



УКРАЇНА

(19) UA (11) 92659 (13) C2  
(51) МПК (2009)  
C21B 13/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

### (54) СПОСІБ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА РІДКОГО ЧАВУНУ

1

(21) а200902001  
(22) 10.08.2007  
(24) 25.11.2010  
(86) РСТ/KR2007/003852, 10.08.2007  
(31) 10-2006-0076147  
(32) 11.08.2006  
(33) KR  
(46) 25.11.2010, Бюл.№ 22, 2010 р.  
(72) ХЮР НАМ-СУК, KR, ЛІ ХУ-ГЕУН, KR, КІМ ХАК-ДУН, KR, БАЕ ЦЗІНЬ-ЧАНЬ, KR, КІМ ХАН-ГУ, KR, ШИН МІОУНГ-КІУН, KR  
(73) ПОСКО, KR  
(56) UA 39143 C2, 15.06.2001  
Заявка UA а 200606640, пріор. 26.01.2004, публ. 15.09.2006  
WO 2005054520 A1, 16.06.2005  
KR 20040057191 A, 02.07.2004  
JP 63011610 A, 19.01.1988  
(57) 1. Спосіб виробництва рідкого чавуну, який включає наступні стадії:  
стадію, на якій відновлюють перші залізні руди через завалку перших залізних руд у відновний реактор із псевдозрідженим шаром;  
стадію, на якій виробляють пресоване залізо через пресування відновлених перших залізних руд;  
стадію, на якій відновлюють другі залізні руди разом із пресованим залізом через завалку других залізних руд і пресованого заліза у відновний реактор з ущільненим шаром, причому розмір часток других залізних руд є більшим за розмір часток перших залізних руд;  
стадію, на якій відновлені пресоване залізо й другі залізні руди завантажують у плавильний газифікатор, який підключають до відновного реактора з ущільненим шаром;  
стадію, на якій готують огрудковані вуглецеві матеріали як джерело тепла для плавлення відновлених пресованого заліза і других залізних руд;  
стадію, на якій огрудковані вуглецеві матеріали завантажують у плавильний газифікатор, а потім утворюють ущільнений шар вугілля;  
стадію, на якій генерують відновний газ з ущільненого шару вугілля і подають принаймні в один відновний реактор, вибраний із групи, що складається з відновного реактора із псевдозрідженим шаром і відновного реактора з ущільненим шаром;  
й

2

стадію, на якій через фурму, яку встановлюють у плавильному газифікаторі, вдувають кисень, а потім з пресованого заліза і других залізних руд виробляють рідкий чавун.  
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що при відновленні других залізних руд разом із пресованим залізом міцність пресованого заліза є більшою за міцність других залізних руд.  
3. Спосіб за п. 2, який **відрізняється** тим, що міцність пресованого заліза є рівною або більшою за 200 кг/см<sup>2</sup>.  
4. Спосіб за п. 2, який **відрізняється** тим, що друга залізна руда має пористості, частка яких є вищою за частку пористот пресованого заліза.  
5. Спосіб за п. 2, який **відрізняється** тим, що при відновленні других залізних руд разом із пресованим залізом коефіцієнт відновної видозміни пресованого заліза є меншим за коефіцієнт відновної видозміни других залізних руд.  
6. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що розмір часток пресованого заліза є у межах 8-40 мм.  
7. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що розмір часток других залізних руд є рівним або більшим за 5 мм.  
8. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що стадія виробництва пресованого заліза включає ще й стадію, на якій пресоване залізо після пресування перших залізних руд подрібнюють.  
9. Спосіб за п. 8, який **відрізняється** тим, що включає додаткову стадію, на якій відновний газ охолоджують перед тим, як відновний газ подають до відновного реактора.  
10. Спосіб за п. 8, який **відрізняється** тим, що включає додаткову стадію, на якій у відновний газ додають зворотний газ, який одержують через видалення діоксиду вуглецю з відхідного газу, який відводять з відновного реактора з псевдозрідженим шаром і відновного реактора з ущільненим шаром.  
11. Спосіб за п. 10, який **відрізняється** тим, що відновний газ, який утворюють з ущільненого шару вугілля, подають у відновний реактор із псевдозрідженим шаром і відновний реактор з ущільненим шаром.  
12. Спосіб за п. 10, який **відрізняється** тим, що як зворотний газ використовують:  
перший зворотний газ, що подають до відновного реактора із псевдозрідженим шаром; і

(19) UA (11) 92659 (13) C2

другий зворотний газ, що подають до відновного реактора з ущільненим шаром.

13. Спосіб за п. 12, який **відрізняється** тим, що кількість першого зворотного газу беруть більшою за кількість другого зворотного газу.

14. Спосіб за п. 12, який **відрізняється** тим, що температуру відновного газу, який подають у відновний реактор із псевдозрідженим шаром, підтримують нижчою за температуру відновного газу, який подають у відновний реактор з ущільненим шаром.

15. Спосіб за п. 14, який **відрізняється** тим, що температуру відновного газу, який подають у відновний реактор із псевдозрідженим шаром, підтримують на рівні або вище позначки 700 °C і нижче позначки 750 °C.

16. Спосіб за п. 14, який **відрізняється** тим, що температуру відновного газу, який подають у відновний реактор з ущільненим шаром, підтримують у межах 750-800 °C.

17. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що включає додаткову стадію, на якій в ущільнений шар вугілля через фурму вдувають допоміжне паливо.

18. Спосіб за п. 17, який **відрізняється** тим, що допоміжне паливо вдувають в ущільнений шар вугілля окремо від кисню.

19. Спосіб за п. 17, який **відрізняється** тим, що як допоміжне паливо використовують дрібне вугілля, яке попередньо висушують до вологості 1,0 мас. % або нижче.

20. Спосіб за п. 17, який **відрізняється** тим, що як допоміжне паливо використовують дрібне вугілля, і розмір часток дрібного вугілля беруть 3,0 мм або менше.

21. Спосіб за п. 17, який **відрізняється** тим, що як допоміжне паливо використовують газ із вмістом вуглеводню.

22. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що включає додаткову стадію, на якій окатиші або агломеровані руди завантажують у відновний реактор з ущільненим шаром і відновлюють їх.

23. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що при відновленні перших залізних руд коефіцієнт відновлення перших залізних руд є рівним або більшим за 45 %.

24. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що час, необхідний для відновлення пресованого заліза разом із другими залізними рудами у відновному реакторі з ущільненим шаром, є довшим за час, необхідний для відновлення перших залізних руд у відновному реакторі із псевдозрідженим шаром.

25. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що кількість других залізних руд є рівною або меншою за сорок відсотків від суми перших і других залізних руд.

26. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що при відновленні пресованого заліза і других залізних руд коефіцієнт відновлення пресованого заліза і других залізних руд є рівним або більшим за сімдесят відсотків.

27. Пристрій для виробництва рідкого чавуну, який містить:

відновний реактор із псевдозрідженим шаром, який виконаний з можливістю відновлювати перші залізні руди;

пристрій для виробництва пресованого заліза, підключений до відновного реактора із псевдозрідженим шаром, який виконаний з можливістю пресувати відновлені перші залізні руди й виробляти пресоване залізо;

відновний реактор з ущільненим шаром, підключений до пристрою для виробництва пресованого заліза, - відновний реактор з ущільненим шаром, виконаний з можливістю завантаження в нього й відновлення разом пресованого заліза й других залізних руд, розмір часток яких є більший за розмір часток перших залізних руд;

плавильний газифікатор, підключений до відновного реактора з ущільненим шаром, - плавильний газифікатор, виконаний з можливістю завантаження в нього других залізних руд, пресованого заліза й огрудкованих вуглецевих матеріалів і вироблення рідкого чавуну з подачею газоподібного кисню через фурму, встановлену у стінці плавильного газифікатора.

28. Пристрій за п. 27, який **відрізняється** тим, що пристрій для виробництва пресованого заліза виконаний з можливістю забезпечувати міцність пресованого заліза вищою за міцність других залізних руд.

29. Пристрій за п. 28, який **відрізняється** тим, що пристрій для виробництва пресованого заліза виконаний з можливістю забезпечувати міцність пресованого заліза, рівну або вищу за 200 кг/см<sup>2</sup>.

30. Пристрій за п. 28, який **відрізняється** тим, що пристрій для виробництва пресованого заліза виконаний з можливістю забезпечувати частку пустот другої залізної руди вищою за частку пустот пресованого заліза.

31. Пристрій за п. 28, який **відрізняється** тим, що пристрій для виробництва пресованого заліза виконаний з можливістю забезпечувати при відновленні других залізних руд разом із пресованим залізом коефіцієнт відновної видозміни пресованого заліза меншим за коефіцієнт відновної видозміни других залізних руд.

32. Пристрій за п. 27, який **відрізняється** тим, що пристрій для виробництва пресованого заліза виконаний з можливістю забезпечувати розмір часток пресованого заліза у межах 8-40 мм.

33. Пристрій за п. 27, який **відрізняється** тим, що пристрій для виробництва пресованого заліза виконаний з можливістю забезпечувати розмір часток других залізних руд рівним або вищим за 5 мм.

34. Пристрій за п. 27, який **відрізняється** тим, що додатково містить:

перший підвідний трубопровід відновного газу, яким з'єднано плавильний газифікатор з відновним реактором із псевдозрідженим шаром; і

другий підвідний трубопровід відновного газу, яким з'єднано плавильний газифікатор з відновним реактором з ущільненим шаром.

