний газ циркулює за високої температури й через яку зазначений відновлювальний газ повертають у контур відновлення, і зону охолодження, розташовану нижче зони відновлення, у якій DRI охолоджують до температури навколишнього середовища перш, ніж вивантажити із зазначеного реактора, за допомогою циркуляції холодного газу, який містить та-

кож водень і монооксид вуглецю в охолоджувальному контурі.

Залізовмісні частки у формі гранул, шматків або їхніх сумішей завантажують у верхню частину реактора відновлення шахтного типу й відновлюють до металічного заліза при взаємодії зазначених часток із відновлювальним газом, який містить водень і монооксид вуглецю, за температури вищій за 850° C

Кисень видаляють із залізних руд за допомогою хімічних реакцій із воднем (H<sub>2</sub>) і монооксидом вуглецю (CO) для одержання заліза, відновленого прямим способом (DRI), яке має високий ступінь металізації (відношення металічного заліза до загального вмісту заліза в DRI) .

Реакції повного відновлення, на яких ґрунтуються даний процес, відомі й представлені нижче:



Водень і монооксид вуглецю, перетворені у воду та діоксид вуглецю відповідно до реакцій (1) і (2), відокремлюють від газового потоку, який циркулює в контурі відновлення, і замінюють свіжою сировиною відновлювального газу. Дана газова відновлювальна суміш, загалом, надходить від установки реформінгу природного газу, але, відповідно до даного винаходу, цю газову суміш відокремлюють від газу, який циркулює через нижню зону охолодження/розвантаження реактора відновлення. DRI, який є присутнім у зоні охолодження/розвантаження, беруть участь у видаленні важких вуглеводнів, БТК, смол та інших небажаних сполук, які є присутніми в COG. Отже, ці речовини відсутні в контурі відновлення, і не існує проблеми забруднення в нагрівачі газу та іншому встаткуванні.

Дотепер існувало кілька пропозицій, які стосувались використання COG у процесах прямого відновлення, наприклад, патент US № 4 054 444 розкриває спосіб прямого відновлення, у якому метан або метановмісний газ уводять у шахтну піч нижче її зони відновлення, щоб збільшити вміст вуглецю в DRI. Однак у патенті окремо не згадано використання COG. COG згадують тут лише у зв'язку з більш широкою можливістю подачі метановмісного технологічного газу в контур охолоджувального газу. Газу, введені в контур охолодження, повністю протікають вгору через піч із зони охолодження в зону відновлення. Цей патент не передбачає можливості передачі газу з контуру охолодження в контур відновлення через зовнішній трубопровід, тому кількість газів, яка може бути поданою в контур охолодження, обмежена кількістю, яка не охолоджує шару залізних часток у зоні відновлення.

Патент US № 4 253 867 розкриває спосіб використання вуглеводневмісного газоподібного технологічного палива, наприкладі COG, для відновлення залізних руд, у якому суміш COG і водяної пари подають у проміжну зону, розташовану між зоною відновлення й зоною охолодження реактора відновлення. Газ коксових печей перетворюють на водень і монооксид вуглецю в зоні реформінгу, використовуючи переваги каталітичної дії заліза й високої температури твердого DRI у зазначеній

зоні реформінгу. Даний патент не розкриває можливості подачі всього COG, необхідного для відновлення оксидів заліза, в охолоджувальний контур, не пропонує передавати газ із охолоджувального контуру в контур відновлення по зовнішньому трубопроводу.

Патенти US № 4 270 739 і US № 4 351 513 розкривають спосіб прямого відновлення, при якому із сірковмісного технологічного паливного газу, такого, як газ коксових печей, вилучають сірку за допомогою залізовмісних часток, що містяться в реакторі відновлення, нагріванням і введенням COG вище зони відновлення печі відновлення. У патенті '739 COG нагрівають у вогневому нагрівачі перед його введенням до зони вилучення сірки, а в патенті '513 COG нагрівають за допомогою теплообміну з відповідними газами установки реформінгу. Дані патенти не припускають подачі COG в охолоджувальний контур і потім передачі більшої частини зазначеного COG з охолоджувального контуру в контур відновлення за допомогою трубопроводу, зовнішнього відносно печі відновлення (зі значною перевагою в частині керування процесом).

