



(19) **UA** (11) **46 168** (13) **C2**
(51)МПК ⁷ **C 21В 11/00 А**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
УКРАИНЫ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ УКРАИНЫ

(21), (22) Заявка: 2000063884, 01.12.1998

(24) Дата начала действия патента: 15.05.2002

(30) Приоритет: 02.12.1997 US 08/982,744

(46) Дата публикации: 15.05.2002

(86) Заявка РСТ:
РСТ/IV98/02131, 19981201

(72) Изобретатель:

Дам Оскар Г., VE,
Альбарран Вольфганг, VE

(73) Патентовладелец:

БРИФЕР ИНТЕРНЕСЕНЕЛ ЛТД., ВВ,
ВОСТ-АЛПАЙН ИНДАСТРИЕНЛАГЕНБАУ ГМБХ
& К, АТ

(54) СПОСОБ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО РАСКИСЛИТЕЛЯ И СПОСОБ РЕФОРМИНГА
ГАЗООБРАЗНОГО РАСКИСЛИТЕЛЯ В ПРОЦЕССЕ РАСКИСЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ В
ПСЕВДОРАЗЖИЖЕННОМ СЛОЕ

(57) Реферат:

Данное изобретение относится к способу реформинга газообразного раскислителя в ходе осуществляемого в псевдо-разжиженном слое процесса раскисления руды в ряде реакторов для раскисления руды, в который входят следующие стадии: пропускание руды через несколько реакторов для раскисления (10, 12), к которым относятся последний реактор (10) и по меньшей мере один предварительный реактор (12), пропускание через последний реактор (10) газообразного раскислителя с целью раскисления в этом реакторе руды, в результате чего из последнего реактора (10) выходит поток частично отработанного газообразного раскислителя,

состоящего из метана и металлизированной железной пыли, смешивание источника кислорода с частично отработанным газообразным раскислителем для того, чтобы первым, в присутствии металлизированной железной пыли, сжечь часть метана и получить газообразный раскислитель, прошедший процесс реформинга, и подача последнего в предыдущий реактор (12).

Официальный бюлетень "Промышленная собственность". Книга 1 "Изобретения, полезные модели, топографии интегральных микросхем", 2002, N 5, 15.05.2002. Государственный департамент интеллектуальной собственности Министерства образования и науки Украины.

У А 4 6 1 6 8 С 2

У А 4 6 1 6 8 С 2



(19) **UA** (11) **46 168** (13) **C2**
 (51) Int. Cl.⁷ **C 21B 11/00 A**

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF
 UKRAINE

STATE DEPARTMENT OF INTELLECTUAL
 PROPERTY

(12) **DESCRIPTION OF PATENT OF UKRAINE FOR INVENTION**

(21), (22) Application: 2000063884, 01.12.1998
 (24) Effective date for property rights: 15.05.2002
 (30) Priority: 02.12.1997 US 08/982,744
 (46) Publication date: 15.05.2002
 (86) PCT application:
 PCT/IB98/02131, 19981201

(72) Inventor:
 Dam Oskar G., VE,
 Albarran Wolfgang, VE
 (73) Proprietor:
 BRIEFER INTERNATIONAL LTD., BB,
 VOST-ALPAIN INDUSTRIENLAGENBAY GMBX &
 CO., AT

(54) **METHOD FOR GASEOUS REDUCER PREPARING AND METHOD OF GASEOUS REDUCER REFORMING IN THE IRON ORE IN FLUIDIZED BED PROCESS REDUCTION**

(57) Abstract:

A method for reforming reducing gas in a fluidized bed process for reduction of ore in a series of ore reducing reactors, including the steps of: passing ore through a plurality of reducing reactors (10, 12) including a final reactor (10) and at least one upstream reactor (12); flowing a reducing gas through the final reactor (10) so as to reduce ore in the final reactor (10) whereby a flow of partially spent reducing gas including methane and metallized iron dust exits the final reactor (10); mixing an

oxygen source with the partially spent reducing gas so as to combust a portion of the methane with the oxygen source in the presence of the metallized iron dust and provide a reformed reducing gas; and flowing the reformed reducing gas to the upstream reactor (12).

Official bulletin "Industrial property". Book 1 "Inventions, utility models, topographies of integrated circuits", 2002, N 5, 15.05.2002. State Department of Intellectual Property of the Ministry of Education and Science of Ukraine.

U A 4 6 1 6 8 C 2

U A 4 6 1 6 8 C 2



(19) **UA** (11) **46 168** (13) **C2**
(51)МПК ⁷ **C 21В 11/00 А**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ

(12) ОПИС ВИНАХОДУ ДО ПАТЕНТУ УКРАЇНИ

(21), (22) Дані стосовно заявки:
2000063884, 01.12.1998

(24) Дата набуття чинності: 15.05.2002

(30) Дані стосовно пріоритету відповідно до Паризької конвенції : 02.12.1997 US 08/982,744

(46) Публікація відомостей про видачу патенту (деклараційного патенту): 15.05.2002

(86) Номер та дата подання міжнародної заявки відповідно до договору РСТ:
РСТ/ІВ98/02131, 19981201

(72) Винахідник(и):

Дам Оскар Г. , VE,
Альбарран Вольфганг , VE

(73) Власник(и):

БРІФЕР ІНТЕРНЕТШЕНЕЛ ЛТД., ВВ,
ВОСТ-АЛПАЙН ІНДАСТРІЕНЛАГЕНБАУ
ГМБХ & КО., АТ

(54) СПОСІБ ПРИГОТУВАННЯ ГАЗОПОДІБНОГО РОЗКИСНЮВАЧА ТА СПОСІБ РЕФОРМІНГУ ГАЗОПОДІБНОГО РОЗКИСНЮВАЧА В ПРОЦЕСІ РОЗКИСНЕННЯ ЗАЛІЗНОЇ РУДИ У ПСЕВДОЗРІДЖЕНОМУ ШАРІ

(57) Реферат:

Винахід стосується способу реформінгу газоподібного розкиснювача в ході здійснюваного у псевдозрідженому шарі процесу розкиснення руди в ряді реакторів для розкиснення руди, який включає такі стадії: пропускання руди через кілька реакторів для розкиснення (10, 12), до яких належать останній реактор (10) і принаймні один попередній реактор (12), пропускання через останній реактор (10) газоподібного розкиснювача з метою розкиснення в цьому реакторі руди, у

результаті чого з останнього реактора (10) відходить потік частково відпрацьованого газоподібного розкиснювача, що складається з метану й металізованого залізного пилу, змішування джерела кисню із частково відпрацьованим газоподібним розкиснювачем для того, щоб першим, в присутності металізованого залізного пилу, спалити частину метану й одержати газоподібний розкиснювач, що зазнав реформінгу, й подачу останнього в попередній реактор (12).

