



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **115343** (13) **C2**

(51) МПК (2017.01)

**C21B 5/06** (2006.01)

**C21B 9/10** (2006.01)

**C21B 9/14** (2006.01)

**F27D 17/00**

**C21B 7/00**

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

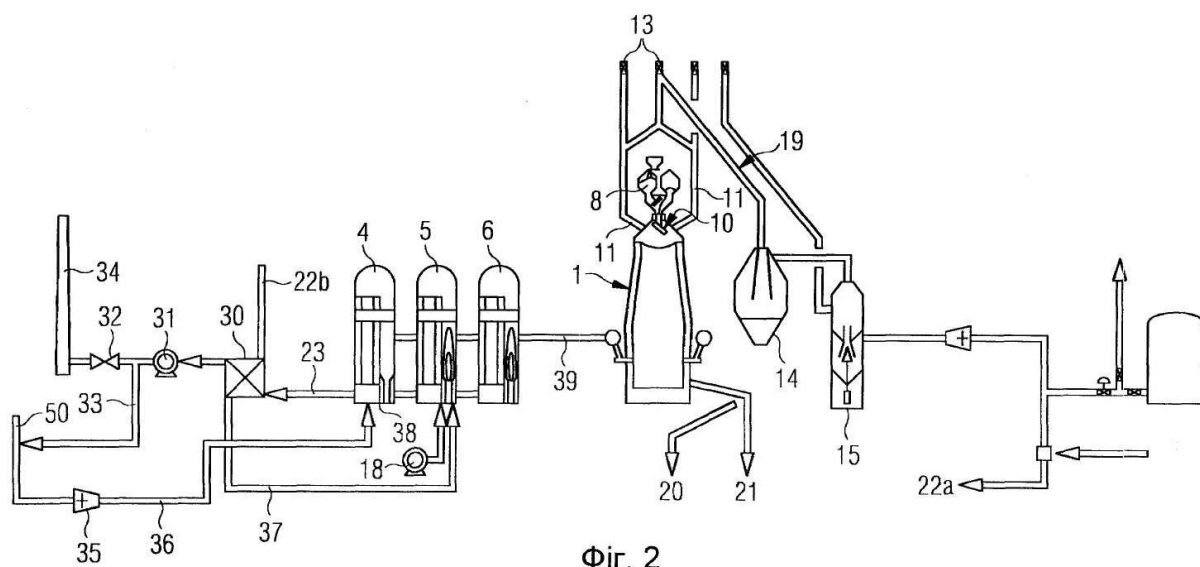
<b>(21)</b> Номер заявки:	<b>а 2015 06060</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и):	<b>Гіч Пол Марк (GB)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки:	<b>10.12.2013</b>	<b>(73)</b> Власник(и):	<b>ПРАЙМЕТАЛЗ ТЕКНОЛОДЖІЗ ЛТД,</b> 21 Holborn Viaduct, London EC1A 2DY, United Kingdom (GB)
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на винахід:	<b>25.10.2017</b>	<b>(74)</b> Представник:	<b>Шамріна Олена Олексіївна, реєстр. №141</b>
<b>(31)</b> Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>1223135.3</b>	<b>(56)</b> Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	US 4877013 A, 31.10.1989 JP 2012031495 A, 16.02.2012 JP S57137407 A, 25.08.1982 PETER HEINRICH, "Heat recovery in blast furnace stove plants", MPT-METALLURGICAL PLANT AND TECHNOLOGY, no. 3, 01.01.1982, page 10
<b>(32)</b> Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>21.12.2012</b>		
<b>(33)</b> Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	<b>GB</b>		
<b>(41)</b> Публікація відомостей про заявку:	<b>25.09.2015, Бюл.№ 18</b>		
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>25.10.2017, Бюл.№ 20</b>		
<b>(86)</b> Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	<b>РСТ/EP2013/076109, 10.12.2013</b>		

## (54) СПОСІБ І УСТАНОВКА ДЛЯ ПОДАЧІ ДУТТЯ У ДОМЕННУ ПІЧ

### (57) Реферат:

Установка для подачі дуття у доменну піч (1) включає нагрівники (4, 5, 6) гарячого дуття, причому кожен нагрівник включає підвід холодного дуття, підвід палива, підвід повітря, відвід гарячого дуття, і відвід відхідного газу; і рекуператор (30) відхідного тепла, сполучений з подачею палива, підвід пального палива і підвід холодного дуття нагрівника. Відводи відхідного газу нагрівника сполучені з підводами холодного дуття, за допомогою чого відхідний газ нагрівника з одного нагрівника (5) подається через рекуператор відхідного тепла як холодне дуття у ще один нагрівник (4).

UA 115343 C2



Фиг. 2

Даний винахід стосується способу і установки для подачі дуття у доменну піч.

Як правило, при використанні гарячого повітряного дуття, у піч вводиться азот, який повинен видалятися з колошникового газу доменної печі, якщо повинні використовуватися технології уловлювання і зберігання вуглецю. Одне наближення до вирішення проблеми видалення азоту з колошникового газу було описане авторами G. Zuo і A. Hirsch в роботі «SP10-Top Gas Recycling Blast Furnace no2-3» («Доменна піч з рециркуляцією колошникового газу»), Proceedings of 4<sup>th</sup> ULCOS Seminar («Праці 4-ого семінару з доменного процесу ULCOS»), 1-2 October 2008. У цій статті замість заздалегідь нагрітого повітря використовують кисень і збагачений монооксидом вуглецю колошниковий газ повторно вдувають у доменну піч.

Документ US4877013 описує установку з нагрівниками дуття, які діють поперемінно під час фази нагрівання і фази дуття. Теплообмінник відбирає тепло від холодного дуття в трубопроводі для холодного дуття перед подачею холодного дуття у нагрівники.