35. Пристрій за п. 34, який **відрізняється** тим, що додатково містить пристрій для видалення діоксиду вуглецю і подачі зворотного газу у відновний газ, виконаний з можливістю одержання зворотного газу шляхом видалення діоксиду вуглецю з відхідного газу, відведеного з відновного реактора з псевдозрідженим шаром і відновного реактора з ущільненим шаром.

36. Пристрій за п. 35, який **відрізняється** тим, що додатково містить охолоджувач відхідного газу, виконаний з можливістю охолоджувати відхідний газ, відведений принаймні з одного відновного реактора, вибраного із групи з відновного реактора із псевдозрідженим шаром і відновного реактора з ущільненим шаром.

37. Пристрій за п. 35, який **відрізняється** тим, що додатково містить перший і другий підвідні трубопроводи зворотного газу, які підключені до пристрою для видалення діоксиду вуглецю; і тим, що перший підвідний трубопровід зворотного газу підключений до відновного реактора із псевдозрідженим шаром; а другий підвідний трубопровід зворотного газу підключений до відновного реактора з ущільненим шаром.

38. Пристрій за п. 37, який **відрізняється** тим, що виконаний з можливістю забезпечувати кількість зворотного газу, призначеного для подачі через перший підвідний трубопровід зворотного газу, більшою за кількість зворотного газу, призначеного для подачі через другий підвідний трубопровід зворотного газу.

39. Пристрій за п. 38, який **відрізняється** тим, що виконаний з можливістю забезпечувати температуру відновного газу, призначеного для подачі до відновного реактора із псевдозрідженим шаром, нижчою, ніж температура відновного газу, призначеного для подачі до відновного реактора з ущільненим шаром.

40. Пристрій за п. 27, який **відрізняється** тим, що фурма містить: лінію вдування кисню, призначену для вдування кисню; і

лінію вдування допоміжного палива, яка віднесена від лінії вдування кисню й виконана з можливістю вдувати допоміжне паливо у плавильний газифікатор.

41. Пристрій за п. 40, який **відрізняється** тим, що виконаний з можливістю забезпечувати зустріч і потім спалювання кисню і допоміжного палива у каналі плавильного газифікатора, та забезпечувати віднесення кисню від фурми.

42. Пристрій за п. 41, який **відрізняється** тим, що лінія вдування допоміжного палива встановлена таким чином, щоб проходити через передній кінець фурми.

43. Пристрій за п. 41, який **відрізняється** тим, що допоміжним паливом є газ, що містить вуглеводневий газ або дрібні вуглецеві матеріали.

44. Пристрій за п. 34, який **відрізняється** тим, що додатково містить охолоджувач газу, призначений для охолодження відновного газу перед подачею відновного газу плавильного газифікатора до відновного реактора із псевдозрідженим шаром і відновного реактора з ущільненим шаром.

45. Пристрій за п. 27, який **відрізняється** тим, що виконаний з можливістю забезпечувати коефіцієнт відновлення перших залізних руд у відновному реакторі із псевдозрідженим шаром рівним або вищим за 45 %.

46. Пристрій за п. 27, який **відрізняється** тим, що відновний реактор із псевдозрідженим шаром включає кілька відновних реакторів із псевдозрідженим шаром, з'єднаних між собою багатоступінчастим чином.

#### Технічна галузь

[1] Винахід відноситься до пристрою для виробництва рідкого чавуну й способу виробництва рідкого чавуну з використанням цього пристрою. Зокрема, винахід відноситься до пристрою для виробництва рідкого чавуну й способу виробництва рідкого чавуну з використанням цього пристрою для відновлення дрібних залізних руд з широким діапазоном розміру зерна.

#### Передумови винаходу

[2] Виробництво чавуну й сталі - це ключове виробництво, що поставляє основні матеріали, необхідні у будівництві й виробництві автомобілів, кораблів, побутових приладів і багатьох інших виробів, якими ми користуємося. Крім того, це виробництво з найдовшою історією, що розвивається разом із розвитком людства. У чавуноливарному цеху, який відіграє ведучу роль у виробництві чавуну й сталі, після виробництва рідкого чавуну, який представляє собою передільний чавун у розплавленому стані, з використанням залізної руди й вугілля як сировини з цього чавуну виробляється сталь, яка згодом поставляється замовникам.

[3] На разі приблизно 60% світового виробництва чавуну здійснюється з використанням доменного процесу, розробленого ще у XIV сторіччі. У доменному процесі кокс, одержаний при використанні бітумінозного вугілля й залізної руди, які піддають процесу агломерації, завантажують у до-

менну піч, й у доменну піч вдувають кисень для відновлення залізної руди у залізо й, таким чином, для виробництва рідкого чавуну.

[4] Доменний процес, який є найпоширенішим на заводах з виробництва рідкого чавуну, потребує, щоб сировина мала міцність принаймні заданого рівня й мала розмір зерна, який може забезпечити проникність у печі, враховуючи характеристики реакції. З цієї причини кокс, який одержується обробкою конкретного вихідного вугілля, потрібен як джерело вуглецю, використовуюваного як паливо й відновник. Крім того, агломеровані руди, які пройшли подальший процес агломерації, необхідні як джерело заліза.

[5] Відповідно, сучасний доменний спосіб потребує устаткування для попередньої обробки вихідних матеріалів, такого, як устаткування з виробництва коксу й агломераційного матеріалу. Крім того, він потребує допоміжних пристроїв на додаток до доменної печі, а також устаткування для запобігання забрудненню, створюваному допоміжними пристроями, і його зменшення. Тому великі капіталовкладення у додаткові пристрої й устаткування призводять до збільшених виробничих витрат.

[6] Для того щоб вирішити ці проблеми доменного способу, у багатьох країнах проводиться велика низка досліджень процесу одержання рідкого чавуну відновною плавкою. У процесі відновної

плавки рідкий чавун одержують у плавильному газифікаторі шляхом прямого використання звичайного вугілля як палива й відновника й залізної руди як джерело заліза.

[7] Оскільки у плавильному газифікаторі утворюється ущільнений шар вугілля, матеріали, включаючи заліза й добавки плавляться й ошлавковуються в ущільнений шар вугілля, який по тому вивантажується як рідкий чавун і шлак. Через кілька фурм, встановлених у зовнішній стінці, у плавильний газифікатор вдувається кисень, таким чином займаючи ущільнений шар вугілля у плавильному газифікаторі. Кисень перетворюється у гарячий відновний газ і подається у відновний реактор. Потім гарячий відновний газ відновлює й пластифікує залізну руду й добавки й відводиться назовні.

[8] Як відновний реактор, використовують відновний реактор з ущільненим шаром або відновний реактор із псевдозрідженим шаром. У відновному реакторі з ущільненим шаром, руди контактують з відновним газом, що піднімається через порожнини, утворені між шарами руд, а потім шари руд відновлюються при переміщенні шарів руд вниз. Тому у відновному реакторі з ущільненим шаром у рудах необхідно одержати вентиляцію, щоб відновний газ рівномірно протікав у шарах руд. Для цього залізні руди, використовувані у відновному реакторі з ущільненим шаром, обмежуються такими, що мають заданий розмір з наявного діапазону ресурсів. Однак, оскільки у відновному реакторі з ущільненим шаром залізні руди відновлюються із зазнанням видозміни, співвідношення часток у печі збільшується. Як наслідок, вентиляція погіршується, й при цьому потік відновного газу у шарах руди утворюється нерівномірно. Відтак, подавати відновний газ стає неможливим, що призводить до необхідності зупинити процес.

[9] З іншого боку, дрібні залізні руди у відновному реакторі із псевдозрідженим шаром відновлюються із набуттям псевдозрідженого стану з використанням відновного газу з високою швидкістю. Дрібні залізні руди повинні відновлюватися із заданим рівнем коефіцієнта відновлення, щоб мінімізувати паливний коефіцієнт у плавильному газифікаторі. Для цього у відновний реактор із псевдозрідженим шаром подається відновний газ із низьким ступенем окислення.

[10] Швидкість відновного газу у відновному реакторі із псевдозрідженим шаром необхідно регулювати, щоб одержувати рівномірний псевдозріджений шар у відновному реакторі із псевдозрідженим шаром, через що керування роботою є важким. Ще одна проблема полягає у тому, що дрібні залізні руди відновним газом високої швидкості розкидаються назовні. З іншого боку, шари псевдозрідженого шару у відновному реакторі із псевдозрідженим шаром руйнуються відновним газом низької швидкості. Крім того, якщо зруйновані шари псевдозрідженого шару підтримуються упродовж тривалого часу, робота унеможливується, оскільки дрібні залізні руди сплавляються і зв'язуються між собою. Тому якщо залізні руди з широким діапазоном розміру відновлюються у відновному реакторі із псевдозрідженим шаром, ро-

бота є важкою, оскільки у реакторі з псевдозрідженим шаром важко утворювати рівномірний псевдозріджений шар. Тобто, якщо залізні руди з широким діапазоном розміру псевдозріджуються для відновлення, на відновний реактор із псевдозрідженим шаром прикладається велике навантаження, через що робота ще більше ускладнюється й стає важкою.

[11] У публікації корейської патентної заявки № 2001-0065011 описаний пристрій для виробництва рідкого чавуну при одночасному використанні вищезазначених відновного реактора з ущільненим шаром і відновного реактора із псевдозрідженим шаром. У цьому пристрої для виробництва рідкого чавуну відновний реактор з ущільненим шаром просто поєднується з відновним реактором із псевдозрідженим шаром залежно від розміру залізних руд, ґрунтуючись на плавильному газифікаторі. Тут, по-перше, залізні руди класифікуються як дрібні залізні руди й крупні залізні руди залежно від розміру залізних руд. Після того як дрібні залізні руди відновлюються у відновному реакторі із псевдозрідженим шаром, вони подаються у плавильний газифікатор у стані дрібних матеріалів без проходження процесу пресування. Після того як крупні залізні руди відновлюються у відновному реакторі з ущільненим шаром, вони подаються у плавильний газифікатор. Отже, проблема використання вищезазначених відновного реактора з ущільненим шаром і відновного реактора з псевдозрідженим шаром ще й досі залишається невирішеною.