U A 4 6 1 6 8 C 2

U A 4 6 1 6 8 C 2

Опис винаходу

Даний винахід стосується способу розкиснення залізої руди у псевдозрідженому шарі, зокрема способу реформінгу газоподібного розкиснювача, що використовується в цьому процесі.

У патенті US 5192486, виданому на ім'я Whipp, запропоновано спосіб розкиснення руди у псевдозрідженому шарі й установку для його здійснення. У цьому патенті описано спосіб, під час здійснення якого оксид заліза проходить через ряд реакторів для обробки руди й контактує з газоподібним розкиснювачем, у результаті чого утворюється розкиснений або металізований залізвмісний продукт. Газоподібний розкиснювач для таких процесів, як правило, одержують у спеціально призначених для цього установках, відомих як реформінг-установки. Типові реформінг-установки представляють собою установки стехіометричного типу, в яких застосовують суміші природного газу/монооксиду вуглецю, здійснюючи конверсію з водяною парою й часткове спалювання. Установки для проведення процесів реформінгу перших двох типів, зокрема, для реформінгу з використанням природного газу/монооксиду вуглецю та здійсненням конверсії з водяною парою, є дуже дорогими, так само, як і використовувані в них каталізатори.

Деякі недоліки властиві також методу часткового спалювання. Так, наприклад, сірчаний компонент важких вуглеводнів, що, як правило, використовують у функції палива, проявляє тенденцію до забруднення залізвмісних продуктів. Проблематичним є також осадження вуглецю на застосовуваному для цього устаткуванні. Більш того, у ході здійснення цих процесів у реакторах і газоподібному розкиснювачеві накопичується азот, який негативно діє на здатність газу до розкиснення.

У способах, які здійснюються у псевдозрідженому шарі, наприклад, у такому, що описано у Whipp у патенті US 5192486, руду послідовно пропускають зверху вниз через ряд реакторів, тоді як газ через ті самі реактори послідовно пропускають знизу нагору. Було встановлено, що газ, який проходить через реактори, виносить із рудного матеріалу, який піддається розкисненню, пил і порошокподібний компонент, що можуть призвести до значного засмічення реактора та виникненню інших проблем.

Зважаючи на вищенаведене, не викликає ніяких сумнівів, що на даний момент існує необхідність у розробленні способу, що дозволяє би одержувати газоподібний розкиснювач і здійснювати процес розкиснення у псевдозрідженому шарі з меншими витратами, підвищеною ефективністю й мінімальним ризиком засмічення.

Таким чином, першою задачею даного винаходу є розроблення способу одержання газоподібного розкиснювача для використання в процесі, що проводиться у псевдозрідженому шарі, здійснення якого не вимагало б дорогого устаткування для реформінгу.

Наступна задача даного винаходу являє собою розроблення такого способу одержання газоподібного розкиснювача, у ході здійснення якого можна було б використовувати тепло, яке виділяється під час проведення процесу розкиснення у псевдозрідженому шарі, що дозволило б підвищити ефективність процесу в цілому.

І, нарешті, задачею даного винаходу є також розроблення такого способу одержання газоподібного розкиснювача у процесі розкиснення у псевдозрідженому шарі, у ході здійснення якого можна було б користуватися всіма перевагами, що полягають у винесенні порошокподібного або пиліподібного матеріалу частково відпрацьованим газом, і який, крім того, уможливив би знизити ймовірність утворення надмірних відкладень або засмічення реакторного устаткування.

Інші цілі й переваги даного винаходу наведено нижче.

Вищенаведені проблеми вирішуються за даним винаходом з одержанням цілого ряду переваг.

У даному винаході запропоновано спосіб одержання газоподібного розкиснювача в процесі розкиснення руди, що здійснюється у псевдозрідженому шарі (такому, як барботажний, струминний, циркуляційний процес тощо) в ряді реакторів для розкиснення руди, у ході якого руду пропускають через кілька реакторів для розкиснення, що включають останній реактор і принаймні один попередній. Через останній реактор, з метою розкиснення в ньому руди, пропускають газоподібний розкиснювач, у результаті чого з цього реактора відходить потік частково відпрацьованого газу, що включає метан і металізований залізний пил, із частково відпрацьованим газоподібним розкиснювачем джерела змішують кисень й одержаним джерелом кисню в присутності металізованого залізного пилу спалюють частину метану з одержанням газоподібного розкиснювача, який зазнав реформінгу, що подають у принаймні один попередній реактор.

Далі у даному винаході запропоновано спосіб одержання газоподібного розкиснювача під час попереднього нагрівання реакторів до моменту досягнення технологічної температури, що забезпечує ефективне попереднє розкиснення руди.

Нижче даний винахід детальніше роз'яснюється на прикладі оптимального варіанта його здійснення з посиланнями на фігури, що додаються до цього і на яких зображено:

на фіг. 1 – технологічну схему, що ілюструє спосіб за даним винаходом, і на фіг. 2 – збільшену частину реактора, який застосовується в технологічній схемі за фіг. 1.

Даний винахід стосується способу розкиснення залізої руди у псевдозрідженому шарі, зокрема, способу перетворення або реформінгу газоподібного розкиснювача в процесі розкиснення, що здійснюється у псевдозрідженому шарі.