Документ JP2012031495 описує одержання гарячого дуття з нагрівників дуття, яке включає рециркуляцію газоподібних продуктів згорання.

Документ JP S57137407 описує застосовування теплообмінника у регенераційній камері нагрівника дуття.

Автор Peter Heinrich в роботі «Heat recovery in blast furnace stove plants» («Рекуперація тепла у нагрівниках доменної печі»), MPT-Metallurgical Plant and Technology № 3, 1 January 1982 (1982-01-01), page 10, XP001408316, описує застосування рекуперації тепла з відхідних газів нагрівників у нагрівниках доменної печі.

Згідно з першим аспектом даного винаходу установка для подачі дуття у доменну піч містить нагрівники дуття, кожен з яких має вхід для холодного дуття, вхід для палива, вхід для подачі повітря, вихід для гарячого дуття, і один або більшу кількість виходів для відхідного газу; і рекуператор відхідного тепла, з'єднаний з входом для палива, з виходами для відхідного газу нагрівників; з входами для подачі палива в нагрівники і з входами для холодного дуття; причому виходи для відхідного газу нагрівників з'єднані з входами для холодного дуття, завдяки чому відхідний газ нагрівника подається від одного нагрівника крізь рекуператор відхідного тепла як холодне дуття в інший нагрівник.

У робочому режимі вихід для відхідного газу одного нагрівника, який знаходиться в режимі подачі газу, з'єднаний з входом для холодного дуття іншого нагрівника, який діє в режимі дуття, і подає відхідний газ крізь рекуператор відхідного тепла до входу для холодного дуття як холодне дуття.

Переважно, установка додатково між рекуператором відхідного тепла і входами для холодного дуття містить трубопровід для подачі відхідного газу.

Переважно, установка додатково містить вентилятор для подачі відхідного газу, який працює при тиску, нижчому за тиск дуття. Вентилятор для подачі відхідного газу може розміщуватися між виходом для відхідного газу нагрівника і рекуператором відхідного тепла, але переважно вентилятор для подачі відхідного газу розміщують між рекуператором відхідного тепла і входами для холодного дуття. Це спрощує виробництво, оскільки тоді вентилятор не повинен дозволити такі високі температури.

Переважно, установка додатково між вентилятором і входами для холодного дуття містить компресор.

Переважно, установка додатково містить регенератор CO<sub>2</sub> для регенерації CO<sub>2</sub> з дуття, перш ніж воно буде подано у доменну піч.

Регенератор може розміщуватися між компресором і входами для холодного дуття для регенерації CO<sub>2</sub> з холодного дуття, але переважно регенератор розміщують між виходом для гарячого дуття і доменною піччю.

Переважно, установка додатково містить між доменною піччю і рекуператором відхідного тепла сполучний трубопровід для передачі чистого рециркульованого колошникового газу у рекуператор відхідного тепла.

Переважно, установка додатково містить засіб для подачі кисню між вентилятором для подачі відхідного газу і входами для подачі повітря в нагрівники.

Згідно з другим аспектом даного винаходу у способі подачі дуття у доменну піч виводять відхідний газ з першого нагрівника дуття; охолоджують відхідний газ у рекуператорі відхідного тепла; стискають охолоджений газ; подають охолоджений стиснений відхідний газ у другий нагрівник дуття як холодне дуття; нагрівають холодне дуття у другому нагрівнику і подають нагріте дуття як гаряче дуття у доменну піч.

Переважно, у способі додатково подають очищений колошниковий газ з доменної печі у рекуператор тепла для нагрівання очищеного колошникового газу в рекуператорі відхідного

тепла теплом від охолодження відхідного газу нагрівника; і подають нагрітий очищений колошниковий газ у нагрівник як паливо.

Переважно, у способі додатково розділяють охолоджений відхідний газ на два потоки; подають кисень у перший потік, і подають насичений киснем потік у перший нагрівник як джерело повітря; і стискають другий потік та подають його у другий нагрівник як холодне дуття.

Переважно, у способі додатково регенерують  $\text{CO}_2$  з дуття перед тим, як воно надійде у доменну піч.

Тепер буде описаний приклад способу і установки згідно з даним винаходом з посиланням на супровідні креслення, в яких:

10 Фігура 1 ілюструє роботу традиційного доменного цеху;

Фігура 2 ілюструє перший варіант виконання доменного цеху, адаптований згідно з даним винаходом;

Фігура 3 ілюструє альтернативний варіант виконання доменного цеху, адаптований згідно з даним винаходом;

15 Фігура 4 ілюструє варіант виконання згідно з Фіг. 3, модифікований з включенням регенерації діоксиду вуглецю з відхідного газу нагрівника;

Фігура 5 ілюструє роботу системи згідно з Фіг. 2 або Фіг. 3 без рекуператора відхідного тепла; і

20 Фігура 6 ілюструє роботу системи згідно з Фігурами 2, 3 або 4 з рекуператором відхідного тепла.

У даному винаході може використовуватися відхідний газ з нагрівників як альтернативне джерело гарячого дуття для доменної печі. Заміною традиційного повітряного дуття на відхідний газ з процесу згорання у нагрівнику, який є легкодоступним на місці експлуатації, знижується вміст азоту у колошниковому газі і зростає вміст діоксиду вуглецю у кінцевому газі, що виводиться з доменної печі, роблячи його більш придатним для уловлювання і зберігання вуглецю (уловлювання і зв'язування вуглецю). До потоку холодного дуття може додаватися кисень, щоб спалювати кокс в печі.