Розкриття винаходу

Технічна проблема

[12] Для того щоб вирішити вищеописані проблеми, пропонується пристрій для виробництва рідкого чавуну, спроможний відновлювати й плавити залізні руди з широким діапазоном розміру, з подальшим виробництвом рідкого чавуну.

[13] Крім того, пропонується спосіб виробництва рідкого чавуну з використанням вищеописаного пристрою для виробництва рідкого чавуну.

Технічне рішення

[14] Спосіб виробництва рідкого чавуну відповідно до одного варіанту здійснення винаходу включає наступні стадії: i) стадію, на якій відновлюють перші залізні руди через завалку перших залізних руд у відновний реактор із псевдозрідженим шаром; ii) стадію, на якій виробляють пресоване залізо через пресування відновлених перших залізних руд; iii) стадію, на якій відновлюють другі залізні руди разом із пресованим залізом через завалку других залізних руд і пресованого заліза у відновний реактор з ущільненим шаром, причому розмір других залізних руд є більшим за розмір перших залізних руд; iv) стадію, на якій відновлене пресоване залізо й другі залізні руди завантажують у плавильний газифікатор, який підключають до відновного реактора з ущільненим шаром; v) стадію, на якій готують огрудковані вуглецеві матеріали як джерело тепла для плавлення відновлених пресованого заліза і других залізних руд; vi) стадію, на якій огрудковані вуглецеві матеріали завантажують у плавильний газифікатор, а потім утворюють ущільнений шар вугілля; й vii) стадію, на якій через фурми, які встановлюють у плавиль-

ному газифікаторі, подають кисень, а потім з пресованого заліза і других залізних руд виробляють рідкий чавун.

[15] При відновленні других залізних руд разом із пресованим залізом міцність пресованого заліза може бути вищою за міцність других залізних руд. Міцність пресованого заліза може бути рівною або більшою за 200 кг/см. Частка пустот у других залізних руд може бути вищою за частку пустот у пресованому залізі. При відновленні других залізних руд разом із пресованим залізом коефіцієнт відновної видозміни пресованого заліза може бути меншим за коефіцієнт відновної видозміни других залізних руд. Розмір пресованого заліза може бути у межах 8-40 мм. Розмір других залізних руд може бути рівним або більшим за 5 мм.

[16] Стадія виробництва пресованого заліза може включати ще й стадію, на якій пресоване залізо після пресування перших залізних руд подібноють. Крім того, ця стадія може додатково включати подачу відновного газу, який утворюють з ущільненого шару вугілля, принаймні в один відновний реактор, вибраний із групи, що складається з відновного реактора із псевдозрідженим шаром і відновного реактора з ущільненим шаром. Крім того, ця стадія може додатково включати охолодження відновного газу перед подачею відновного газу у відновний реактор. Крім того, ця стадія може додатково включати додання зворотного газу, який одержують через видалення діоксиду вуглецю з відхідного газу, який відводять з відновного реактора з псевдозрідженим шаром і відновного реактора з ущільненим шаром у відновний газ. Відновний газ, який утворюють з ущільненого шару вугілля, можуть подавати у відновний реактор із псевдозрідженим шаром і відновний реактор з ущільненим шаром.

[17] Зворотний газ може включати перший зворотний газ, який подають у відновний реактор із псевдозрідженим шаром, і другий зворотний газ, який подають у відновний реактор з ущільненим шаром. Кількість першого зворотного газу може бути більшою за кількість другого зворотного газу. Температура відновного газу, який подають у відновний реактор із псевдозрідженим шаром, може бути нижчою за температуру відновного газу, який подають у відновний реактор з ущільненим шаром. Температура відновного газу, який подають у відновний реактор із псевдозрідженим шаром, може бути рівною або вище позначки +700°C і нижче позначки +750°C. Температура відновного газу, який подають у відновний реактор з ущільненим шаром, може бути у межах +750°C - +800°C.

[18] Спосіб виробництва рідкого чавуну відповідно до ще одного варіанту здійснення цього винаходу включає стадію, на якій в ущільнений шар вугілля через фурму вдувають допоміжне паливо. Допоміжне паливо можуть подавати в ущільнений шар вугілля окремо від кисню. Як допоміжне паливо, можуть використовувати дрібне вугілля, яке попередньо висушують до вологості 1,0 мас. % або нижче. Як допоміжне паливо, можуть використовувати дрібне вугілля розміром часток 3,0 мм або менше. Як допоміжне паливо, можуть використовувати газ із вмістом вуглеводню.

[19] Спосіб виробництва рідкого чавуну відповідно до ще одного варіанту здійснення цього винаходу включає стадію, на якій окатиші або агломерат руди завантажують у відновний реактор з ущільненим шаром і відновлюють їх. При відновленні перших залізних руд коефіцієнт відновлення перших залізних руд може бути рівним або більшим за 45%. Час, необхідний для відновлення пресованого заліза разом із другими залізними рудами у відновному реакторі з ущільненим шаром, може бути довшим за час, необхідний для відновлення перших залізних руд у відновному реакторі із псевдозрідженим шаром. Кількість других залізних руд може бути рівною або меншою за сорок відсотків від суми перших і других залізних руд. При відновленні пресованого заліза і других залізних руд коефіцієнт відновлення пресованого заліза і других залізних руд дорівнює або більший за сімдесят відсотків.

[20] Пристрій для виробництва рідкого чавуну відповідно до одного варіанту цього винаходу містить i) відновний реактор із псевдозрідженим шаром, який відновлює перші залізні руди; ii) пристрій для виробництва пресованого заліза, підключений до відновного реактора із псевдозрідженим шаром, який пресує відновлені перші залізні руди й виробляє пресоване залізо; iii) відновний реактор з ущільненим шаром, підключений до пристрою для виробництва пресованого заліза, відновний реактор з ущільненим шаром, у який завантажуються й разом відновлюються пресоване залізо й другі залізні руди, розмір яких більший за розмір перших залізних руд; iv) плавильний газифікатор, підключений до відновного реактора з ущільненим шаром - плавильний газифікатор, у який завантажуються другі залізні руди, пресоване залізо й огрудковані вуглецеві матеріали, і який виробляє рідкий чавун з подачею газоподібного кисню через фурму, встановлену у боці плавильного газифікатора.

[21] Міцність пресованого заліза може бути вищою за міцність других залізних руд. Міцність пресованого заліза може дорівнювати або перевищувати 200 кг/см<sup>2</sup>. Частка пустот у других залізних руд може бути вищою за частку пустот у пресованому залізі. При відновленні других залізних руд разом із пресованим залізом коефіцієнт відновної видозміни пресованого заліза може бути меншим за коефіцієнт відновної видозміни других залізних руд. Розмір пресованого заліза може бути у межах 8-40 мм. Розмір других залізних руд може дорівнювати або перевищувати 5 мм.

[22] Пристрій для виробництва рідкого чавуну відповідно до одного варіанту здійснення цього винаходу може додатково містити перший підвідний трубопровід відновного газу, який з'єднує плавильний газифікатор з відновним реактором із псевдозрідженим шаром; й другий підвідний трубопровід відновного газу, який з'єднує плавильний газифікатор з відновним реактором з ущільненим шаром. Пристрій для виробництва рідкого чавуну відповідно до одного варіанту здійснення цього винаходу може додатково містити пристрій для видалення діоксиду вуглецю, який подає зворотний газ, який одержують шляхом видалення діоксиду вуглецю з відхідного газу, який відводиться з

відновного реактора з псевдозрідженим шаром і відновного реактора з ущільненим шаром у відновний газ. Пристрій для виробництва рідкого чавуну відповідно до одного варіанту здійснення може додатково містити охолоджувач відхідного газу, який охолоджує відхідний газ, що відводиться принаймні з одного відновного реактора із групи з відновного реактора із псевдозрідженим шаром і відновного реактора з ущільненим шаром.

[23] Пристрій для виробництва рідкого чавуну відповідно до одного варіанту здійснення цього винаходу може додатково містити перший і другий підвідні трубопроводи зворотного газу, які підключені до пристрою для видалення діоксиду вуглецю; і перший підвідний трубопровід зворотного газу підключений до відновного реактора із псевдозрідженим шаром; а другий підвідний трубопровід зворотного газу підключений до відновного реактора з ущільненим шаром. Кількість зворотного газу, що подається через перший підвідний трубопровід зворотного газу, є більшою за кількість зворотного газу, що подається через другий підвідний трубопровід зворотного газу. Температура відновного газу, що подається до відновного реактора із псевдозрідженим шаром, може бути нижчою, ніж температура відновного газу, що подається до відновного реактора з ущільненим шаром.

[24] Фурма може містити лінію вдування кисню, через яку вдується кисень, і лінію вдування допоміжного палива, яка віднесена від лінії вдування кисню й вдуває допоміжне паливо у плавильний газифікатор. Кисень і допоміжне паливо можуть зустрічатися й потім можуть спалюватися у каналі плавильного газифікатора; і кисень віднесений від фурми. Лінія вдування допоміжного палива може встановлюватися таким чином, щоб проходити через передній кінець фурми. Допоміжним паливом може бути газ, що містить вуглеводневий газ або дрібні вуглецеві матеріали.