На фіг.1 наведено технологічну схему системи для розкиснення руди в псевдозрідженому шарі, що використовується в запропонованому способі. На цій фігурі зображено реактори 10 і 12 для оброблення руди, які застосовують з метою введення вихідного оксиду заліза у взаємодію з газоподібним розкиснювачем, у результаті чого утворюється розкиснений або металізований залізвмісний продукт. У бажаному варіанті реактор 10 устатковано впускним отвором 14 для подачі окиснених руд, що піддаються розкисненню, й

5 випускним отвором 16 для відновленого або частково відновленого продукту, а реактор 12 – впускним отвором 18 для руди й випускним отвором 20 для готового продукту. Як наведено на фігурах, у бажаному варіанті впускний отвір 18 реактора 12 послідовно сполучається з випускним отвором 16 реактора 10, завдяки чому руда, що спрямовується через реактор 10, далі послідовно надходить, наприклад, під дією сили тяжіння, у реактор 12. Таким чином, у даному описі реактор 10 називається "попереднім реактором", тоді як реактор 12 згадується як "останній реактор". Слід зазначити, що наведена на фіг.1 схема є лише прикладом, який ілюструє даний винахід, й обсяг останнього наведеним числом реакторів не обмежується. Отже, хоча на схемі за фіг. 1 зображено два одношарові реактори, можна було б застосовувати три чи більше одношарових реакторів або, в альтернативному варіанті, не виключена можливість застосування єдиного багатостадійного реактора, в якому кожну стадію або шар слід вважати наведеним у даному описі реактором. Крім того, також є можливим варіант використання реакторів цих типів у комбінації один з одним і/або з одним або кількома реакторами для попереднього нагрівання, причому всі ці варіанти охоплюються обсягом даного винаходу.

15 Під час здійснення запропонованого способу окислена руда, що подається в реактори 10 і 12, входить у взаємодію з газоподібним розкиснювачем, причому бажано, щоб останній було збагачено воднем і монооксидом вуглецю. Цей процес відбувається за умов, що дають змогу видобути з оксиду заліза кисень й у результаті одержати металізований або розкиснений залізвмісний продукт. У бажаному варіанті потік газоподібного розкиснювача спрямовують у напрямку, протилежному потоку оксиду заліза, наприклад, через впускний отвір 22 для газу реактора 12 до випускного отвору 24 реактора 12, по лінії 26 до впускного отвору 28 для газу реактора 10 і наприкінці відводять із випускного отвору 30 для газу реактора 10. У патенті US 5192486, виданому на ім'я Whipp і включеному в даний опис як посилання, наведено систему, в якій застосовують три реактори, з'єднані за вищезгаданою схемою. Таким чином, газ послідовно переходить із реактора 12 у реактор 10, і тому в контексті даного опису реактор 10 можна назвати "останнім" на шляху проходження газового потоку.

20 Оптимальний газоподібний розкиснювач, що спочатку подається в реактор, наприклад, у впускний отвір 22 для газу останнього реактора 12, характеризується таким об'ємним складом: приблизно 60-65% водню, 4-6% монооксиду вуглецю, 18-24% метану, 2-4% діоксиду вуглецю, 1,0-1,8% водяної пари й решта – азот. Бажано, щоб цей газ спрямовувався у впускний отвір 22 реактора 12 при температурі, що знаходиться у діапазоні від приблизно 830 до приблизно 850°C. Усередині реактора 12 частина газоподібного розкиснювача окиснюється, тоді як оксиди заліза розкиснюються, у результаті чого газ із реактора 12 відходить частково відпрацьованим.

30 Як наведено нижче, за даним винаходом частково відпрацьований газ обробляють таким чином, щоб підвищити його здатність до розкиснення, що відбувається попередньому реакторі 10, завдяки чому поліпшуються результати процесу в цілому.

35 Після проходження газу через наступний за напрямком руху його потоку або останній на шляху проходження газового потоку реактор 10 відпрацьований газ відводять з випускного отвору 30 для газу та, як правило, обробляють на різних ділянках системи з метою видалення водяної пари й діоксиду вуглецю й стиснення та нагрівання газу до такого рівня, що буде достатнім для повторного використання газу в процесі. З цією метою відпрацьований газ послідовно спрямовують в установку 32, де відбувається його різке охолодження й видалення води, скруббер 34, в якому видаляються CO_2 й H_2S , компресор 36 і нагрівач 38, де відбувається кондиціонування повернутих газів, що уможливує їхнє повторне використання у здійснюваному в псевдозрідженому шарі процесі. Як наведено на фігурі, газ, що повертається в процес через установку 32 для видалення води, скруббер 34, компресор 36 і нагрівач 38, можна, у відповідний спосіб, змішувати з додатковим або свіжовиготовленим газоподібним розкиснювачем, який надходить з установки 40 для виготовлення газоподібного розкиснювача (див. фігуру). У функції установки 40 можна з успіхом застосовувати реформінг-установку промислового типу. Придатними свіжовиготовленими газами є газоподібний розкиснювач, окисник і їхні суміші. Змішувати свіжовиготовлений газ із повертаним газом бажано, як наведено на фігурі, до того, як перший потрапить у нагрівач 38. Далі суміш повертаного в процес і свіжовиготовленого газів спрямовують у впускний отвір 22 реактора 12 з метою додаткового оброблення оксидів усередині реакторів 10 і 12.

50 Газ, що проходить через реактори 10 і 12, проявляє тенденцію до винесення пилу й порошокподібного матеріалу з оксиду заліза, який обробляється в даних реакторах. Цей пил газ переносить через наступні за рухом газового потоку частини системи. Вищенаведеному порошокподібному матеріалові або пилові властива схильність утворювати відкладення на різноманітних поверхнях системи, що призводить до виникнення серйозних проблем, пов'язаних із засміченням у випадку звичайного реакторного устаткування. Під час створення даного винаходу було встановлено, що цей порошокподібний матеріал, який на виході з останнього реактора 12 значною мірою являє собою металізований залізний пил, за певних умов можна використовувати як каталізатор конверсії частково відпрацьованого газу, що відходить з останнього реактора 12, і в такий спосіб підвищувати здатність газу, що спрямовується в попередній реактор 10, до розкиснення. Більш того, було встановлено, що здійснення реакції реформингу дозволяє знизити температуру газу і/або таку в навколишніх зонах до рівня, достатнього для того, щоб по завершенні початкової стадії значно обмежити утворення відкладень частинками пилу й, отже, уникнути проблем із засміченням, із якими зазвичай доводиться рахуватися.