Фігура 1 ілюструє традиційний доменний цех, який містить доменну піч 1, завантажувальний механізм 2, 3, 9 для подачі матеріалу у доменну піч, і низку нагрівників дуття 4, 5, 6 для подачі гарячого дуття у доменну піч. Нагрівники дуття можуть бути внутрішніми або зовнішніми нагрівниками з камерою згорання. У будь-який момент один нагрівник - в даному прикладі нагрівник 4 - діє в режимі дуття, і щонайменше один з інших нагрівників 5, 6 знаходяться в режимі подачі газу. Коли перший нагрівник завершує своє перебування в режимі дуття, то керувальний пристрій перемикається на наступний нагрівник, готовий для продовження роботи в режимі дуття, але для простоти на цій фігурі показані не всі трубопроводи і з'єднання. Паливо 17 подається у нагрівники 5, 6, які діють в режимі подачі газу разом з повітрям від компресора 18.

Необхідні матеріали, у тому числі залізна руда і кокс, подаються з бункерів 2 у регульованих кількостях і порядку крізь зважувальні пристрої 3 у складському приміщенні (не показано) на завантажувальний механізм 8 зверху на печі, наприклад, стрічковим транспортером 9. Коли партія матеріалу вводиться у піч 1, він падає вниз і піддається перетворенню у різних хімічних реакціях перед тим, як досягне дна печі. Кокс, коли він зустрічається з повітрям 7 гарячого дуття, яке подається з положення поблизу дна печі, виділяє тепло. В результаті різних хімічних реакцій утворюються чавун і шлак, які виводяться з печі при випусканні плавки з печі і подачі чавуну 20 і шлаку 21 по льотці (не показана) для відділення більш важкого розплавленого чавуну від розплавленого шлаку, і виведення їх окремо для подальшої обробки поза ливарним цехом.

Піч 1 оснащена верхнім клапаном 10, щоб закривати піч від завантажувального механізму і різними відвідними трубопроводами 11 направляти колошникові гази, одержані під час реакцій в печі, у похилий газовідвід 19. Стравлювальні клапани 13 передбачені для надання колошниковим газам можливості випускатися з доменної печі, щоб захистити колошник печі від раптових змін тиску газу. Колошникові гази проходять крізь похилий газовідвід 19, пиловловлювач або циклон 14 і скруббер 15 Вентурі для очищення їх від дисперсного матеріалу. Очищений колошниковий газ доменної печі, який може містити азот, діоксид вуглецю і монооксид вуглецю, використовується в процесі горіння в нагрівниках з повітрям 18 для горіння в нагрівниках. Очищений колошниковий газ повертається 22, 17 у нагрівники 5, 6 дуття для згорання, щоб нагрівати нагрівники. Вогнетривке футерування кожного нагрівника в режимі подачі газу нагрівається теплом від згорання очищеного газу. Нагрівник в режимі дуття отримує повітря по трубопроводу 12 для холодного дуття і це повітря відбирає тепло від вогнетривкого футерування з одержанням гарячого дуття 7, яке подається у доменну піч 1 поблизу її дна. В

процесі нагрівання нагрівників, під час фази подачі газу, утворюються відхідні гази. Ці відхідні гази потім випускаються назовні крізь димар 34.

Щоб зменшити кількість відхідного газу, що випускається в атмосферу, і більш ефективно використовувати ресурси, один варіант здійснення даного винаходу модифікує традиційний доменний цех декількома шляхами, як проілюстровано на Фіг. 2. Замість простого випускання 34 всіх відхідних газів з циклу згорання у нагрівниках відхідний газ 23 нагрівника спочатку використовують у рекуператорі 30 відхідного тепла для рекуперації відхідного тепла. Очищений колошниковий газ 22b доменної печі нагрівається рекуператором відхідного тепла і нагрітий колошниковий газ 37 використовується для згорання у нагрівнику 5 з повітрям від вентилятора 18. Результат проходження крізь рекуператор 30 відхідного тепла полягає в охолодженні відхідного газу 23 нагрівника, і потім у щонайменше спрямуванні деякої частини охолодженого газу вентилятором 31 для подачі відхідного газу, що працює при відносно низькому тиску, тобто, нижчому за тиск в доменній печі (типово вентилятор має вихідний тиск, нижчий  $0,5 \text{ кг/см}^2$ ), до входу 35 вентилятора/компресора доменної печі, який стискає охолоджений відхідний газ 33 до тиску дуття, і подає стиснений газ 36 до входу 38 нагрівника 4, який перебуває в режимі дуття. Температура відхідного газу нагрівників після проходження крізь рекуператор відхідного тепла складає нижче 200 градусів Цельсія, можливо, навіть нижче 150 градусів Цельсія. Хоча вентилятор 31 може розміщуватися між виходом для відхідного газу нагрівника і рекуператором відхідного тепла, це було дорожчим і ускладненим в плані виробництва, оскільки газ в цьому місці все ще залишається гарячим з температурою до  $400\text{C}^\circ$ , і був би потрібний вентилятор, який здатний витримувати ці температури. Контрольні клапани (не показані) регулюють кількість і синхронізацію подачі газу. Охолодженням відхідного газу в рекуператорі відхідного тепла можна забезпечити фіксовану або заздалегідь задану температуру холодного дуття 36, від якої, при нагріванні у нагрівнику звичайним способом, отримують гаряче дуття 39 з бажаною температурою. Охолодження в рекуператорі 30 відхідного тепла також забезпечує те, що газ 33, що надходить у вентилятор 35, не має температуру, яка викликала б пошкодження вентилятора. Клапан 32 регулює кількість відхідного газу 33, що направляється у вентилятор/компресор 35, або випускається 34 назовні. На початку виробництва відхідний газ 33 непридатний для використання і має бути випущений 34, протягом цього часу компресор 35 стискає навколишнє повітря 50 для створення холодного дуття 36. Сукупні викиди знижуються тим, що не всі відхідні гази випускаються у димар 34. Трубопровідна система установки пристосована для дії з таким холодним дуттям, яке одержується з відхідного газу нагрівників, який є трохи кислим.