[25] Пристрій для виробництва рідкого чавуну відповідно до одного варіанту здійснення цього винаходу може додатково містити охолоджувач газу, що охолоджує відновний газ перед тим, як відновний газ у плавильному газифікаторі подається до відновного реактора із псевдозрідженим шаром і відновного реактора з ущільненим шаром. Коефіцієнт відновлення перших залізних руд у відновному реакторі із псевдозрідженим шаром може дорівнювати або перевищувати сорок п'ять відсотків. Відновний реактор із псевдозрідженим шаром може включати кілька відновних реакторів із псевдозрідженим шаром, з'єднаних між собою багатоступінчастим чином.

Переважні результати

[26] У пропонуваному способі виробництва рідкого чавуну можна запобігти втратам через розкидування і явищу прилипання у відновному реакторі із псевдозрідженим шаром. Тому вироблену кількість рідкого чавуну можна збільшити, а втрати із шламом можна зменшити.

[27] Другі залізні руди й пресоване залізо завантажуються у відновний реактор з ущільненим шаром і відновлюються разом. Тому навіть якщо другі залізні руди видозмінені відновним газом,

достатня вентиляція може забезпечуватися завдяки пресованому залізу.

[28] Крім того, при вдуванні допоміжного палива кількість відновного газу збільшується, і при цьому час перебування других залізних руд і пресованого заліза у плавильному газифікаторі може збільшуватися. Тому другі залізні руди і пресоване залізо можуть повністю відновлюватися й потім легко плавитися.

[29] Крім того, оскільки зворотний газ, одержаний шляхом видалення діоксиду вуглецю з відхідного газу, повторно використовується як відновний газ, кількість відновного газу можна ефективно збільшити, а температуру відновного газу можна відповідно регулювати.

Стислий опис графічного матеріалу

[30] Фіг. 1 представляє собою схематичний вигляд пристрою для виробництва рідкого чавуну відповідно до першого ілюстративного варіанта здійснення цього винаходу.

[31] Фіг. 2 представляє собою схематичний збільшений вигляд шарів залізної руди у відновному реакторі з ущільненим шаром, показаному на фіг. 1.

[32] Фіг. 3 представляє собою схематичний вигляд пристрою для виробництва рідкого чавуну відповідно до другого ілюстративного варіанта здійснення цього винаходу.

[33] Фіг. 4 схематично ілюструє збільшену частину IV фіг. 3.

[34] Фіг. 5 представляє собою схематичний вигляд пристрою для виробництва рідкого чавуну відповідно до третього ілюстративного варіанта здійснення цього винаходу.

[35] Фіг. 6 представляє собою схематичний вигляд пристрою для виробництва рідкого чавуну відповідно до четвертого ілюстративного варіанта здійснення цього винаходу.

[36] Фіг. 7 представляє собою схематичний вигляд пристрою для виробництва рідкого чавуну відповідно до п'ятого ілюстративного варіанта здійснення цього винаходу.

Найкращий шлях здійснення винаходу

[37] Ілюстративні варіанти здійснення цього винаходу далі пояснюються з посиланнями на фіг. 1-7. Ці ілюстративні варіанти здійснення служать просто для ілюстрації винаходу, й об'єм винаходу ними не обмежується.

[38] Фіг. 1 схематично ілюструє пристрій для виробництва рідкого чавуну 100 відповідно до першого ілюстративного варіанта здійснення цього винаходу. Пристрій для виробництва рідкого чавуну 100, проілюстрований на фіг. 1, служить просто для ілюстрації винаходу, й об'єм винаходу ним не обмежується. Тому конструкція пристрою для виробництва рідкого чавуну 100 може змінюватися й набувати інших форм.

[39] На фіг. 1 рудна труба, по якій пропускаються залізні руди, для зручності показана суцільною жирною лінією, а газопровід, через який пропускається газ, показаний тонкою лінією. Крім того, вуглепровід, через який пропускається вугілля, показаний пунктирною лінією.

[40] Хоча на фіг. 1 показано, що відновний газ подається у відновний реактор із псевдозрідженим шаром 20 і відновний реактор з ущільненим шаром

10 з плавильного газифікатора 40, це служить просто для ілюстрації винаходу, й об'єм винаходу цим не обмежується.

[41] У пристрої для виробництва рідкого чавуну 100, проілюстрованому на фіг. 1, рідкий чавун можна виробляти, використовуючи дрібні залізні руди. Для виробництва рідкого чавуну використовуються огрудковані вуглецеві матеріали.

Як огрудковані вуглецеві матеріали, використовуються частки вугілля великого розміру або вугільні брикети. Відновлені залізні руди завантажуються у плавильний газифікатор 40, і водночас у плавильний газифікатор 40 завантажуються огрудковані вуглецеві матеріали, і при цьому можна виробляти рідкий чавун.

[42] Пристрій для виробництва рідкого чавуну містить відновний реактор з ущільненим шаром 10, відновний реактор із псевдозрідженим шаром 20, пристрій для виробництва пресованого заліза 30, і плавильний газифікатор 40. Крім того, у разі потреби може включатися й інше устаткування.

[43] У пристрої для виробництва рідкого чавуну 100 можуть використовуватися два види залізних руд. Ці два види залізних руд класифікуються й іменуються як перші й другі залізні руди. Розмір других залізних руд є більшим, ніж розмір перших залізних руд. При проході через відновний реактор із псевдозрідженим шаром 20 перші залізні руди псевдозріджуються. Якщо розмір залізних руд є великим, та швидкість потоку відновного газу у відновному реакторі із псевдозрідженим шаром 20, перші залізні руди у відновному реакторі із псевдозрідженим шаром 20 добре не псевдозріджуються. Тому перші залізні руди можуть падати на дно відновного реактора із псевдозрідженим шаром 20, становлячись при цьому агрегатами. Перші залізні руди повинні мати розмір, який унеможливає розкидування й уможливає залишення у відновному реакторі із псевдозрідженим шаром 20. Після відновлення перших залізних руд у відновному реакторі із псевдозрідженим шаром 20, вони пресуються у пристрої для виробництва пресованого заліза 30. Потім перші залізні руди завантажуються у відновний реактор з ущільненим шаром 10 і відновлюються далі.

[44] Одночасно у відновний реактор з ущільненим шаром 10 завантажуються другі залізні руди разом із пресованим залізом (відновленими матеріалами перших залізних руд), які були спресовані у пристрої для виробництва пресованого заліза 30. Другі залізні руди й пресоване залізо, відновлені у відновному реакторі з ущільненим шаром 10, завантажуються у плавильний газифікатор 40 і потім плавляться. Розмір других залізних руд, що завантажуються у відновний реактор з ущільненим шаром 10, визначається, виходячи з умови, що погіршення вентиляції не перевищує робочу межу. Наприклад, розмір других залізних руд може дорівнювати або перевищувати 5мм. Якщо розмір других залізних руд менший за 5 мм, порожнина для пропуску відновного газу, який піднімається з нижньої частини відновного реактора з ущільненим шаром 10, є занадто малою, коли другі залізні руди завантажуються в нього. При цьому потік відновного газу блокується, й потім робота стає нестабільною. Окрім других залізних руд, у відновний

реактор з ущільненим шаром 10 можуть завантажувати окатиші або агломеровані руди. При цьому робота з використанням пристрою для виробництва рідкого чавуну 100 може бути стабільнішою.

[45] Кожен із пристроїв, що входить до складу пристрою для виробництва рідкого чавуну 100, пояснюється далі. Конструкція пристрою, що пояснюється нижче, служить просто для ілюстрації цього винаходу, й об'єм цього винаходу нею не обмежується.

[46] Кілька відновних реакторів із псевдозрідженим шаром 20 з'єднані між собою багатоступінчастим чином. На фіг. 1 проілюстровані відновні реактори із псевдозрідженим шаром 20 з чотирма стадіями; цей приклад служить просто для ілюстрації цього винаходу, й об'єм цього винаходу цим не обмежується. Тому число відновних реакторів із псевдозрідженим шаром 20 може варіюватися. Перші залізні руди, завантажені у відновні реактори із псевдозрідженим шаром 20, відновляються, проходячи через відновні реактори із псевдозрідженим шаром 20. У разі потреби разом із першими залізними рудами у відновні реактори із псевдозрідженим шаром 20 можуть завантажуватися добавки. Відновний газ, утворений у плавильному газифікаторі 40, послідовно проходить через кілька стадій у відновних реакторах із псевдозрідженим шаром 20 і потім відводиться назовні. Перші залізні руди, завантажені у відновні реактори із псевдозрідженим шаром 20, попередньо нагріваються, попередньо відновлюються, остаточно відновлюються й потім подаються у пристрій для виробництва пресованого заліза 30. Після того як перші залізні руди відновляються у відновних реакторах із псевдозрідженим шаром 20, вони ізнов відновлюються у відновному реакторі з ущільненим шаром 10. Тому коефіцієнт відновлення у відновних реакторах із псевдозрідженим шаром 20 не обов'язково має бути високим.

[47] Коефіцієнт відновлення перших залізних руд у відновних реакторах із псевдозрідженим шаром 20 можна мінімізувати достатньо для того, щоб спресувати перші залізні руди у пристрої для виробництва пресованого заліза 30. Наприклад, якщо коефіцієнт відновлення перших залізних руд у відновних реакторах із псевдозрідженим шаром 20 є менш, ніж 45 відсотків, спресувати перші залізні руди у пристрої для виробництва пресованого заліза 30 важко. Це пояснюється тим, що кількість чистого заліза, яке під час пресування може діяти як в'язуча речовина, є занадто низькою. Як результат, перші залізні руди пресуються недостатньо й потім легко розбиваються. Тому коефіцієнт відновлення перших залізних руд у відновному реакторі із псевдозрідженим шаром 20 може дорівнювати або перевищувати 45%. Детальна конструкція відновного реактора із псевдозрідженим шаром 20 фахівцеві у цій галузі може бути легко зрозумілою, тому її докладний опис не наводиться.