60 За даним винаходом, відпрацьований газ, який виходить із реактора 12, змішують із киснем, бажано з додатковою кількістю метану, в присутності пилу заліза, що виноситься, й оксидів. Цю операцію здійснюють для того, щоб спалити утворену суміш та одержати додаткову кількість тепла, необхідного для проведення цільової реакції реформингу. У результаті в реактор 10 надходить газоподібний розкиснювач, що володіє підвищеною здатністю до розкиснення. На цьому етапі додавання в реактор 12 метану, наприклад, через впускний отвір 13,

коли здійснено змішування з повітрям/киснем, уможливило поліпшення процесу горіння й забезпечення реакцій одержання водню й монооксиду вуглецю додатковими матеріалами.

5 Як наведено на фіг. 1, у частково відпрацьований газ, що відходить з випускного отвору 24 останнього реактора 12, наприклад, по лінії 26, уводять джерело кисню, що дозволяє в цьому частково відпрацьованому газі частково спалювати частину метану, генеруючи, таким чином, додаткове тепло, що використовують у наступній реакції реформінгу в присутності пилу відновленого металу у функції каталізатора, як наведено вище. У бажаному варіанті джерело кисню, призначене для введення в лінію 26 для спалювання частково відновленого газу, попередньо нагрівають до температури, що знаходиться у діапазоні від приблизно 650 до приблизно 950°C.

10 У результаті початкового згоряння в лінії 26 зі згорілого метану утворюються діоксид вуглецю й водяна пара, а на виході наступної реакції реформінгу з використанням додаткової кількості метану в газовій суміші, що каталізується частинками відновленого металу, утворюються монооксид вуглецю й водень, необхідні для здійснення способу за даним винаходом.

15 На фіг. 2, щоб краще розкрити перевагу даного винаходу, у збільшеному масштабі зображено частину реактора 10 із впускним отвором 28 для газу. Як зазначено вище, порошкоподібний матеріал, що виноситься газами, які проходять із реактора в реактор, як правило, призводить до виникнення серйозних проблем, пов'язаних з утворенням відкладень у точці засмічення системи, що, у свою чергу, знижує ефективність процесу внаслідок припинення роботи, які необхідно робити, щоб провести очищення тощо. Під час створення даного винаходу було встановлено, що при введенні джерела кисню в лінію 26, у результаті чого відбувається часткове спалювання метану в частково відпрацьованих газоподібних розкиснювачах, початковий шар пилу відновленого металу відкладається або накопичується на поверхнях, із якими контактують пил, що виноситься, й газ. Це насамперед відбувається на вогнетривкій внутрішній поверхні 42 реактора 10, ґратах 44 для газового потоку й форсунках 46 для газового потоку усередині нагнітальних або нижніх зон реактора 10, як наведено на фігурі.

25 Крім того, у процесі створення даного винаходу було встановлено, що реакція реформінгу, яка каталізується металізованим залізним пилом, що виноситься газом, і відкладеннями металізованого пилу на поверхнях 42, 44 й 46, є ендотермічною, у ході якої витрачається тепло, що виділяється під час згоряння газів, у результаті чого поверхні 42, 44 й 46, які контактують із газами, охолоджуються й перешкоджають подальшому утворенню відкладень частинок відновленого металу. Таким чином, у рамках здійснення способу за даним винаходом передбачено початкову стадію процесу, на якій на різноманітних поверхнях реактора 10 утворюються відкладення необхідної для здійснення цього способу частини розкисненого металевого пилу, й другу, холоднішу стадію, на якій зниження температури відбувається у результаті ендотермічної реакції реформінгу. Така знижена температура сприяє уникненню подальшого утворення відкладень, завдяки чому значно зменшується ймовірність засмічення й підвищується ефективність процесу.

30 За даним винаходом, реформінг газу починається в лінії 26 у присутності розкисненого металевого пилу, що виноситься, у функції каталізатора реакції реформінгу. Далі, коли газ із лінії 26 надходить у нагнітальні або нижні зони реактора 10, цей газ також входить у взаємодію з відкладенням розкисненого металевого пилу 48, що характеризується порівняно великою питомою площею поверхні, яка становить, зокрема, від приблизно 15 до приблизно 80см²/г, і виконує роль другої каталітичної зони або поверхні, що додатково сприяє реакціям реформінгу газу.

40 За даним винаходом, частково відпрацьований газ, що відходить з останнього реактора 12, як правило, може мати наступний об'ємний склад: приблизно 48-52% водню, 6-10% монооксиду вуглецю, 20-27% метану, 1,0-1,5% діоксиду вуглецю, 10-12% водяної пари й решта – азот. Його здатність до розкиснення (N_g, що визначається за наведеною нижче методикою) становить від приблизно 4,0 до приблизно 5,6, а температура знаходиться у діапазоні від приблизно 750 до приблизно 790°C.

45 Реформінг частково відпрацьованого газу ініціюється до моменту подачі останнього в реактор 10 і триває, поки цей газ проходить через нижні зони реактора 10. Газ, що пройшов реформінг, контактує в реакторі 10 із рудою після проходження через ґрати 44. Процес реформінгу починають змішуванням джерела кисню з розкисненим металевим пилом, що виноситься, й частково відпрацьованим газом у такий спосіб, щоб на ділянці впускного отвору (точка В) реактора 10 одержати газоподібний продукт згоряння, що має наступний об'ємний склад: приблизно 40-46% водню, 6-8% монооксиду вуглецю, 17-20% метану, 3-6% діоксиду вуглецю, 12-18% водяної пари й решта – азот. Температура цього продукту повинна знаходитися у діапазоні від приблизно 780 до приблизно 820°C.