Гаряче дуття, одержане цим шляхом, містить азот і діоксид вуглецю, і також може бути збагачене киснем, але дуття має більший вміст діоксиду вуглецю і нижчий вміст азоту, ніж при використанні лише повітряного дуття, таким чином, що вміст діоксиду вуглецю в кінцевому вихідному газі є більшим і, тому, придатнішим для уловлювання вуглецю, зв'язування вуглецю. На додаток, при початковому стані з деяким вмістом діоксиду вуглецю в газі для дуття, може зменшуватися кількість сировинного вуглецю, необхідного в реакціях, що протікають в печі. Збагачений вуглецем газ для дуття також надає більш сильнодіючий нагрівальний газ, коли збагачений діоксидом вуглецю колошниковий газ повторно використовується для згорання так, що може зменшуватися кількість збагаченого газу. В деяких випадках частка гарячого дуття, яке одержується цим механізмом, може регулюватися і об'єднуватися з повітряним дуттям для одержання бажаних властивостей газу для дуття. Деяка кількість діоксиду вуглецю може відводитися у димар 34 крізь клапан 32, як було описано вище, і існуюче розщеплювання або уловлювання вуглецю використовуються для видалення діоксиду вуглецю.

На Фіг. 3 проілюстрований додатковий варіант виконання з використанням відхідного газу нагрівників як дуття. На додаток до використання відхідного газу 23 нагрівників як газу для дуття 36, частина потоку відхідного газу нагрівника після охолодження в рекуператорі 30 відхідного тепла може використовуватися як носій 49 для чистого кисню 48, що додається у горючий колошниковий газ 37 печі для згорання у нагрівниках. Спочатку, коли починається виробництво, подається повітря 40 для горіння, але це припиняють, коли в робочий цикл надходить рециркульований колошниковий газ 37 доменної печі. В даному прикладі нагрівник № 2 перебуває в режимі подачі газу, і, як тільки стає доступним очищений газ 37 з доменної печі, який був пропущений крізь рекуператор 30 відхідного тепла, він надходить безпосередньо у нагрівник 5. Деяка кількість відхідного газу 23 нагрівника, після проходження крізь рекуператор 30 відхідного тепла і вентилятор 31 для подачі відхідного газу, спрямовується до входу нагрівника 5, і деяка кількість відхідного газу нагрівника пропускається крізь вентилятор/компресор 35, який надає стиснений газ для холодного дуття 36, яке нагрівається у нагрівнику 4, що функціонує в режимі дуття. Поки починає одержуватися відхідний газ

нагрівника і є достатня кількість відхідного газу нагрівників для рециркуляції, навколишнє повітря або холодне дуття 50 стискається компресором 35 і подається у нагрівник, що функціонує в режимі дуття. Гаряче дуття 39 подається у доменну піч як раніше.

Додаткова ознака, яка може бути використана в комбінації з варіантами виконання даного винаходу, показаними на Фігурах 2 і 3, полягає у проведенні регенерації діоксиду вуглецю з відхідного газу нагрівника, який використовується як дуття для доменної печі, перед надходженням у піч на рівні фурм поду. Це проілюстровано на Фіг. 4. Потік діоксиду вуглецю є заміною для традиційного гарячого дуття з навколишнього повітря. Регенератор 51 розміщують між нагрівниками 4, 5, 6 і піччю 1 для обробки гарячого дуття 39, яке генерувалося з відхідного газу нагрівників. Це гаряче дуття містить діоксид вуглецю.  $\text{CO}_2$  видаляють з гарячого дуття, потім стискають, нагрітий потік діоксиду вуглецю спалюють разом з вуглецевмісним паливом 52, таким як вугілля, в ємності під тиском з використанням кисню 48 для регенерації монооксиду вуглецю 54 при згоранні  $\text{CO}_2$  з одержанням  $\text{CO}$ , що приводить до появи потоку 54 відновного газоподібного  $\text{CO}$  перед подачею у кільцевий трубопровід доменної печі, на вхід фурм поду. Потік відновного газу безпосередньо подається у піч, а не формується в ній. В результаті цього можна зекономити певну кількість сировинного вуглецю, необхідного в реакціях, що протікають в печі. Гарячий стиснений монооксид вуглецю одержується в заплечиках печі - секції між подом і вертикальним стовбуром, який проходить до верхньої частини печі- без хімічно активного коксу в доменній печі.

Все ж ще може знадобитися додавання коксу в піч, як і кисню, оскільки регенований  $\text{CO}$  не є повною заміною для коксу на рівні фурм. Це може бути бажаним для регулювання рівня вмісту кисню перед піччю, щоб запобігти займанню перед піччю. У потоці гарячого дуття можуть залишатися декілька відсотків  $\text{CO}_2$ . В іншій ситуації, ніж пусковий режим, як було описано вище, який може мати місце не більше разу на тиждень, немає необхідності у випусканні відхідного газу 23 нагрівників крізь димар 34, тим самим знижуючи викиди  $\text{CO}_2$ . Хоча рециркуляція колошникового газу печі і регенерація  $\text{CO}_2$  з відхідного газу нагрівників не є на 100% ефективними, для печі потрібна менша кількість свіжого вуглецю таким чином, що зменшується показник «кг/тону», потрібний для виробництва чавуну.

