



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 119496

(13) U

(51) МПК

C21B 5/06 (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2017 03739**

(22) Дата подання заявки: **18.04.2017**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **25.09.2017**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **25.09.2017, Бюл.№ 18**

(72) Винахідник(и):

**Кравченко Володимир Петрович (UA),  
Руських Володимир Петрович (UA),  
Зінченко Юрій Анатолійович (UA),  
Пісмарьов Костянтин Євгенович (UA),  
Курпе Олександр Геннадійович (UA),  
Науменко Олександр Сергійович (UA)**

(73) Власник(и):

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ  
ЗАКЛАД "ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ",  
вул. Університетська, 7, м. Маріуполь,  
Донецька обл., 87500 (UA)**

## (54) СПОСІБ ВДУВАННЯ ЗАЛІЗОРУДНОЇ СИРОВИНИ В ДОМЕННУ ПІЧ

(57) Реферат:

Спосіб вдування залізорудної сировини в доменну піч включає вдування залізорудної сировини і пиловугільного палива ( $\leq 70$  мкм обох компонентів) за допомогою газу-носія роздільними потоками у фурми доменної печі із застосуванням гарячого повітряного дуття ( $1200^\circ\text{C}$ ), збагаченого киснем (25-27 %). Як газ-носії застосовують гарячі відновні гази або очищений від  $\text{CO}_2$  колошниковий газ з температурою  $800-900^\circ\text{C}$ , один з яких вдувають в шахту доменної печі вище за зону когезії.

UA 119496 U



Корисна модель належить до чорної металургії і може бути використана в доменній плавці і в безкоксовій металургії.

Сучасна концепція технології доменного процесу передбачає використання в доменній печі тільки окускованої залізорудної сировини - агломерату, окатишів і трохи фракціонованої кускової руди [1].

Одним з перспективних напрямів диверсифікації технології доменного процесу є вдосконалення доменної плавки шляхом вдування у фурми первородних або техногенних дрібнодисперсних залізовмісних матеріалів.

Такий спосіб був використаний в доменній плавці фірмою Kobe Steel і Інститутом металургії Аахенського технологічного університету (Німеччина) [2], в якому проводили вдування дрібнодисперсної залізорудної (з. р.) сировини, спільно з пиловугільним паливом (ПВП) для з'ясування відновлюваності вдуваної з. р. сировини.

Використовувалася гематитова руда крупністю 48 мкм і ПВП крупністю менше 70 мкм.

Встановлено, що при використанні як газу-носія азоту, ступінь відновлення збільшувався пропорційно збільшенню частки вугілля в суміші, а при використанні в якості газу-носія суміші CO – CO<sub>2</sub> різного складу ступінь відновлення рудних частинок збільшився пропорційно збільшенню частки CO в суміші.

З результатів досліджень [2] виходить, що ступінь відновлення і гранична кількість вдуваної з. р. сировини не високі.

Очевидна необхідність інтенсифікації відновних процесів в горні шляхом збільшення кількості відновних газів в горні, підвищення температури горна і концентрації кисню в дутті. Окрім цього при сумісному вдуванні в суміші (з. р. сировини + ПВП) [2] утруднено зберегти у процесі доменної плавки вибране співвідношення вдуваних компонентів із-за різниці питомих вагів залізовмісної сировини і ПВП.

Вказані недоліки частково усуваються у відомому способі [3] - прототип, в якому застосовують гаряче повітряне дуття (1200 °C), збагачене киснем (25-27 %); з. р. сировина і ПВП з гранулометриєю, визначуваною розміром частинок 70 мкм і менше, подають роздільними потоками через трубки-сопла у фурми доменної печі, а як газ-носії застосовували азот або суміш газів CO - CO<sub>2</sub> в різному співвідношенні, при цьому ступінь відновлення залежав від вмісту в газі-носії відновного газу CO. До того ж при вдуванні з. р. сировини і ПВП поява CO в зоні циркуляції при піролізі частинок ПВП починається з відстані 250-300 мм від торця фурми, тобто спостерігається недолік відновного газу і відновлення в способі [3] відбувається не на всій протяжності зони циркуляції.