Документи, процитовані в даному списі (включаючи патенти), та всі документи, які були процитовані або на які посилаються в документах, процитованих у даному описі, включені до опису як посилання. Документи, включені як посилання до даного опису, або будь-які розкриття, наведені в них, можуть бути використані в практиці даного винаходу.

Метою даного винаходу є створення способу й пристрою для більш ефективного використання газу коксових печей (COG), або подібних до нього газів, при відновленні залізних руд до DRI у реакторі відновлення з рухомим шаром.

Зазначена мета досягається в такому реакторі відновлення, який складається з верхньої зони відновлення й нижньої зони розвантаження, у якому весь COG, який повинен бути поданий як суміш для відновлювального газу, що циркулює та вступає в реакцію в зазначеній зоні відновлення, спочатку подають у зазначену зону розвантаження (яка бажано також функціонує як зона охолодження), а після цього такий COG (кондиціонований пропусканням крізь DRI у зоні розвантаження) відбирають із даного реактора й потім додають до відновлювального газу, який повторно направляють у зазначену зону відновлення для відновлення зазначених залізних руд. У цілому, даний винахід стосується способу одержання заліза, відновленого прямим способом (DRI), за допомогою відновлення часток, які містять оксиди заліза до часток, які містять металічне залізо (DRI) у реакторі відновлення, який включає зону відновлення й нижню зону розвантаження, взаємодією зазначених часток, які містять оксиди заліза з високотемпературним потоком відновлювального газу, який містить водень і монооксид вуглецю в зазначеній зоні відновлення, і в якому відновлені частки (DRI) стікають вниз із зазначеної зони відновлення через зазначену нижню зону розвантаження; причому зазначений спосіб характеризується вдосконаленням, яке полягає у введенні й циркуляції метанов-

місного технологічного газу через зазначену нижню зону, у тому числі й через DRI, який міститься там; видаленні з реактора щонайменше частини газу, який протікає в зазначеній нижній зоні; передачі із зовнішньої сторони зазначеного реактора щонайменше першої частини такого газу, вилученого із зазначеної нижньої зони; об'єднанні такої першої частини зазначеного вилученого газу із щонайменше частково регенованим вихідним потоком відновлювального газу, який повертається назад у зону відновлення; подачі таких об'єднаних газів разом до зони відновлення зазначеного реактора; і керуванні витратою зазначеного метаномісного технологічного газу так, щоб вона була більшою ніж витрата зазначеної переданої частини зазначеного вилученого газу на, приблизно, від 50 нормальних кубічних метрів ( $\text{нм}^3$ ) і приблизно до 300  $\text{нм}^3$  на метричну тону DRI, отриманого в зазначеному реакторі відновлення.

Короткий опис креслень

Фіг. 1 показує принципову схему способу, при якому COG використовують у процесі прямого відновлення за відсутності установки реформінгу, і в якому тепломісткість потоку відновлювального газу, який виходить із реактора прямого відновлення, використано для одержання пари.

Фіг. 2 показує принципову схему способу, при якому COG використовують у процесі прямого відновлення за відсутності установки реформінгу, і в якому тепломісткість потоку відновлювального газу, який виходить із реактора прямого відновлення, використано для попереднього нагрівання відновлювального газу, рециркульованого в зазначений реактор відновлення.

Фіг. 3 показує принципову схему способу, при якому COG використовують у процесі прямого відновлення, який має реформер у контурі газу відновлення.

Фіг. 4 показує принципову схему способу, при якому COG використовують у процесі прямого відновлення, при якому частина потоку відновлювального газу, який виходить із реактора відновлення, повертають у реактор відновлення через установку реформінгу, а іншу частину зазначеного вихідного потоку газу повертають через газонагрівач.