[48] Перші залізні руди, що пройшли через відновні реактори з псевдозрідженим шаром 20, пресуються у пристрої для виробництва пресованого заліза 30. Пристрій для виробництва пресованого заліза 30 підключений до відновного реактора із псевдозрідженим шаром 20. Пристрій для виробництва пресованого заліза 30 містить бункер

302, пару валків 304 й дробарку 306, Крім того, уразі потреби можуть включатися й інші пристрої.

[49] Пристрій для виробництва пресованого заліза 30 пресує відновлені перші залізні руди за допомогою пари валків 304 й потім виробляє довго з'єднане пресоване залізо. Пресоване залізо дробиться дробаркою 306, а потім передається у пристрої вирівнювання гарячого тиску 101. Пресоване залізо може вироблятися з міцністю при стисненні, що дорівнює або перевищує  $200\text{кг/см}^2$ , щоб зазнати видозміни у відновному реакторі з ущільненим шаром 10. Детальна конструкція пристрою для виробництва пресованого заліза 30 фахівцеві у цій галузі може бути легко зрозумілою, тому її докладний опис не наводиться.

[50] Пресоване залізо, одержане у пристрої для виробництва пресованого заліза 30, завантажуються у відновний реактор з ущільненим шаром 10 через пристрій вирівнювання гарячого тиску 101. У відновний реактор з ущільненим шаром 10 завантажуються й другі залізні руди. Другі залізні руди й пресоване залізо можуть завантажуватися у відновний реактор з ущільненим шаром 10 одночасно або поперемінно.

[51] Другі залізні руди й пресоване залізо, завантажені у відновний реактор з ущільненим шаром 10, відновлюються разом упродовж достатнього часу. Час, потрібний для відновлення пресованого заліза разом із другими залізними рудами у відновному реакторі з ущільненим шаром 10, може бути тривалішим, ніж час, потрібний для відновлення перших залізних руд у відновному реакторі із псевдозрідженим шаром 20. Тому пресоване залізо й другі залізні руди відновлюються з коефіцієнтом відновлення, що дорівнює або перевищує 70%, завдяки чому паливний коефіцієнт плавильного газифікатора 40 можна мінімізувати.

[52] Пресоване залізо й другі залізні руди відновлюються у відновному реакторі з ущільненим шаром 10; кількість других залізних руд дорівнює або менша, ніж сорок відсотків суми перших і других залізних руд. При цьому кількості перших і других залізних руд регулюються для оптимізації процесу виробництва рідкого чавуну. Якщо кількість невідновлених других залізних руд перевищуватиме сорок відсотків, вентиляція може погіршитися через відновну видозміну у відновному реакторі з ущільненим шаром. Крім того, коефіцієнт відновлення у відновному реакторі з ущільненим шаром може знизитися.

[53] Детальна конструкція відновного реактора з ущільненим шаром 10 фахівцеві у цій галузі може бути легко зрозумілою, тому її докладний опис не наводиться. Механізм відновлення відновного реактора з ущільненим шаром 10 буде докладно описаний з посиланнями на фіг. 2.

[54] Другі залізні руди й пресоване залізо, що були відновлені у відновному реакторі з ущільненим шаром 10, завантажуються у плавильний газифікатор 40. Одночасно у плавильний газифікатор 40 завантажуються огрудковані вуглецеві матеріали, що містять летючі речовини, як джерело тепла для плавлення других залізних руд й пресованого заліза. Як огрудкований вуглецевий матеріал можуть використовуватися вугільні бри-

кети або огрудковані частки вугілля. Вугільні брикети або огрудковані частки вугілля завантажуються у плавильний газифікатор 40 і потім утворюють ущільнений шар вугілля.

[55] Відновний газ, одержаний при спалюванні огрудкованих вуглецевих матеріалів, подається до відновного реактора з псевдозрідженим шаром 20 і відновного реактора з ущільненим шаром 10 через підвідний трубопровід відновного газу L50 відповідно. Тому залізні руди можуть відновлюватися за допомогою відновного газу у відновному реакторі з псевдозрідженим шаром 20 і відновному реакторі з ущільненим шаром вугілля 10.

[56] Детальна конструкція плавильного газифікатора 40 фахівцеві у цій галузі може бути легко зрозумілою, тому її докладний опис не наводиться.

[57] Фіг. 2 ілюструє збільшений вигляд пресованого заліза 800 і других залізних руд 900, завантажених у відновний реактор з ущільненим шаром 10. Стан суміші пресованого заліза 800 і других залізних руд 900, проілюстрований на фіг. 2, служить просто для ілюстрації цього винаходу, й об'єм цього винаходу цим не обмежується.

[58] Кілька пресованих часток заліза 800 і кілька других залізних руд 900 завантажуються у відновний реактор з ущільненим шаром 10. Оскільки пресоване залізо 800 виробляється вручну пристроєм для виробництва пресованого заліза, показаним на фіг. 1, вони мають однаковий розмір. Оскільки пресоване залізо 800 виробляється для подрібнення, воно може мати неправильну форму. І навпаки, оскільки другі залізні руди 900 - це залізні руди, зібрані з місця виробництва, їх розміри не є однаковими, а є різними.

[59] Як показано на фіг. 2, оскільки пресоване залізо 800 є достатньо великим, вентиляцію у відновному реакторі з ущільненим шаром 10 легко забезпечити. Розмір пресованого заліза 800 може відповідати розміру окатишів або агломерованої руди. Тобто, розмір може бути у межах 8-40 мм. З іншого боку, оскільки пресоване залізо 800 не піддається видозміні, цей розмір можна зменшити до 3 мм. Як описувалося вище, розмір других залізних руд 900 може дорівнювати або перевищувати 5 мм.

[60] Міцність пресованого заліза 800 перевищує міцність других залізних руд 900. Оскільки другі залізні руди 900 збираються з місця виробництва й використовуються безпосередньо, їх міцність при стисненні є низькою. І навпаки, пресоване залізо 800 утворюється пресуванням під тиском 200 МПа пристроєм для виробництва пресованого заліза. Тому пресоване залізо 800 має міцність, що дорівнює або перевищує  $200\text{кг/см}^2$ . Оскільки пресоване залізо 800 має таку міцність, воно не зазнає значної видозміни у відновному реакторі з ущільненим шаром 10.

[61] Відновний газ, що подається до відновного реактора з ущільненим шаром 10, відновлює пресоване залізо 800 і другі залізні руди 900. У цьому випадку другі залізні руди 900 відновлюються відновним газом і зазнають видозміни. І навпаки, оскільки перші залізні руди, тобто, джерело пресованого заліза 800, вже пройшли процес попереднього відновлення, пресоване залізо не зазнає значної видозміни при відновленні відновним



газом. А саме, на стадії відновлення других залізних руд 900 разом із пресованим залізом 800 коефіцієнт відновної видозміни пресованого заліза 800 є меншим за коефіцієнт відновної видозміни других залізних руд 900. Тому, навіть якщо другі залізні руди 900 у відновному реакторі з ущільненим шаром 10 зазнають видозміни, вентиляція відновного реактора з ущільненим шаром 10 може надійно забезпечуватися завдяки пресованому залізу 800. Це можливо, оскільки пресоване залізо 800, завантажене разом із другими залізними рудами 900, мають низький коефіцієнт відновної видозміни. Як результат, оскільки порожнина у відновному реакторі з ущільненим шаром 10 може підтримуватися, може надійно забезпечуватися й вентиляція.

[62] Як показано у збільшеному колі на фіг. 2, друга залізна руда 900 має на своїй поверхні кілька пустот 9001. Як результат, другі залізні руди 900 добре відновлюються. І навпаки, оскільки пресоване залізо 800 одержується пресуванням частково відновлених перших залізних руд, кількість пустот на його поверхні є відносно малою. Тобто, частка пустот у других залізних руд 900 є більшою за частку пустот у пресованого заліза 800. Тому другі залізні руди 900 відновлюються легше, ніж пресоване залізо 800. Однак, оскільки пресоване залізо вже у певній мірі відновлене, різниця між остаточними коефіцієнтами відновлення пресованого заліза 800 і других залізних руд 800 є дуже малою.

[63] Фіг. 3 ілюструє пристрій для виробництва рідкого чавуну 200 відповідно до другого варіанту здійснення цього винаходу. Конструкція пристрою для виробництва рідкого чавуну 200, проілюстрованого на фіг. 3, служить просто для ілюстрації цього винаходу, й об'єм цього винаходу нею не обмежується. Крім того, оскільки конструкція пристрою для виробництва рідкого чавуну 200 є схожою до конструкції пристрою для виробництва рідкого чавуну відповідно до першого варіанту здійснення цього винаходу, схожі елементи позначені однаковими позиціями, тому її докладний опис не наводиться.

[64] Як показано на фіг. 3, допоміжне паливо може вдуватися у плавильний газифікатор 40 разом із киснем через фурму 402 у другому варіанті здійснення цього винаходу. Прикладом вуглеводневого газу може служити рідкий природний газ (LNG).