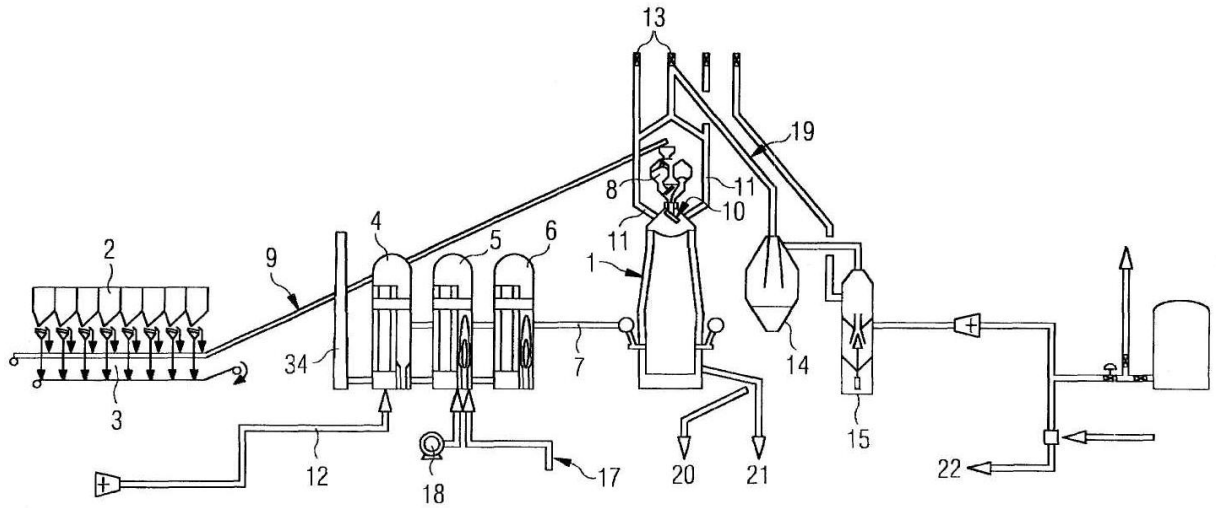
Як проілюстровано на Фіг. 4, регенерація  $\text{CO}_2$  надає паливо 52, що подається по трубопроводу 53 у регенератор 51, та кисень 48, що подається у регенератор по трубопроводу 55. Гаряче дуття 54, після проходження крізь регенератор 51, надходить у доменну піч 1. Буде зрозуміло, що для простоти показані не всі з'єднання, як і не всі трубопроводи у дії на кожній стадії процесу. В даному прикладі регенератор 51 показаний між виходом нагрівників дуття і доменною піччю 1. Перевага цього положення полягає в тому, що процес є ефективнішим, коли проводиться при гарячому дутті 39. Як альтернатива, регенератор може встановлюватися після компресора 35 перед входом у нагрівники. Відхідний газ (23) з нагрівників (4, 5, 6) містить  $\text{CO}_2$ , проходить крізь рекуператор (30) відхідного тепла і надходить у компресор (35). При розміщенні регенератора між компресором (35) і доменною піччю (1), регенератор все ще здатний перетворювати  $\text{CO}_2$  знову на  $\text{CO}$ . Перевага цього положення полягає в тому, що розрахована температура обладнання, яке включає регенератор, менша за необхідну, якщо регенератор працює на гарячому дутті. Хоча це не показано на фігурах, варіант виконання з Фіг. 2 також може бути модифікований для розміщення регенератора в одному із згаданих вище положень.

Застосування відхідного газу нагрівників як дуття і регенерація  $\text{CO}_2$  є ознаками, які можуть бути введені як модифікації на місцях з існуючими нагрівниками додаванням стадій рекуперації відхідного тепла, нагнітання і регенерації.

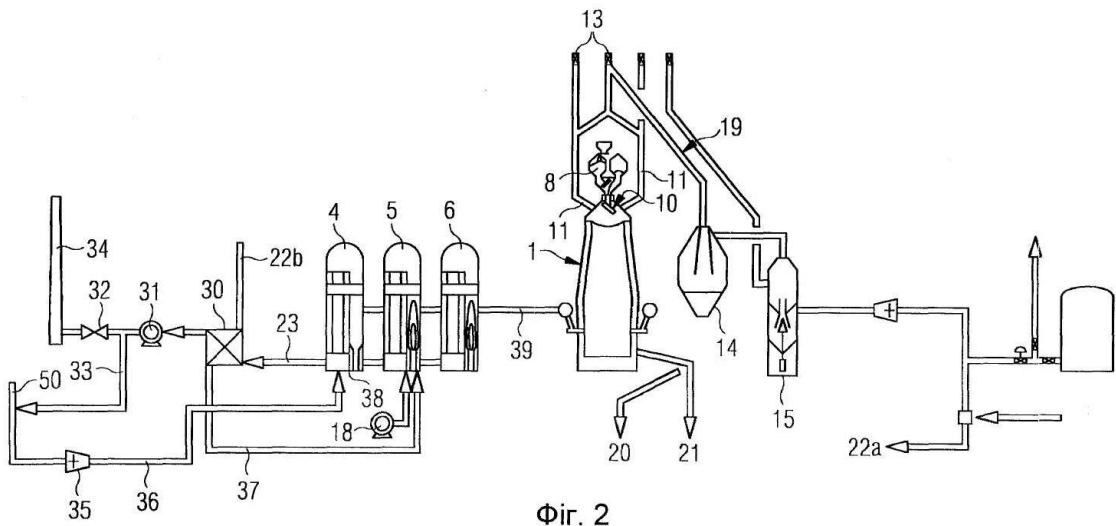
Фігури 5 і 6 ілюструють вплив застосування рекуперації відхідного тепла на тепловий баланс і температуру конкретних компонентів і газових потоків. Результати згідно з Фіг. 5 дійсні для традиційної установки, а результати на Фіг. 6 відповідають установці з використанням рекуперації відхідного тепла. На обох фігурах «41» представляє температуру холодного дуття в  $^{\circ}\text{C}$ ; «42» представляє температуру відхідного газу нагрівника в  $^{\circ}\text{C}$ ; «43» представляє температуру гарячого дуття в  $^{\circ}\text{C}$ ; «44» представляє температуру на вході у вентилятор; і «45» представляє температуру на виході вентилятора. На Фіг. 5 рекуперація тепла не застосовується, що типово для традиційної установки, такої як на Фіг. 1, і можна бачити, що температури швидко зростають до рівня, не далекого від рівня температури гарячого дуття. На Фіг. 6 має місце рекуперація відхідного тепла, так як описано відносно Фігур 2, 3 і 4, і після обмеженого підйому температури стабілізуються на одному рівні таким чином, що холодне дуття відбувається по суті при постійній температурі, істотно нижчій, ніж потрібно для гарячого дуття.

## ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

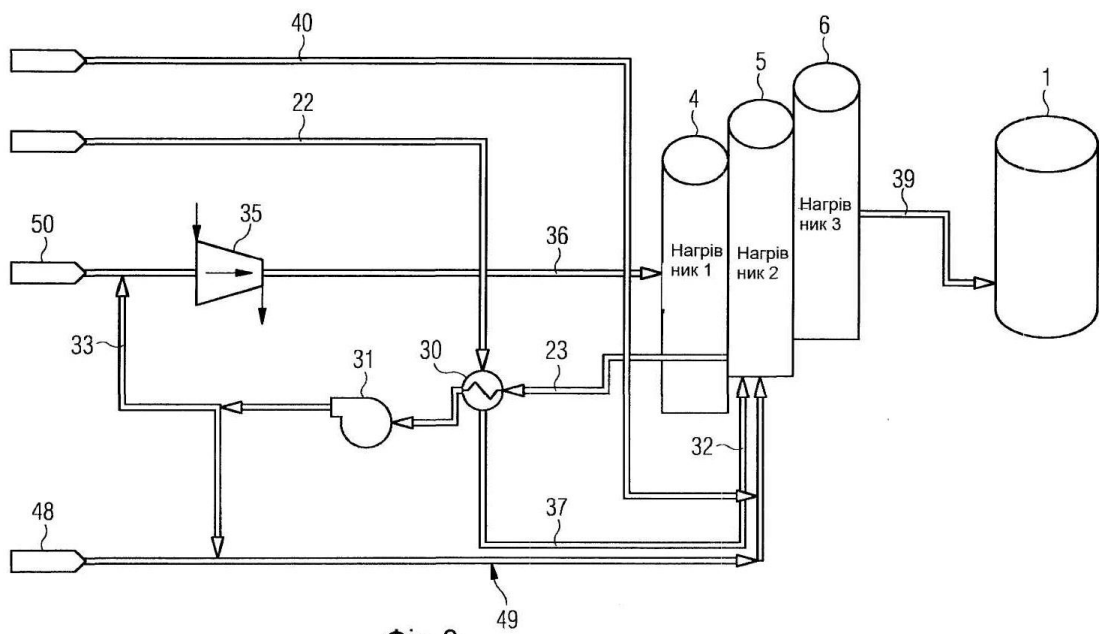
1. Установка для подачі дуття у доменну піч, причому установка містить нагрівники дуття, кожен з яких має вхід для холодного дуття, вхід для палива, вхід для повітря, вихід для гарячого дуття
- 5 і один або більшу кількість виходів для відхідного газу; причому установка додатково містить рекуператор відхідного тепла, з'єднаний з входом для подачі палива, з виходами для відхідного газу, з входами для подачі палива до нагрівників та з входами для холодного дуття, причому виходи для відхідного газу нагрівників з'єднані з входами для холодного дуття за допомогою компресора, завдяки чому відхідний газ нагрівника з одного нагрівника здатен подаватися крізь
- 10 рекуператор відхідного тепла і компресор як холодне дуття в інший нагрівник.
2. Установка за п. 1, яка **відрізняється** тим, що між рекуператором відхідного тепла і входом для холодного дуття додатково містить трубопровід для подачі відхідного газу.
3. Установка за п. 1 або п. 2, яка **відрізняється** тим, що між рекуператором відхідного тепла і входом для холодного дуття додатково містить вентилятор для подачі відхідного газу.
- 15 4. Установка за п. 3, яка **відрізняється** тим, що компресор розміщений між вентилятором для подачі відхідного газу і входом для холодного дуття.
5. Установка за будь-яким із попередніх пунктів, яка **відрізняється** тим, що додатково містить регенератор  $\text{CO}_2$  для регенерації  $\text{CO}_2$  з дуття, перш ніж воно потрапить у доменну піч.
6. Установка за будь-яким із пп. 1-4, яка **відрізняється** тим, що додатково містить регенератор
- 20  $\text{CO}$  для регенерації  $\text{CO}$  з дуття перед його надходженням у доменну піч за допомогою перетворення  $\text{CO}_2$ .
7. Установка за п. 5 або п. 6, яка **відрізняється** тим, що регенератор розташований між виходом для гарячого дуття і доменною піччю.
8. Установка за будь-яким з попередніх пунктів, яка **відрізняється** тим, що між доменною піччю
- 25 і рекуператором відхідного тепла додатково містить сполучний трубопровід для передачі рециркульованого колошникового газу у рекуператор відхідного тепла.
9. Установка за будь-яким з попередніх пунктів, яка **відрізняється** тим, що між вентилятором для подачі відхідного газу і входами для подачі повітря до нагрівників додатково містить засіб для подачі кисню.
- 30 10. Спосіб подачі дуття у доменну піч, у якому виводять відхідний газ з першого нагрівника дуття; охолоджують відхідний газ у рекуператорі відхідного тепла; стискають охолоджений газ; подають охолоджений стиснений відхідний газ у другий нагрівник дуття як холодне дуття; нагрівають холодне дуття у другому нагрівнику і подають нагріте дуття як гаряче дуття у доменну піч.
- 35 11. Спосіб за п. 10, який **відрізняється** тим, що у ньому додатково подають очищений колошниковий газ з доменної печі у рекуператор тепла для нагрівання очищеного колошникового газу у рекуператорі відхідного тепла теплом від охолодження відхідного газу нагрівника; і подають нагрітий очищений колошниковий газ у нагрівник як паливо.
- 40 12. Спосіб за п. 10 або п. 11, який **відрізняється** тим, що у ньому додатково розділяють охолоджений відхідний газ на два потоки; подають кисень у перший потік, і подають насичений киснем потік до входу для подачі повітря першого нагрівника як джерело повітря; і стискають другий потік та подають другий потік у другий нагрівник як холодне дуття.
13. Спосіб за п. 10, який **відрізняється** тим, що у ньому додатково регенерують  $\text{CO}_2$  з дуття перед тим, як воно надійде у доменну піч.
- 45 14. Спосіб за п. 10, який **відрізняється** тим, що у ньому додатково регенерують  $\text{CO}$  перетворенням  $\text{CO}_2$  з дуття перед тим, як воно надійде у доменну піч.