Фіг. 5 є принциповою схемою способу, подібного до тієї, яка показана на Фіг. 1, на якій реактор модифіковано так, що зона розвантаження в основі реактора (на відміну від реакторів, показаних на попередніх фігурах) не включає охолоджувального контуру.

На приведених фігурах однакові номери позначень позначають однакові елементи способу й пристрою запропонованих даним винаходом. Більш докладно на Фіг. 1, позиція 10 позначає в цілому реактор прямого відновлення шахтного типу з рухомим шаром, який має верхню зону 12 відновлення й нижню зону 14 розвантаження. Зона 14, як один із варіантів, також може бути пристосована для функціонування як зона охолодження. COG із придатного джерела 16 подають трубопроводом 18 у зону 14 охолодження за допомогою трубопроводу 22. Як правило, джерело 16 поставляє попередньо кондиційований COG, з якого було

вилучено багато домішок і деяких корисних сполук, але який усе ще містить залишкові домішки, які є причиною проблем при обробці та проблем у технологічному процесі. Згідно із даним винаходом COG обробляють, поліпшуючи його якість пропусканням його крізь шар DRI, сформований у реакторі відновлення таким чином, щоб допускалось поліпшене централізоване керування процесом відновлення при кондиціюванні COG.

У кращому варіанті втілення зона 14 розвантаження включає контур охолодження газу, який утворений трубопроводом 22, зоною 14 охолодження, трубопроводом 24, газоохолоджувачем 26, трубопроводом 28 і компресором 30.

Згідно із даним винаходом, частину вихідного потоку охолоджувального газу із зони 14 охолодження передають із контуру охолодження за допомогою трубопроводу 31 у трубопровід 36 (який утворює частину контуру відновлювального газу, для зони 12 відновлення). Контролер 34 регулює витрату газу, який циркулює трубопроводом 18, за допомогою керуючого клапана 20, та кількість газу, який протікає трубопроводом 31, за допомогою керуючого клапана 32. За допомогою такого регулювання контролером 34 кількість газу, яка може підніматися із зони охолодження в зону відновлення усередині реактора 10, є дозованою і бажано мінімізованою. Це є важливою особливістю даного винаходу; оскільки, таким чином, COG, після подачі в зону 14 охолодження, взаємодії там із рухомим шаром DRI і кондиціювання, потім, власне, повністю передається у контур відновлення трубопроводом 31, для нагрівання контрольованим способом і, в остаточному підсумку, вводиться в зону 12 відновлення, як частина рециркульованого відновлювального газу. Без цього керування газовим потоком усередині реактора 10 умови процесу в зоні відновлення й зоні охолодження не можуть бути відрегульовані до отримання бажаного складу газу, потоку й температури, які є придатними для ефективного відновлення часток оксидів заліза й для одержання DRI 65 гарної якості.

Було виявлено, що кращі результати досягнуті, коли різниця між витратою газу, який протікає через трубопровід 18 ( $F_1$ ), і витратою газу, який протікає через трубопровід 31 ( $F_2$ ), знаходиться в діапазоні приблизно від 100 до приблизно 200 нормальних кубічних метрів ( $\text{нм}^3$ ) на тону виробленого DRI ( $F_1 > F_2$ ), але краще якщо ця різниця становить, щонайменше, від, приблизно, 50 до, приблизно, 300  $\text{нм}^3$  на тону виробленого DRI.

Потік COG із зони 14 охолодження в трубопроводі 24 має наступний об'ємний склад: близько 48% водню; близько 41% метану; близько 7% води; близько 0,6% монооксиду вуглецю; близько 2% діоксиду вуглецю й близько 1% азоту. Важкі вуглеводні та БТК були перетворені в корисні відновлювальні гази при взаємодії COG з DRI, сірка також була вилучена з COG за допомогою DRI. Тому газовий вихідний потік із зони 14 охолодження трубопроводом 31 може бути безпечно переданий у контур відновлення, без виникнення проблеми осадження вуглецю та забруднення устаткування, особливо газонагрівача, теплообмінників і компресорів.