50 Далі газоподібні продукти згоряння вищенаведеного складу проходять із лінії 26 у впускний отвір 28 реактора 10 і, таким чином, контактують із відкладеннями частинок розкисненого залізного пилу 48 на поверхнях реактора, зокрема, на вогнетривкій внутрішній поверхні 42, ґратах 44 для подачі потоку газу й форсунках 46 для газового потоку, й піддаються подальшому реформінгу, в результаті чого в напрямку руху нижче ґрат 44, наприклад, у точці С, утворюється газоподібний розкиснювач, що зазнав реформінгу й характеризується таким об'ємним складом: приблизно 50-62% водню, 12-20% монооксиду вуглецю, 4-12% метану, 1-4% діоксиду вуглецю, 8-10% водяної пари й решта – азот. Його здатність до розкиснення (N_g, що визначається за наведеною нижче методикою) знаходиться у межах від приблизно 4,4 до приблизно 9,1, а температура – від приблизно 780 до приблизно 800°C.

60 Потім газоподібний розкиснювач із точки С продовжує переміщатися по реакторі 10, завдяки чому забезпечується розкиснення оксиду металу, який уводиться в реактор 10, що вимагається для здійснення даного винаходу.

65 Щоб проілюструвати інші переваги процесу реформінгу газу, здійснюваного за даним винаходом, у нижченаведеній таблиці 1 зведено бажані склади газів, що відповідають точкам А, В і С, а також газоподібного

розкиснювача, який надходить у реактори на початку процесу.

Таблиця 1

	На вході	A	B	C	
5	H ₂ , об. %	60-65	48-52	40-46	50-62
	CO, об. %	4-6	6-10	6-8	12-20
	CH ₄ , об. %	18-24	20-27	17-20	4-12
	CO ₂ , об. %	2-4	1,0-1,5	3-6	1-4
10	H ₂ O, об. %	1,0-1,8	10-12	12-18	8-10
	N ₂ , об. %	решта	решта	решта	решта
	Температура (°C)	830-850	750-790	780-820	780-800

Вищенаведені склади газів є типовими для газу в даній системі, наприклад, у впускному отворі 22 реактора 12, для частково відпрацьованого газу, що пройшов через останній реактор 12, наприклад, у точці А на фіг.1, газоподібного продукту згоряння після додавання кисню, наприклад, у точці В на фіг.1, а також для газу, який зазнав реформінгу, по завершенні проміжної стадії реформінгу за даним винаходом, наприклад, у точці С на фіг.1.

Як стає очевидним із вищенаведеного опису, запропонований спосіб дозволяє збільшити об'єм газоподібного розкиснювача приблизно на 10-40 об. % у порівнянні з таким частково відпрацьованого газоподібного розкиснювача, завдяки чому підвищується здатність газу до розкиснення (N_R), наприклад, від приблизно 4,4 у точці А до приблизно 6,2 у точці С, яку визначають у такий спосіб:

$$N_R = (CO + H_2) / (CO_2 + H_2O)$$

де під CO, H₂, CO₂ та H₂O розуміють об'ємний вміст цих компонентів у газі у відсотках.

У бажаному варіанті здійснення даного винаходу джерело кисню, таке як повітря, кисень і їхні суміші, вводять у лінію 26 таким чином, щоб значення реформінгового співвідношення (CH_4/N_{ox}) знаходилося в межах від приблизно 57 до приблизно 72, де CH₄ означає об'ємний вміст метану у відсотках, а N_{ox} – ступінь окиснення потоку частково відпрацьованого газу, що визначають у такий спосіб:

$$N_{ox} = (CO_2 + H_2O) / (CO + CO_2 + H_2 + H_2O)$$

де під CO, H₂, CO₂ та H₂O розуміють об'ємний вміст цих компонентів у газовому потоці у відсотках. Значення N_{ox}, як правило, знаходяться у діапазоні від приблизно 0,2 до приблизно 0,3.

Крім того, у бажаному варіанті спосіб здійснюють при таких витратах потоку й температурі, коли кількість пилу, що виноситься газом, який відходить через впускний отвір 24 для газу реактора 12, становить від приблизно 5 до приблизно 50 г/м³, бажано від приблизно 10 до приблизно 30 г/м³.

В оптимальному варіанті частинки пилу, що виносяться, й частинки у відкладеннях 48 будуть мати такий склад за масою: приблизно 78-85% відновленого заліза, 0,1-0,6% оксиду кальцію, 0,1-0,3% оксиду магнію, 0,9-2,5% діоксиду кремнію, 0,5-1,8% оксиду алюмінію й 12-20% оксиду заліза. Крім того, бажано, щоб питома площа поверхні частинок у відкладеннях становила від приблизно 3 до приблизно 10 см²/г.

Як згадувалося вище, запропонований спосіб складається з першої стадії, на якій на потрібних ділянках утворюються відкладення пилу або частинок, у результаті чого одержуються каталітичні поверхні, наприклад, поверхні 42 й 44, та з другої, що здійснюється при зниженій температурі й на якій відкладення пилу або частинок зменшуються. При цьому бажано, щоб під час здійснення першої стадії температура в реакторі нижче 44 та поверхонь 42 й 44 становила від приблизно 780 до приблизно 790°C, а у ході здійснення другої – від приблизно 760 до приблизно 770°C.

Поряд із вищенаведеним, спосіб за даним винаходом дозволяє підвищити тепловий кпд процесу розкиснення заліза, що відбувається завдяки утилізації тепла частково відпрацьованого газу, який відводиться з реактора 12, за рахунок реакції реформінгу газу, таким чином, подаючи в попередній реактор 10 більш гарячий газ, ніж це було б можливим за умов, відомих з рівня техніки. У результаті реактори 10 і 12 працюють при практично однакових температурах, різниця між якими в бажаному варіанті не перевищує приблизно 20°C.

Як згадувалося вище, під час здійснення відомих способів найбільш серйозні проблеми, пов'язані з утворенням відкладень, виникають поблизу останнього або заключного реактора, що є цілком природним, оскільки їхнє виникнення зумовлюється високим ступенем розкиснення або металізації частинок пилу. На перевагу від цього, в рамках даного винаходу ці частинки використовуються як каталізатор, що обмежує утворення їхніх надмірних відкладень.