[65] Огрудковані вуглецеві матеріали, що завантажуються у плавильний газифікатор 40, містять летючі речовини, зв'язаний вуглець і золи. При проходженні вниз через ущільнений шар вугілля огрудковані вуглецеві матеріали піддаються термічному розкладенню. У верхній частині ущільненого шару вугілля більшість летючих речовин, що містяться в огрудкованих вуглецевих матеріалах, перетворюються у газ. У нижню частину ущільненого шару вугілля опускаються лише зв'язаний вуглець, з якого були видалені летючі речовини, й золи.

[66] На боковій площині плавильного газифікатора 40 у нижній частині ущільненого шару вугілля встановлена фурма 402. Через фурму 402 у плавильний газифікатор 40 вдувається кисень. Ки-

сень, що вдувається через фурму, спалює вищеписаний зв'язаний вуглець, що опускається у нижню частину ущільненого шару вугілля, за хімічною формулою 1, після чого утворюється гарячий відновний газ.

[67] [Хімічна формула 1]

[68]  $C + 1/2O_2 \rightarrow CO$

[69] Гарячий монооксид вуглецю піднімається через ущільнений шар вугілля, передаючи тепло огрудкованим вуглецевим матеріалам і пресованому залізу в ущільненому шарі вугілля. При цьому температура других залізних руд і пресованого заліза підвищується до температури плавлення. В процесі підвищення температури невідновлений оксид заліза (FeO), що міститься у других залізних рудах і пресованому залізі, частково відновлюється із твердого стану наступною реакцією непрямого відновлення за хімічною формулою 2.

[70] [Хімічна формула 2]

[71]  $FeO + CO \rightarrow Fe + CO_2$

[72] Крім того, упродовж вищезазначеного процесу плавлення невідновлені оксиди заліза у пресованому залізі і других залізних рудах остаточно відновлюються кількома зв'язаними вуглецьми реакцією прямого відновлення за наступною хімічною формулою 3.

[73] [Хімічна формула 3]

[74]  $FeO + C \rightarrow Fe + CO$

[75] У даному випадку реакція прямого відновлення - це екзотермічна реакція, а реакція прямого відновлення - це ендотермічна реакція. Тому доцільно збільшити непряме відновлення відносно прямого відновлення в ущільненому шарі вугілля, щоб зменшити кількість огрудкованих вуглецевих матеріалів, що витрачаються у плавильному газифікаторі 40. А саме, можна зменшити паливний коефіцієнт. Для того щоб збільшити непряме відновлення, час падіння (час перебування) других залізних руд і пресованого заліза необхідно збільшити. Крім того, оскільки другі залізні руди й пресоване залізо можна завантажувати у плавильний газифікатор 40 у частково відновленому стані, час перебування в ущільненому шарі вугілля необхідно збільшити, щоб уможливити одночасне й подальше відновлення й плавлення. Крім того, необхідно збільшити кількість гарячого газу, спалюваного у фурмі 402, який піднімається через ущільнений шар вугілля.

[76] У другому варіанті здійснення цього винаходу через фурму 402 вдувається допоміжне паливо, завдяки чому збільшується кількість гарячого газу. Допоміжним паливом, що містить летючі речовини, можна замінити частину огрудкованих вуглецевих матеріалів. Допоміжне паливо спалюється разом із киснем, який вдувається в напрямку каналу, утвореного осторонь фурми 402, і перетворюється у гарячий монооксид вуглецю й водневі гази. Гарячий монооксид вуглецю й водневі гази піднімаються через ущільнений шар вугілля, відновлюючи невідновлені у другі залізні руди й пресоване залізо, що падають через ущільнений шар вугілля, реакцією непрямого відновлення за наступною хімічною формулою 4.

[77] [Хімічна формула 4]

[78]  $2FeO + CO + H_2 \rightarrow 2Fe + CO_2 + H_2O$

[79] При цьому більшість вуглецевих компонентів і водневих компонентів, що містяться у допоміжному паливі, газифікуються. Кількість газу, утвореного у фурмі вдуванням допоміжного палива, значно збільшується у порівнянні до кількості газу, що утворюється при згорянні лише зв'язаного вуглецю в огрудкованих вуглецевих матеріалах. Крім того, при вдуванні допоміжного палива огрудковані вуглецеві матеріали, що завантажуються з верхньої частини плавильного газифікатора 40, спалюються у фурмі, і при цьому швидкість виводу зменшується. Тому час для того, щоб огрудковані вуглецеві матеріали, відновлені другі залізні руди й пресоване залізо впали через ущільнений шар вугілля із заданим об'ємом у фурму, тобто, час перебування, збільшується.

[80] Як описувалося вище, якщо вдувається допоміжне паливо, кількість газу, спалюваного у фурмі, і який піднімається в ущільненому шарі вугілля, збільшується. Крім того, оскільки час перебування відновлених других залізних руд й пресованого заліза в ущільненому шарі вугілля, коефіцієнт непрямого відновлення підвищується. Як результат, кількість палива, що витрачається у плавильному газифікаторі 40, можна зменшити.

[81] Фіг. 4 схематично ілюструє внутрішню конструкцію фурми 402 - збільшену частину IV фіг. 3. Як показано на фіг. 4, фурма 402 містить лінію вдування кисню 4021 і лінію вдування допоміжного палива 4023. Лінія вдування кисню 4021 утворена у центрі фурми 402, а лінія вдування допоміжного палива 4023 віднесена від лінії вдування кисню 4021, і по ній допоміжне паливо вдувається у плавильний газифікатор. Кількість допоміжного палива можна регулювати робочим клапаном 4025, встановленим у лінії вдування допоміжного палива 4023. Лінія вдування допоміжного палива 4023 встановлена таким чином, щоб проходити через передній кінець фурми 402.

[82] Як допоміжне паливо, можуть використовуватися дрібні вуглецеві матеріали або газ, що містить вуглеводень. Якщо як допоміжне паливо використовуються дрібні вуглецеві матеріали, дрібні вуглецеві матеріали повітрям передаються по лінії вдування допоміжного палива 4023. Дрібні вуглецеві матеріали попередньо висушуються до вологості 1,0 % або нижче, щоб запобігти прилипання дрібних вуглецевих матеріалів до внутрішніх частин лінії вдування допоміжного палива 4023 й потім блокуванню лінії вдування допоміжного палива 4023. Крім того, розмір дрібних вуглецевих матеріалів контролюється таким чином, щоб він був 3,0 мм або менше, щоб не блокувати лінію вдування допоміжного палива 4023.

[83] Лінія вдування кисню 4021 і лінія вдування допоміжного палива 4023 можуть бути віднесеними одна від одної. Якщо допоміжне паливо й кисень змішати й потім вдувати лише по лінії вдування кисню 4021, допоміжне паливо займатиметься в лінії вдування кисню 4021 теплою випромінювання гарячої зони, утвореної на передньому кінці фурми 402. Це призведе до пошкодження лінії вдування кисню 4021 через плавлення. Для того щоб запобігти цьому явищу, як показано на фіг. 4, кисень і допоміжне паливо вдуваються окремо. У цьому випадку дрібні вуглецеві

матеріали й кисень віднесені один від одного, таким чином зустрічаються лише у каналі, утвореному на передньому кінці фурми 402. Дрібні вуглецеві матеріали й кисень спалюються у цьому каналі.

[84] Фіг. 5 ілюструє пристрій для виробництва рідкого чавуну 300 відповідно до третього варіанту здійснення цього винаходу. Конструкція пристрою для виробництва рідкого чавуну 300, проілюстрована на фіг. 5, служить просто для ілюстрації цього винаходу, й об'єм цього винаходу нею не обмежується. Крім того, оскільки конструкція пристрою для виробництва рідкого чавуну 300 є схожою до конструкції пристрою для виробництва рідкого чавуну відповідно до другого варіанту здійснення цього винаходу, схожі елементи позначені однаковими позиціями, тому її докладний опис не наводиться.

[85] Відновний газ генерується шляхом спалювання огрудкованих вуглецевих матеріалів і допоміжного палива, що подається у плавильний газифікатор 40. Тому при вдуванні допоміжного палива кількість огрудкованих вуглецевих матеріалів, що завантажуються у плавильний газифікатор 40, можна зменшити. При цьому, оскільки кількість огрудкованих вуглецевих матеріалів зменшилася, кількість відновного газу, що генерується у плавильному газифікаторі 40, зменшується. Ця кількість відновного газу є меншою, ніж потрібна для відновлення залізних руд у відновному реакторі із псевдозрідженим шаром 20 і відновному реакторі з ущільненим шаром 10. Тому у третьому варіанті здійснення цього винаходу частина відхідного газу, що відводиться з відновного реактора із псевдозрідженим шаром 20 і відновного реактора з ущільненим шаром 10, рекуперується й і знов подається у процес для підтримування відповідної кількості відновного газу.

[86] Як показано на фіг. 5, відхідний газ, що відводиться з відновного реактора із псевдозрідженим шаром 20 і відновного реактора з ущільненим шаром 10, охолоджується при проходженні через охолоджувач відхідного газу 52 й потім відхідний газ рекуперується для подачі у пристрій для видалення діоксиду вуглецю 50. Частково охолоджений відхідний газ може відводитися назовні. Пристрій для видалення діоксиду вуглецю 50 подає зворотний газ, який генерується шляхом видалення діоксиду вуглецю з відхідного газу, у відновний реактор із псевдозрідженим шаром 20 і відновний реактор з ущільненим шаром 10. Діоксид вуглецю видаляється за допомогою пристрою для видалення діоксиду вуглецю 50, завдяки чому відновна здатність зворотного газу підвищується. Оскільки детальна конструкція пристрою для видалення діоксиду вуглецю 50 фахівцеві у цій галузі може бути легко зрозумілою, тому її докладний опис не наводиться.