Газ COG, після проходження через зону 14 охолодження проходить через трубопровід 31 і поєднується з вихідним потоком відновлювального газу, із зони 12 відновлення в трубопроводі 36, який приводить до компресора 38 і потім трубопроводом 40 до установки 42 видалення CO<sub>2</sub> (де частину CO<sub>2</sub> отриманого при реакціях відновлення, видаляють, щоб регенерувати відновлювальний потенціал газу, який повертається в зону 12 відновлення). Видалення діоксиду вуглецю може бути проведене за допомогою хімічної абсорбції або фізичної адсорбції. Відновлювальний газ, який тепер має низький вміст CO<sub>2</sub> близько 3% надходить трубопроводом 46 до зволожувача 48, де вміст води в зазначеному газі контрольованим чином підвищують до більш високого рівня - близько 6%. Зволожений газ потім надходить трубопроводом 54 до нагрівача 56, де його температуру піднімають вище, ніж до 850°C, бажано, приблизно, до 900°C а ще краще, приблизно до 950°C. Будь-яке придатне паливо із джерела 80 може бути передане трубопроводом 82 до вогневого нагрівача 56. Це паливо може бути доповнене відновлювальним газом витиснутим із контуру відновлення трубопроводом 78. Гарячий газовий вихідний потік від нагрівача 56 потім поєднують із киснем або збагаченим киснем повітрям 62 із придатного джерела 60. Часткове спалювання з киснем підвищує температуру відновлювального газу, поданого в зону 12 відновлення до, приблизно, від 1000 до 1050 °C. Високотемпературний відновлювальний газ відновлює частки, які містять оксиди заліза 63 (наприклад, гранули залізної руди), подавані у верхню частину зони 12, до DRI 65, який містить металічне залізо, яке опускається вниз реактором зі швидкістю, регульованою засобами, відомими в техніці, і вивільняється за допомогою зони 14 охолодження/розвантаження.

Відновлювальний газ поданий у зону 12 відновлення, після реакції із частками, які містять оксиди заліза 63 відбирають із реактора 10 за допомогою трубопроводу 64. Гарячий відновлювальний газ пропускають крізь теплообмінник 66, у якому одержують переважно пару 68. Пара 68 може потім бути використаною при роботі установки 42 видалення CO<sub>2</sub>. З теплообмінника 66 відновлювальний газ подають трубопроводом 70 в охолоджувач 72, де відновлювальний газ безпосередньо контактує з водою 74, щоб знизити температуру газу нижче приблизно 50 °C, а також вимити з нього пил. Воду, утворену при реакціях відновлення в зоні 12, конденсують в охолоджувачі 72 і видаляють із відновлювального газу, регенеруючи в такий спосіб його відновлювальний потенціал. Охолоджений газ протікає трубопроводом 73, і його розділяють на дві частини. Головну частину охолодженого газу повертають трубопроводом 36 і далі, у зону 12 відновлення, замикаючи, таким чином, контур відновлювального газу (а меншу частину витісняють із зазначеного контуру відновлювального газу, крізь трубопровід 78 із регульованою швидкістю за допомогою керуючого клапана 76). Витиснутий газ із трубопроводу 78 може бути використаний як паливо для вогневого нагрівача 56 за допомогою трубопроводу 82, або в інших цілях.

Гарячу воду 75 вилучають із охолоджувача 72 і переважно використовують у зволожувачі 48 як вихідну воду 50 із тією перевагою, що її більш висока температура відіграє роль у підвищенні температури відновлювального газу, у зволожувачі 48, і тому кількість води, доданої до відновлювального газу, можна контролювати. Уміст води в газовому потоці після зволоження звичайно становить приблизно від 5% і приблизно до 10% за об'ємом. Надлишкову воду зі зволожувача 48 випускають крізь трубопровід 52. Цей прийом був описаний у патенті US № 5 110 350.