Крім того, запропонований спосіб дає змогу практично усунути надмірне накопичення метану або знизити метанізацію, що відбувається між реакторами, тобто вирішити проблему, яка зазвичай виникає під час здійснення відомих способів. Це досягається завдяки тому, що одну частину метану між реакторами спалюють, а іншу частину використовують у процесі реформінгу з одержанням додаткової кількості газоподібного розкиснювача.

У бажаному варіанті досягненню нормальних робочих параметрів процесу розкиснення передують нагрівання реакторів до технологічної температури, яка, бажано, становить приблизно 900°C. Здійснення процесу при нижчій температурі, як було встановлено, призводить до метанізації газоподібного розкиснювача, внаслідок чого ефективність процесу знижується. Також було встановлено, що запропонований спосіб, на перевагу від відомих, дозволяє під час попереднього нагрівання реакторів до технологічної температури одержувати газоподібний розкиснювач, завдяки чому забезпечується, що також є перевагою, попереднє розкиснення заліза на

початковому етапі процесу. У бажаному варіанті паралельно з нагріванням реакторів до технологічної температури за даним винаходом через них пропускають суміш інертного газу з метаном, що, як згадувалося вище, виносить з реактора 12 пил із заліза й оксиду заліза. Кисень, що вводиться між реакторами 12 і 10, спалює частину метану в суміші інертного газу/метану, у результаті чого виділяється додаткове тепло, необхідне для конверсії залишкового метану в газоподібний розкиснювач, що включає водень і монооксид вуглецю. Цей газ спрямовують у реактор 10, у якому під час нагрівання або на початковому етапі роботи системи завершується попереднє розкиснення оксидів і водночас із цим усувається надмірна метанізація, яка відбувається на початковому етапі здійснення способів, відомих з рівня техніки. У бажаному варіанті процес попереднього розкиснення починається, коли температура в реакторі, зокрема, в попередньому реакторі 10, досягає приблизно 700°C, й триває до моменту досягнення цільової технологічної температури.

За фіг.1 спосіб попереднього розкиснення за даним винаходом можна успішно здійснювати, спрямовуючи суміш інертного газу/метану у впускний отвір 22 й подаючи в лінію 26 джерело газоподібного кисню, у такий спосіб змішуючи й частково спалюючи першу й видаляючи з реактора 12 залізний пил, що виноситься. Підвищену температуру, що досягається в результаті здійснення цих операцій, залізний пил, який виноситься й утворює відкладення, застосовують у процесах реформінгу з використанням залишкового метану й одержання газоподібного розкиснювача в попередньому реакторі 10, у результаті чого в цьому реакторі відбувається попереднє розкиснення оксидів заліза.

Після того як температура досягне технологічного рівня, у бажаному варіанті приблизно 900°C, у впускний отвір 13 можна, як згадувалося вище, ввести додаткову кількість метану, а інертний газ у бажаній кількості поступово видалити в суміш рециклового газу зі свіжовиготовленим, яку спрямовують у впускний отвір 22 реактора 12. Спосіб за даним винаходом дає змогу під час початкового нагрівання або протягом пускового періоду, що, як правило, може тривати приблизно від 1 до 3 годин, досягти позитивного ефекту розкиснення оксидів заліза, що за інших умов може виявитися недосяжним.

Якщо врахувати все вищенаведене, стає очевидним, що в даному винаході запропоновано спосіб, у якому процес одержання газоподібного розкиснювача здійснюють із підвищеною ефективністю та з використанням дешевшого устаткування, причому під час здійснення цього способу практично не виникає проблем, пов'язаних із засміченням тощо. Більш того, також оптимізуються процеси попереднього нагрівання або такі, що відбуваються протягом пускового періоду.

Необхідно зазначити, що обсяг даного винаходу не обмежується конкретними варіантами його здійснення, які наведено в даному описі й проілюстровано за допомогою фігур. У ці варіанти, що є бажаними, можна вносити різноманітні зміни щодо форми, розмірів і компонування частин і деталей технологічної системи. Усі такі модифікації включено в обсяг даного винаходу, який визначено формулою винаходу.

Формула винаходу

1. Спосіб реформінгу газоподібного розкиснювача у здійснюваному в псевдозрідженому шарі процесі розкиснення руди в ряді реакторів, який відрізняється тим, що руду пропускають через декілька реакторів для розкиснення, що включають останній реактор і принаймні один попередній реактор, через останній реактор пропускають газоподібний розкиснювач для того, щоб розкиснити залізну руду в цьому останньому реакторі, завдяки чому з цього реактора відходить потік частково відпрацьованого газоподібного розкиснювача, який включає метан і металізований залізний пил, із частково відпрацьованим газоподібним розкиснювачем змішують джерело кисню, цим джерелом кисню спалюють частину метану в присутності металізованого залізного пилу і одержують газоподібний розкиснювач, що зазнав реформінгу, який подають у попередній реактор.

2. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що здатність частково відпрацьованого газоподібного розкиснювача до розкиснення (N_R) становить 4,5, і в якому здатність газоподібного розкиснювача, що зазнав реформінгу, до розкиснення, становить 6,2, при цьому здатність до розкиснення визначають у такий спосіб:

$$N_R = (H_2 + CO) / (H_2O + CO_2),$$

де під H_2 , CO , H_2O та CO_2 розуміють об'ємний вміст цих компонентів у частково відпрацьованому газоподібному розкиснювачі й такому, що зазнав реформінгу, у відсотках.

3. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що частково відпрацьований газоподібний розкиснювач, що відходить з останнього реактора, характеризується таким об'ємним складом: приблизно 48-52% водню, 6-10% монооксиду вуглецю, 20-27% метану, 1,0-1,5% діоксиду вуглецю, 10-12% водяної пари й решта – азот, і температурою в межах від приблизно 750 до приблизно 790°C, а газоподібний розкиснювач, що зазнав реформінгу, характеризується таким об'ємним складом: приблизно 50-62% водню, 12-20% монооксиду вуглецю, 4-12% метану, 1-4% діоксиду вуглецю, 8-10% водяної пари й решта – азот, і температурою в межах від приблизно 780 до приблизно 800°C.