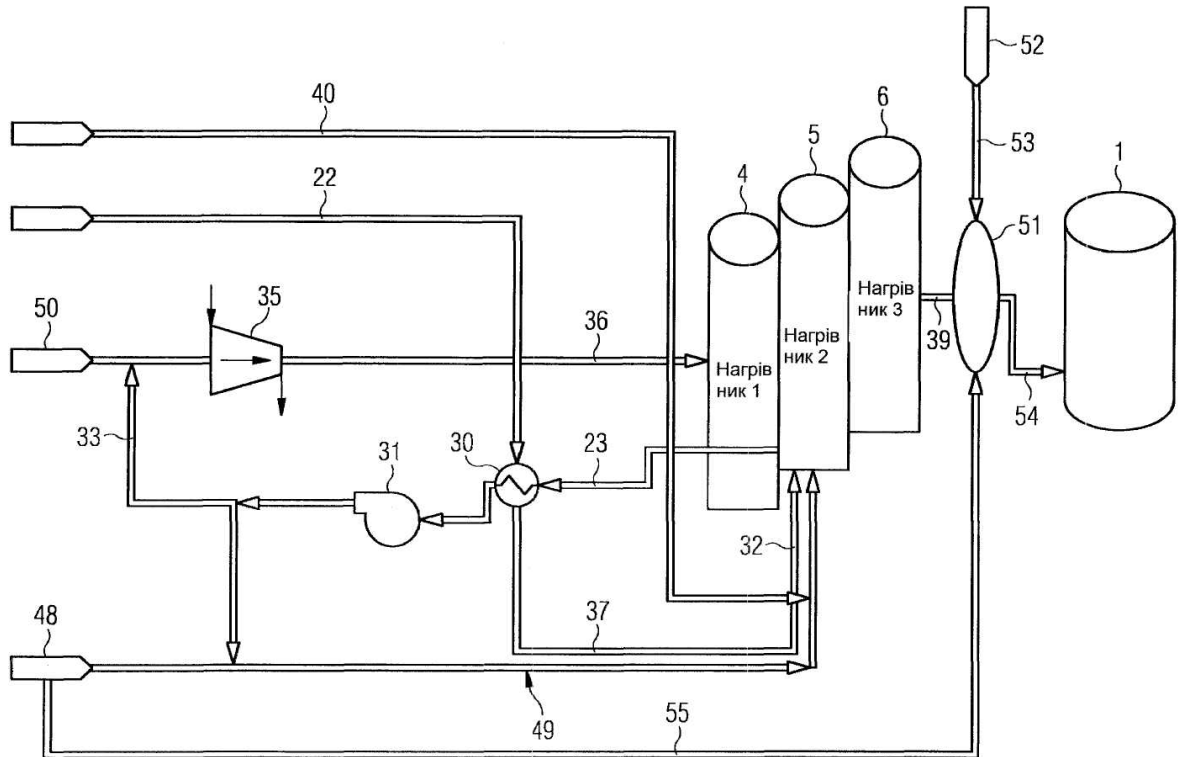
Фиг. 1



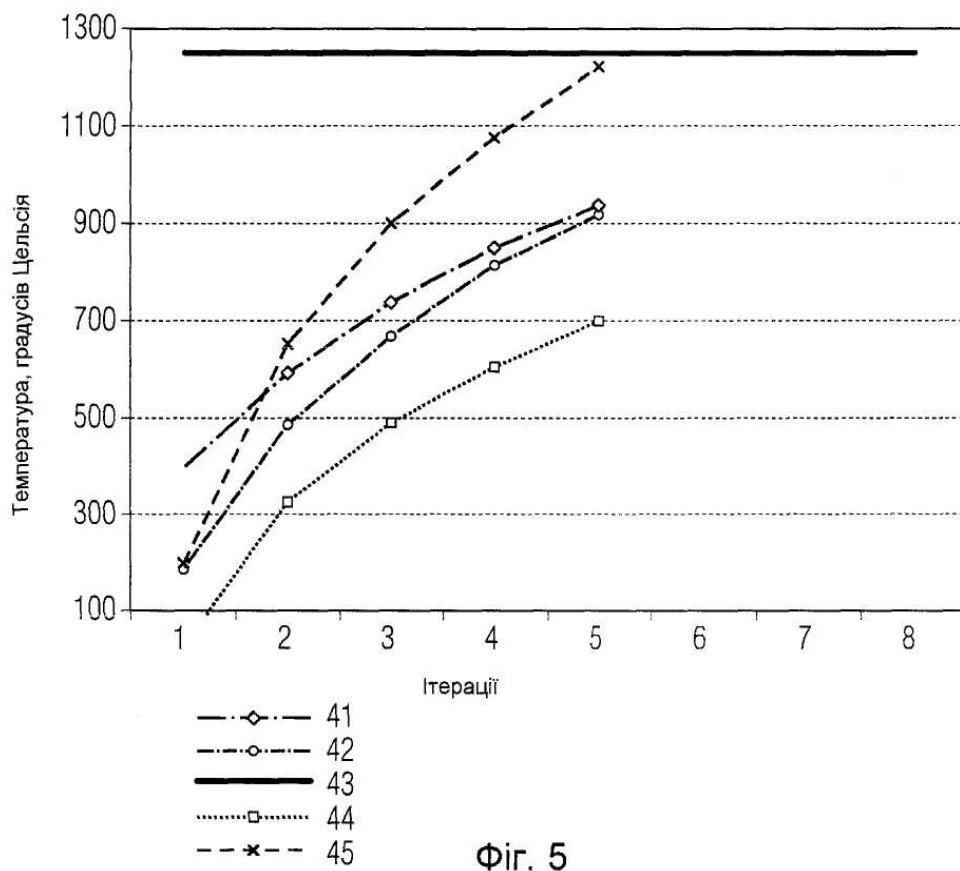
Фиг. 2