Гарячий DRI, як один із варіантів, охолоджують від температури близько 800°C до нижчої, ніж 100°C у зоні 14 охолодження перед вивантаженням DRI 65 із реактора 10. У даному кращому варіанті втілення COG із джерела 16 використовують як охолоджувальний агент і також очищають від важких вуглеводнів і БТК. Фахівцям у даній області техніки буде очевидно, що даний винахід може бути також застосованим до реакторів, у яких температуру DRI не обов'язково знижувати до майже навколишньої температури перед вивантаженням (це можливо, коли гаряче вивантаження бажане для брикетування). У цьому випадку немає ніякої необхідності формування контуру охолоджувального газу з охолоджувачем 26 і компресором 30, і COG може бути прямо пропущений через зону 14 без рециркуляції, а потім COG може бути переданий у зону 12 відновлення трубопроводом 31.

На Фіг. 2 загальне компонування схеми способу є аналогічним до схеми, показаної на Фіг. 1 із тією різницею, що теплообмінник 66 використовують, щоб попередньо підігріти відновлювальний газ отриманий зі зволожувача 48 трубопроводом 69, перед тим, як повернути його через нагрівач 56 у зону 12 відновлення. COG подають із джерела 16 через зону 14 охолодження в. потім, в остаточному підсумку, передають до контуру відновлення трубопроводом 31 у режимі, подібному до того, який було описано вище стосовно Фіг. 1.

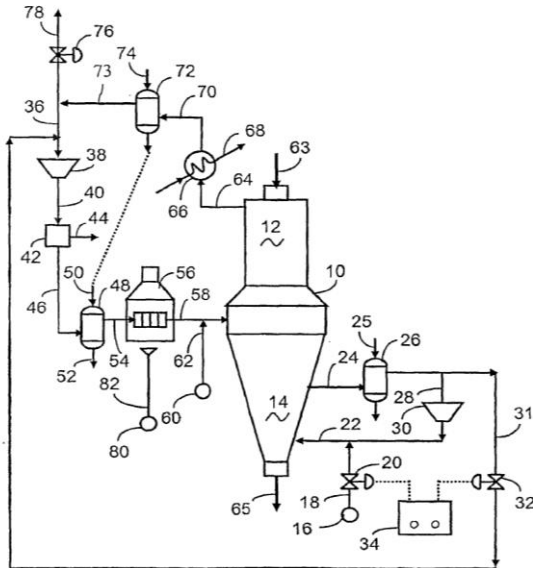
Показаний на Фіг. 3 процес прямого відновлення відрізняється від процесів на Фіг. 1 і 2 тим, що потік відновлювального газу, який виходить із зони відновлення, повертають через установку 55 каталітичного реформінгу, у якій рециклізований газ, який містить метан, піддають реформінгу з діоксидом вуглецю, утвореним у зоні 12 відновлення, щоб одержати водень і монооксид вуглецю. COG подають із джерела 16 через зону 14 охолодження й потім, в остаточному підсумку, передають у контур відновлення трубопроводом 31 у режимі, подібному до того, який було описано вище стосовно Фіг. 1.

Фіг. 4 показує процес прямого відновлення, що поєднує в контурі відновлення як нагрівач 56 рецикльованого газу, так і установку 55 каталітичного реформінгу, що працює подібно до варіантів втілення, показаних на Фіг. 1, 2 та 3. COG подають із джерела 16 через зону 14 охолодження й потім, в остаточному підсумку, передають у контур відновлення трубопроводом 31 у режимі, подібному до того, який було описано вище стосовно Фіг. 1.

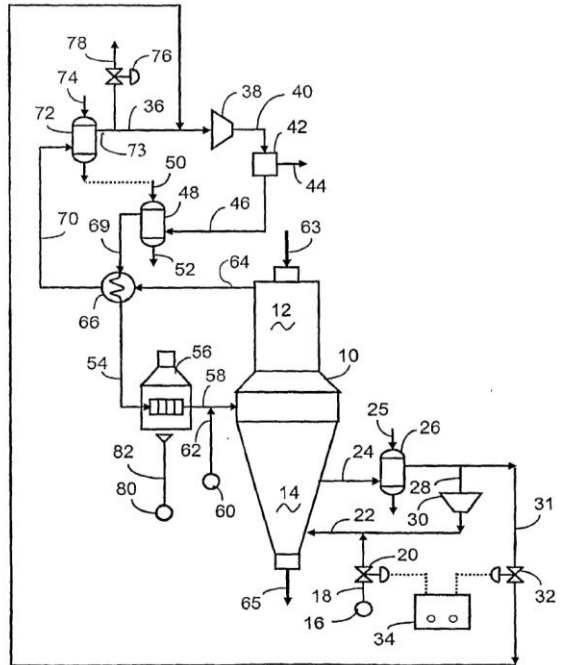
Даний винахід описаний на прикладі декількох кращих варіантів втілення, однак фахівці в даній