4. Спосіб за п. 3, який відрізняється тим, що на стадії змішування одержують суміш продуктів часткового згоряння, яка характеризується таким об'ємним складом: приблизно 40-46% водню, 6-8% монооксиду вуглецю, 17-20% метану, 3-6% діоксиду вуглецю, 12-18% водяної пари й решта – азот, і температурою в межах від приблизно 780 до приблизно 820°C.

5. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що частково відпрацьований газоподібний розкиснювач містить металізований залізний пил у кількості від приблизно 5 до приблизно 50 г/м³.

6. Спосіб за п. 5, який відрізняється тим, що металізований залізний пил містить від приблизно 78 до приблизно 85% металевого заліза.

7. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що в трубопроводі подачі газоподібного розкиснювача в попередній реактор вводять джерело кисню для змішування з частково відпрацьованим газоподібним розкиснювачем.

8. Спосіб за п. 7, який відрізняється тим, що джерело кисню вибирають з групи, яка включає повітря, кисень і їх суміші.

9. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що на стадії змішування одержують суміш газоподібних продуктів часткового згорання, яка надходить у попередній реактор, з внутрішніми поверхнями якого контактує суміш газоподібних продуктів часткового згорання, при цьому спосіб включає стадії керування цим процесом таким чином, що на цих поверхнях утворюються відкладення металізованого залізного пилу, які діють як каталізатор для реформінгу суміші газоподібних продуктів часткового згорання.

10. Спосіб за п. 9, який відрізняється тим, що відкладення металізованого залізного пилу характеризуються таким масовим складом: приблизно 78-85% металевого заліза, 0,1-0,6% оксиду кальцію, 0,1-0,3% оксиду магнію, 0,9-2,5% діоксиду кремнію, 0,5-1,8% оксиду алюмінію й 12-20% оксиду заліза.

11. Спосіб за п. 9, який відрізняється тим, що відкладення металізованого залізного пилу характеризуються питомою площею поверхні в межах від приблизно 3 до приблизно 10 см²/г.

12. Спосіб за п. 9, який відрізняється тим, що включає початкову стадію, при якій роботу попереднього реактора здійснюють при температурі, що знаходиться у діапазоні від приблизно 780 до приблизно 790°C, і при якій на згаданих поверхнях утворюються відкладення металізованого залізного пилу, а на наступній стадії роботу попереднього реактора здійснюють при температурі в межах від приблизно 760 до приблизно 770°C, при якій інгібуються подальше утворення відкладень металізованого залізного пилу.

13. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що стадія змішування включає змішування джерела кисню з частково відпрацьованим газоподібним розкиснювачем так, щоб одержати суміш, яка характеризується значенням реформінгового співвідношення (CH₄/N_{ox}) у межах від приблизно 57 до 72, де CH₄ означає об'ємний вміст метану у відсотках, а значення N_{ox} визначають, як:

$$N_{ox} = (CO_2 + H_2O) / (CO + CO_2 + H_2 + H_2O),$$

де під CO, CO₂, H₂ та H₂O розуміють об'ємний вміст цих компонентів у суміші.

14. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що роботу останнього і попереднього реактора здійснюють при різниці температур не більше ніж приблизно 20°C.

15. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що стадію змішування здійснюють в умовах, вибраних таким чином, щоб металізований залізний пил діяв як каталізатор реакції реформінгу метану в частково відпрацьованому газоподібному розкиснювачі.

16. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що перед стадією змішування включає стадію введення в частково відпрацьований газоподібний розкиснювач додаткової кількості метану.

17. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що на стадії нагрівання реакторів до технологічної температури, при якій здійснюють процес відновлення:

(а) суміш інертного газу з метаном пропускають через останній реактор таким чином, щоб в цьому останньому реакторі вона контактувала із залізною рудою, внаслідок чого із останнього реактора відходить потік газу, який включає інертний газ, метан і залізний пил, що виноситься,

(б) з потоком газу змішують джерело кисню таким чином, щоб джерело кисню спалювало частину метану в присутності залізного пилу, в результаті чого утворюється газоподібний розкиснювач, що включає водень і монооксид вуглецю, і

(в) у попередній реактор подають газоподібний розкиснювач таким чином, щоб у цьому попередньому реакторі відбувалося попереднє розкиснення руди.

18. Спосіб за п. 17, який відрізняється тим, що стадії (а)-(в) здійснюють при температурі в попередньому реакторі в межах від приблизно 700 °C до технологічної температури.

19. Спосіб за п. 18, який відрізняється тим, що технологічна температура становить приблизно 900°C.

20. Спосіб приготування газоподібного розкиснювача під час попереднього нагрівання до технологічної температури в ході здійснення процесу розкиснення залізної руди в псевдозрідженому шарі в ряді реакторів, який відрізняється тим, що

(а) суміш інертного газу з метаном пропускають через останній реактор таким чином, щоб в цьому останньому реакторі вона контактувала з рудою, внаслідок чого з останнього реактора відходить потік газу, який включає інертний газ, метан і залізний пил, що виноситься,

(б) з потоком газу змішують джерело кисню таким чином, щоб джерело кисню спалювало частину метану в присутності залізного пилу, в результаті чого утворюється газоподібний розкиснювач, що включає водень і монооксид вуглецю, і