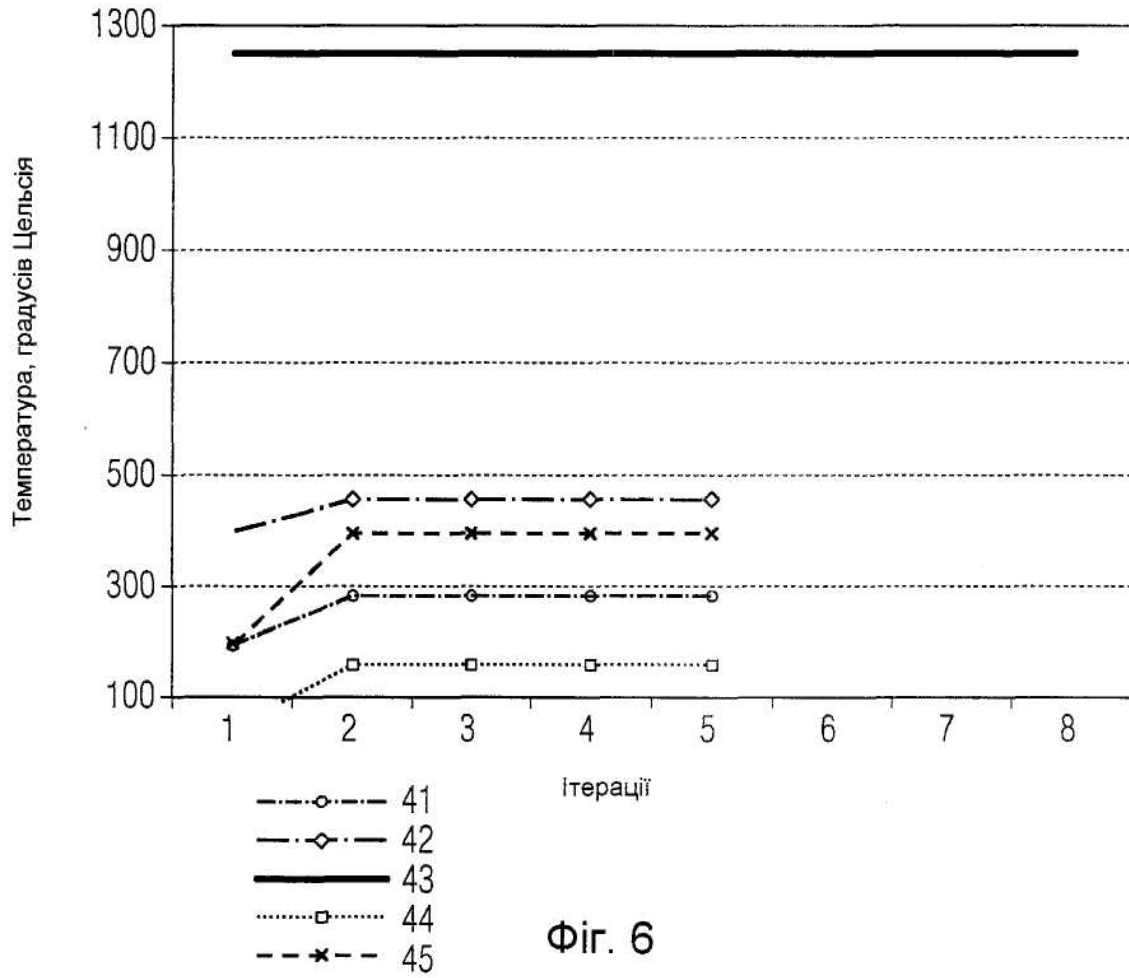
Фиг. 3



Фіг. 4



Фіг. 5



Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601