галузі техніки зможуть легко розглянути й інші варіанти, які знаходяться у рамках даного винаходу,

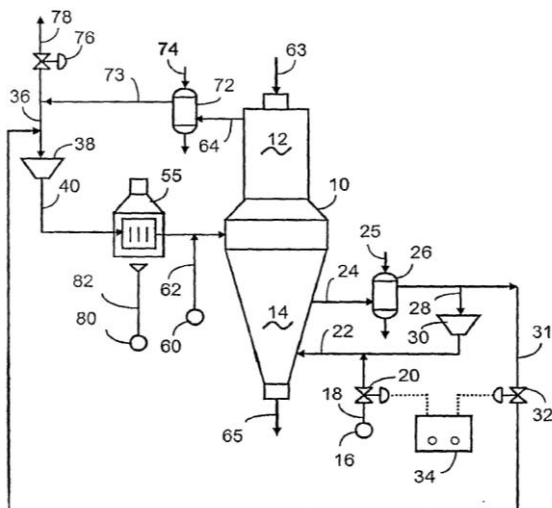
обсяг якого варто визначати, виходячи з наступної формули винаходу.



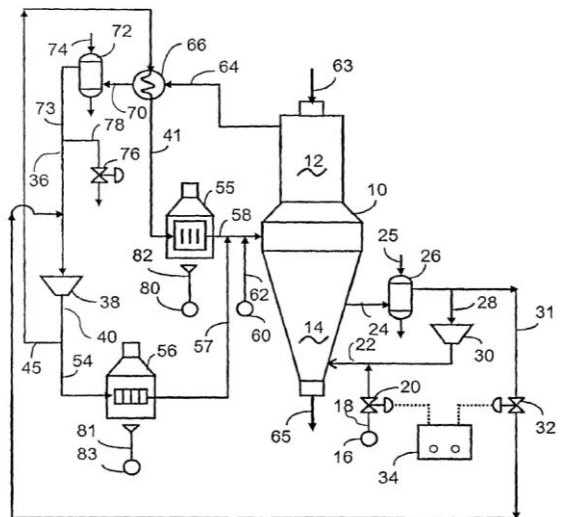
Фиг. 1



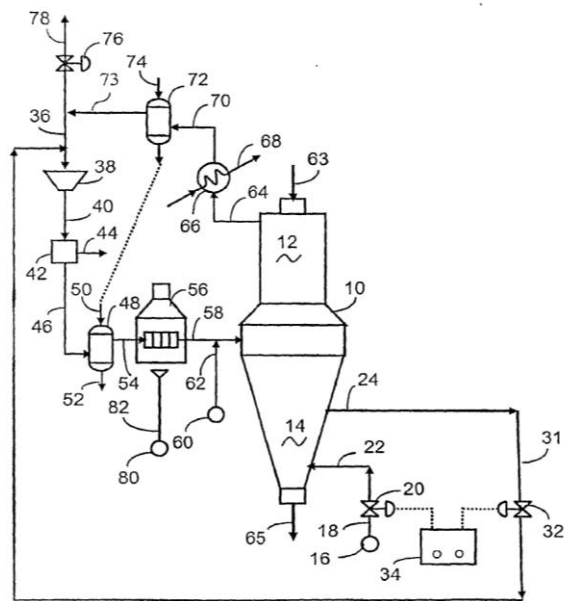
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фіг. 5