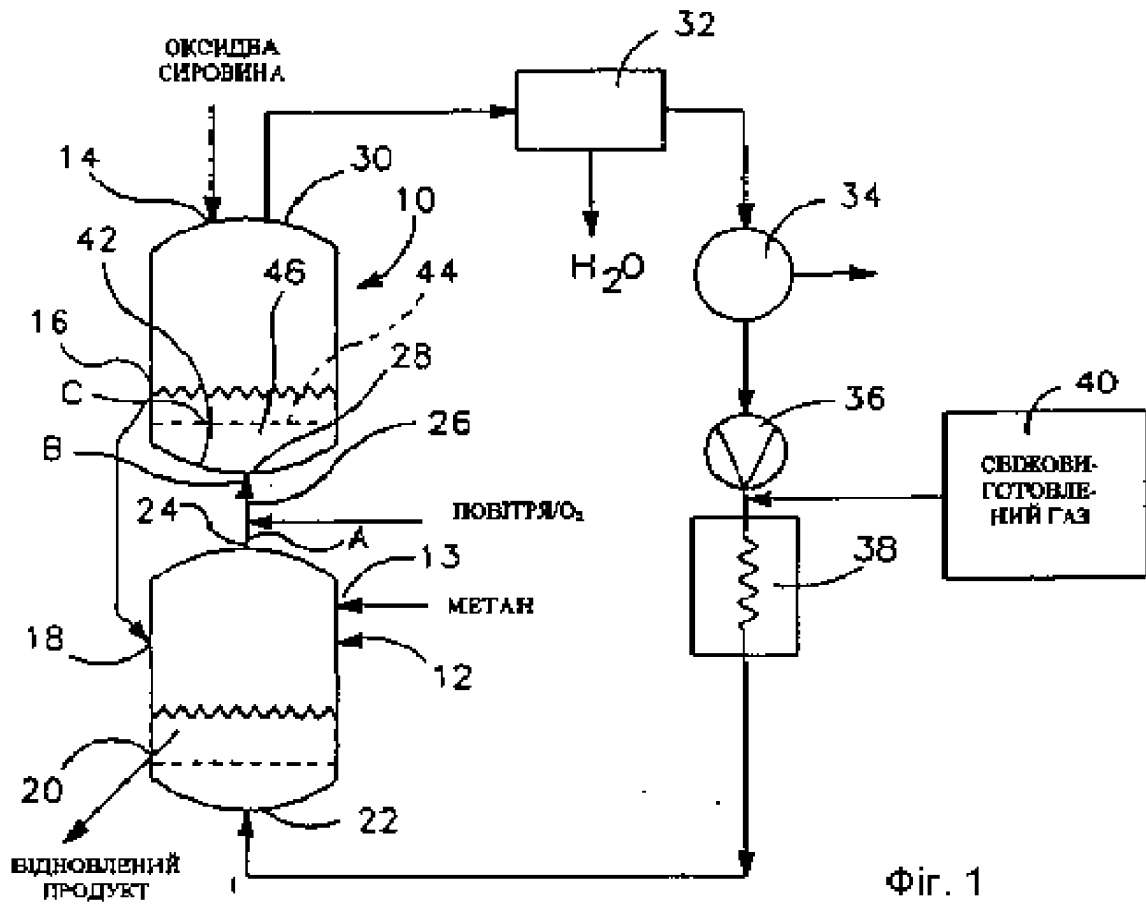
(в) в попередній реактор подають газоподібний розкиснювач таким чином, щоб у цьому реакторі відбувалося попереднє розкиснення руди.

21. Спосіб за п. 20, який відрізняється тим, що стадії (а)-(в) здійснюють, коли температура в попередньому реакторі знаходиться в межах від приблизно 700 °C до технологічної температури.

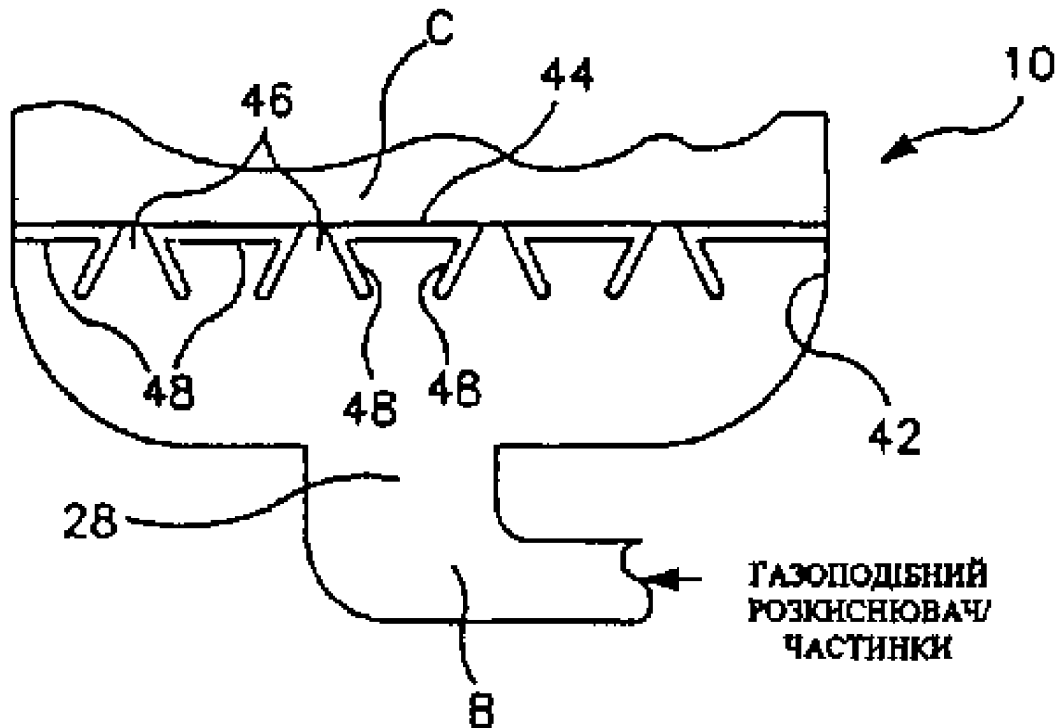
22. Спосіб за п. 21, який відрізняється тим, що технологічна температура становить приблизно 900°C.

23. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що здатність частково відпрацьованого газоподібного розкиснювача до розкиснення (N_R) становить від приблизно 4,0 до приблизно 5,6.

24. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що здатність газоподібного розкиснювача, що зазнав реформінгу, до розкиснення (N_R) становить від приблизно 4,4 до приблизно 9,1.



Фіг. 1



Фіг. 2

Офіційний бюлетень "Промислова власність". Книга 1 "Винаходи, корисні моделі, топографії інтегральних мікросхем", 2002, N 5, 15.05.2002. Державний департамент інтелектуальної власності Міністерства освіти і науки України.