[87] Зворотний газ змішується з відновним газом, що генерується у плавильному газифікаторі 40. При цьому відновний газ повертається у цикл, забезпечуючи необхідну кількість відновного газу для відновного реактора з псевдозрідженим шаром 20 і відновного реактора з ущільненим шаром 10 і незалежно від кількості відновного газу, що генерується у плавильному газифікаторі 40. Тому відновна реакція може належним чином протікати

у відновному реакторі з псевдозрідженим шаром 20 і відновному реакторі з ущільненим шаром 10.

[88] Зокрема, перший підвідний трубопровід зворотного газу L54 з'єднує пристрій для видалення діоксиду вуглецю 50 з відновним реактором із псевдозрідженим шаром 20, подаючи перший зворотний газ до відновного реактора із псевдозрідженим шаром 20. Другий підвідний трубопровід зворотного газу L56 з'єднує пристрій для видалення діоксиду вуглецю 50 з відновним реактором з ущільненим шаром 10, подаючи другий зворотний газ до відновного реактора з ущільненим шаром 10.

[89] Як описувалося вище, оскільки зворотний газ ділиться на перший і другий зворотні гази, температура відновного газу, що подається до відновного реактора із псевдозрідженим шаром 20, і температура відновного газу, що подається до відновного реактора з ущільненим шаром 10, можуть регулюватися таким чином, щоб різнитися. Тобто, кількість першого зворотного газу регулюється таким чином, щоб бути більшою за кількість другого зворотного газу. Оскільки температура зворотного газу низька, при змішуванні зворотного газу з відновним газом температура відновного газу знижується. Таким чином, температура відновного газу, що подається до відновного реактора із псевдозрідженим шаром 20, може регулюватися таким чином, щоб бути меншою за кількість відновного газу, що подається до відновного реактора з ущільненим шаром 10.

[90] Оскільки з відновним газом, що подається до відновного реактора з ущільненим шаром 10, змішується відносно мала кількість першого зворотного газу, температура відновного газу може підтримуватися високою. Тому швидкість відновлення других залізних руд і пресованого заліза у відновному реакторі з ущільненим шаром 10 можна максимально збільшити. З іншого боку, оскільки з відновним газом, що подається до відновного реактора із псевдозрідженим шаром 20, змішується відносно велика кількість другого зворотного газу, температура відновного газу може підтримуватися відносно низькою. У такий спосіб можна запобігти явищу прилипання дрібних залізних руд у гарячому стані у відновному реакторі із псевдозрідженим шаром 20.

[91] За допомогою вищеописаного зворотного газу температура відновного газу, що подається до відновного реактора з ущільненим шаром 10, може регулюватися у межах  $+750^{\circ}\text{C}$  -  $+800^{\circ}\text{C}$ . Завдяки цьому другі залізні руди й пресоване залізо можна ефективно відновлювати. Крім того, температура відновного газу, що подається до відновного реактора із псевдозрідженим шаром 20, може регулюватися таким чином, щоб підтримувалась на рівні або вище позначки  $+700^{\circ}\text{C}$  і нижче позначки  $+750^{\circ}\text{C}$ . При цьому унеможливується прилипання перших залізних руд до внутрішньої частини відновного реактора із псевдозрідженим шаром 20.

[92] Фіг. 6 ілюструє пристрій для виробництва рідкого чавуну 400 відповідно до четвертого варіанту здійснення цього винаходу. Конструкція пристрою для виробництва рідкого чавуну 400, проілюстрована на фіг. 6, служить просто для

ілюстрації цього винаходу, й об'єм цього винаходу нею не обмежується. Крім того, оскільки конструкція пристрою для виробництва рідкого чавуну 400 є схожою до конструкції пристрою для виробництва рідкого чавуну відповідно до третього варіанту здійснення цього винаходу, схожі елементи позначені однаковими позиціями, тому її докладний опис не наводиться.

[93] Пристрій для виробництва рідкого чавуну 400 містить додатково охолоджувач газу 406. Охолоджувач газу 406 відгалужує частину відновного газу, що генерується у плавильному газифікаторі 40, й охолоджує її. Охолоджувач газу 406 змішує охолоджений відновний газ з відновним газом, що подається до відновного реактора із псевдозрідженим шаром 20 і відновного реактора з ущільненим шаром 10, зменшуючи температуру відновного газу, що подається туди. Температура відновного газу регулюється, завдяки чому регулюється коефіцієнт відновлення відновного реактора із псевдозрідженим шаром 20 або відновного реактора з ущільненим шаром 10, і прилипання залізних руд через термалізацію унеможливується. Крім того, через фурму 402 у пристрій для виробництва рідкого чавуну 400 вдувається допоміжне паливо, і за допомогою пристрою для видалення діоксиду вуглецю 50 відновний газ може рекуперуватися для повторного використання, завдяки чому ефективність можна оптимізувати.

[94] Після того як відхідний газ охолоджується при проходженні через охолоджувач відхідного газу 52, він відводиться або подається у пристрій для видалення діоксиду вуглецю 50. Оскільки при проходженні через охолоджувач відхідного газу 52 пил, що міститься у відхідному газі, може видалятися, явище блокування, що спричиняється цим пилом, можна наперед унеможливити.

[95] У плавильному газифікаторі 40 встановлений циклон 404. Циклон 404 збирає пил, що розкидається з плавильного газифікатора 40, і повертає його у плавильний газифікатор 40. Тобто, пил, що вивантажується по газопроводу L40, фільтрується у циклоні 404 і повертається у плавильний газифікатор 40. Відновний газ, відділений від пилу, подається до відновного реактора із псевдозрідженим шаром 20 і відновного реактора з ущільненим шаром 10 по підвідному трубопроводу відновного газу L42.

[96] Оскільки газопровід L42 розгалужується, частина відновного газу по газопроводу L44 подається в охолоджувач газу 406. Наприклад, як охолоджувач газу 406 може використовуватися скруббер. Після охолодження відновного газу в охолоджувачі газу 406 він передається у газопровід L40 або підвідний трубопровід відновного газу L50. Температура відновного газу, що подається до відновного реактора із псевдозрідженим шаром 20 або відновного реактора з ущільненим шаром 10, може регулюватися шляхом змішування зворотного газу, що подається з вищеописаного пристрою для видалення діоксиду вуглецю 50, або охолоджувального газу, що подається з охолоджувача газу 406, з відновним газом, що генерується у плавильному газифікаторі 40. Як описувалося вище, у третьому варіанті здійснення температура відновного газу, що подається до відновного реак-

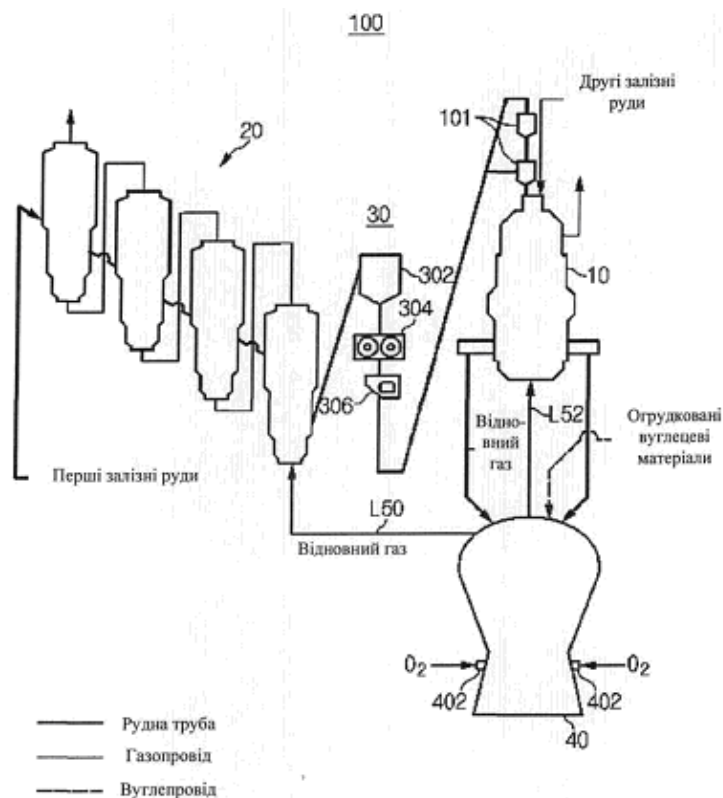
тора з ущільненим шаром 10, може регулюватися у межах  $+750^{\circ}\text{C}$  -  $+800^{\circ}\text{C}$ . Завдяки цьому другі залізні руди й пресоване залізо можна ефективно відновлювати. Крім того, температура відновного газу, що подається до відновного реактора із псевдозрідженим шаром 20, може регулюватися таким чином, щоб підтримувалась на рівні або вище позначки  $+700^{\circ}\text{C}$  і нижче позначки  $+750^{\circ}\text{C}$ . При цьому унеможливується прилипання перших залізних руд до внутрішньої частини відновного реактора із псевдозрідженим шаром 20.

[97] Фіг. 7 ілюструє пристрій для виробництва рідкого чавуну 500 відповідно до п'ятого варіанту здійснення цього винаходу. Конструкція пристрою для виробництва рідкого чавуну служить просто для ілюстрації цього винаходу, й об'єм цього винаходу нею не обмежується. Крім того, оскільки конструкція пристрою для виробництва рідкого чавуну 500 є схожою до конструкції пристрою для виробництва рідкого чавуну відповідно до першого варіанту здійснення цього винаходу, схожі елементи позначені однаковими позиціями, тому її докладний опис не наводиться.

[98] Як показано на фіг. 7, перші залізні руди можуть відновлюватися з використанням лише одного відновного реактора з псевдозрідженим шаром 24. Як описувалося вище, після того, як

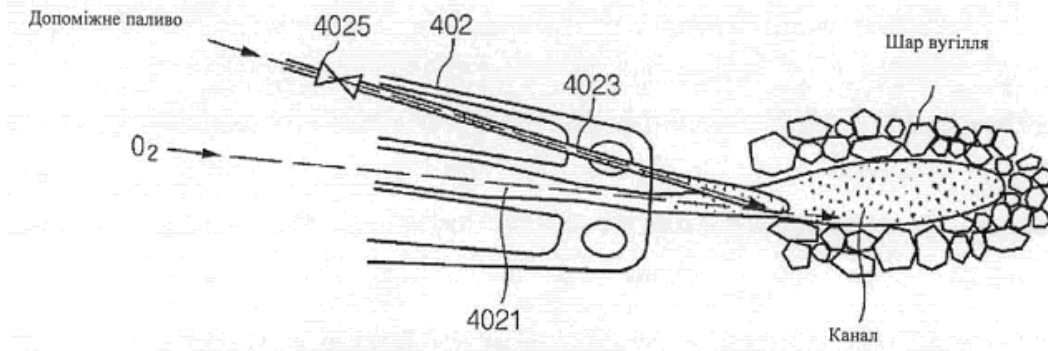
перші залізні руди відновилися у відновному реакторі із псевдозрідженим шаром 24, вони ізнов відновлюються у відновному реакторі з ущільненим шаром 10. Коефіцієнт відновлення відновленого заліза, завантаженого у плавильний газифікатор 40, повинен дорівнювати певному рівню або перевищувати його, щоб мінімізувати паливний коефіцієнт плавильного газифікатора 40. У цьому винаході, оскільки перші залізні руди відновлюються двічі з використанням як відновного реактора із псевдозрідженим шаром 24, так й відновного реактора з ущільненим шаром 10, навантаження відновлення, що прикладається до відновного реактора із псевдозрідженим шаром 24, можна значно зменшити. Тому навіть якщо використовується лише один відновний реактор із псевдозрідженим шаром 24, перші залізні руди можуть відновлюватися до потрібного коефіцієнта відновлення. Якщо використовується пристрій для виробництва рідкого чавуну 500, його конструкція стає спрощеною, перевагою чого є значно зменшені витрати.

[99] Винахід детально показаний й описаний з посиланнями на примірні варіанти його здійснення, але фахівцеві у цій галузі зрозуміло, що можливі різноманітні зміни за формою і деталями у межах об'єму й сутності винаходу, визначених даною формулою винаходу.

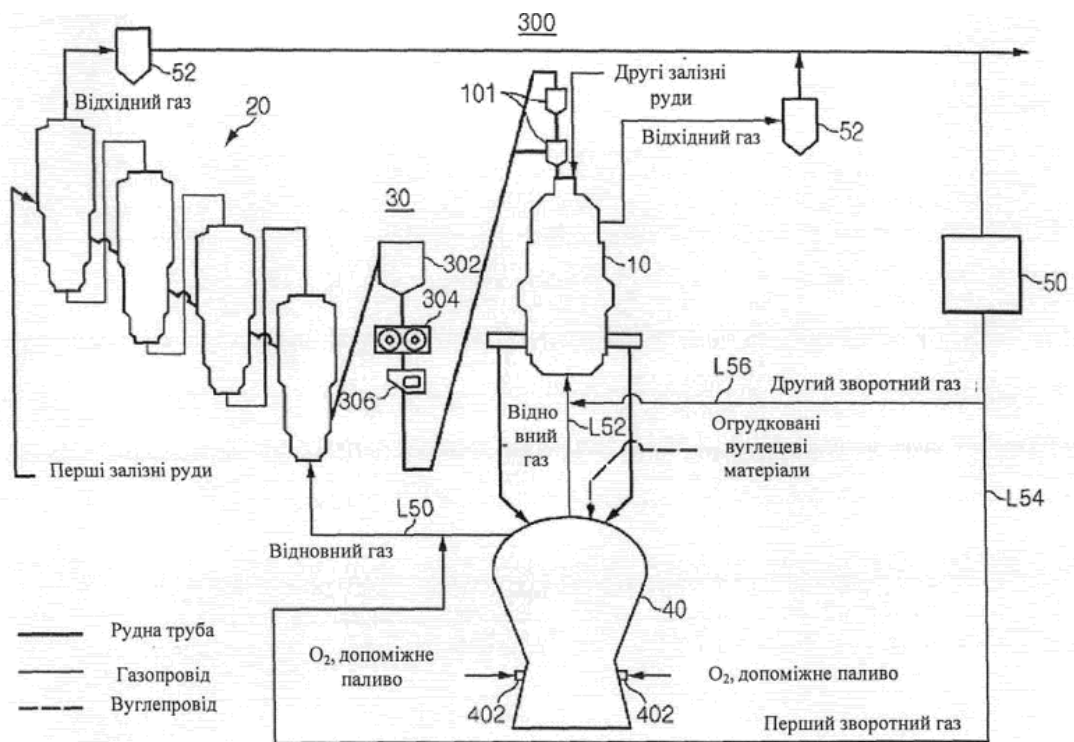


Фіг. 1

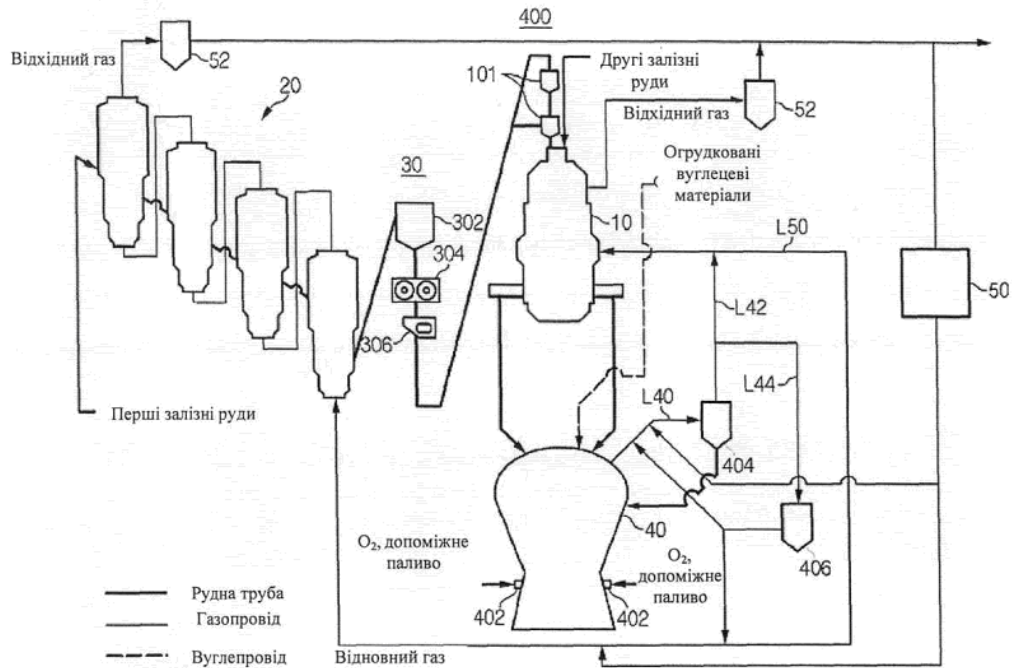




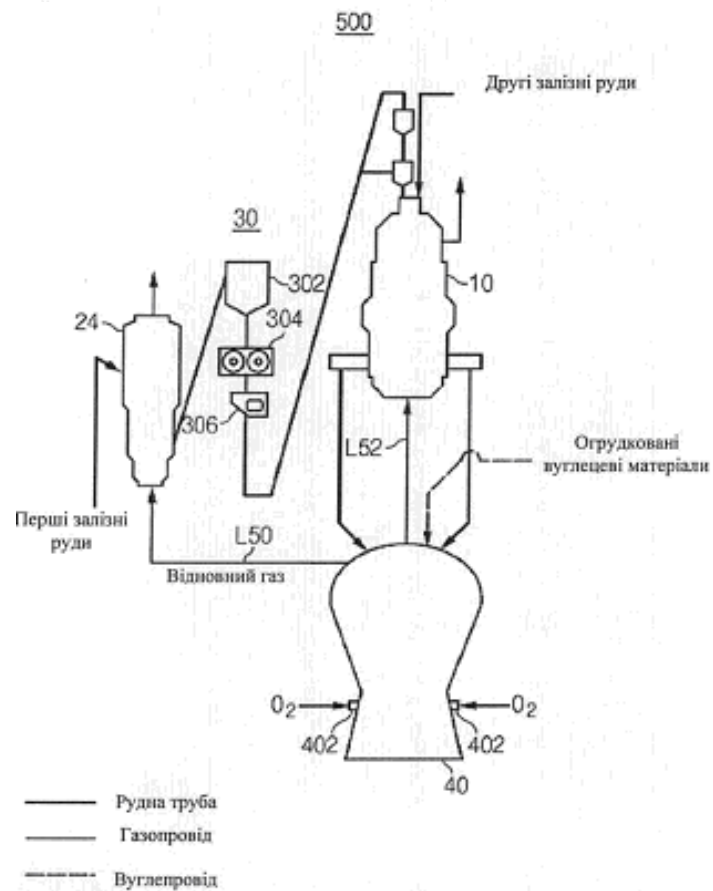
Фіг. 4



Фіг. 5



Фіг. 6



Фіг. 7