Окрім цього в джерелі [3] при вдуванні в горно значних (100 кг/т і більше) кількостей з. р. дрібної сировини для зменшення надходження з шахти в горно не відновленого заліза виводять із структури стовпа шихти частину з. р. матеріалів, рівну кількості вдуваної в горно з. р. дрібної сировини. Але така технологія не ефективна щодо підвищення продуктивності печі і зниження витрати коксу.

У основу корисної моделі поставлено задачу удосконалити спосіб вдування залізорудної сировини в доменну піч, в якому за рахунок зміни умов здійснення вдування забезпечується підвищення ефективності доменної плавки і підвищення продуктивності печі.

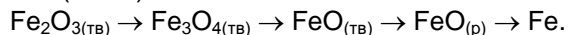
Для вирішення поставленої задачі в способі вдування залізорудної сировини в доменну піч, який включає вдування залізорудної сировини і пиловугільного палива ( $\leq 70$  мкм обох компонентів) за допомогою газу-носія роздільними потоками у фурми доменної печі з використанням гарячого повітряного дуття (1200 °C), збагаченого киснем (25-27 %), відповідно до корисної моделі як газ-носії застосовують гарячі відновні гази (ГВГ) або очищений від CO<sub>2</sub> колошниковий газ (КГ) з температурою 800-900 °C, крім цього кількість відновних газів, що вдувають в шахту доменної печі вище за зону когезії становить 425-450 м<sup>3</sup>/т чавуну, а подачу роздільними потоками у фурми залізорудної сировини і пиловугільного палива проводять дозовано з можливістю регулювання у процесі доменної плавки.

Спосіб вдування залізорудної сировини в доменну піч пояснюється малюнками на Фіг. 1, 2, 3, де на Фіг. 1 показаний механізм протікання реакцій відновлення в зоні циркуляції при вдуванні роздільними потоками залізорудної сировини і пиловугільного палива газом-носієм (ГВГ або КГ), нагрітими до 800-900 °C; на Фіг. 2 показано місце вдування гарячих відновних газів або колошникового газу вище за зону когезії, а також схематично представлена структура стовпа шихти і основні зони в доменній печі при різних способах плавки; на Фіг. 3 показана схема підготовки і вдування залізорудної сировини і пиловугільного палива у фурму доменної печі.

Реакції відновлення в зоні циркуляції (Фіг. 1) при застосуванні гарячих відновних газів або очищеного від CO<sub>2</sub> колошникового газу в якості газу-носія починаються від торця фурми, на відміну від [2] і [3], оскільки в зону циркуляції разом з нагрітим газом-носієм (800-900 °C)

вдуваються нагріті газом-носієм протягом транспорту до 600 °C і більше залізорудна сировина і пиловугільне паливо, крупність яких менше 70 мкм, що сприяє початку реакцій відновлення відразу у фурми, минуючи стадію прогрівання, на відміну від [2] і [3], тобто використовується вся протяжність зони циркуляції, що сприяє збільшенню ступеня відновлення.

У пропонуваному способі механізм протікання реакцій відновлення в зоні циркуляції проходить згідно принципу А.А. Байкова ступінчасто шляхом переходу від вищих оксидів до нижчих (Фіг. 1):



Реакції протікають під дією відновних газів, що утворюються при згоранні частинок ПВП, і відновників, що додатково надходять в якості газу-носія (ГВГ або КГ), що сприяє інтенсифікації процесу відновлення вдуваної з. р. сировини. Відбувається відновлення з. р. сировини до вюстита  $\text{FeO}_{(\text{ТВ})}$ , плавлення  $\text{FeO}_{(\text{Р})}$  і відновлення до Fe вуглицем коксу, що поступає в горно з коксової насадки.

Використання як газу-носія ГВГ або КГ збільшує в горні вміст відновних газів, підвищує температуру горна, зростає ступінь відновлення заліза.

Вдування відновних газів в шахту печі (Фіг. 2) проводять вище за зону когезії - в зону твердофазного відновлення. Зміни структури стовпа шихти і основних зон, що відбуваються, в доменній печі при різних способах плавки на Фіг. 2, де А - звичайна плавка; Б - плавка з вдуванням з. р. сировини, ПВП з газом-носієм ГВГ або КГ і вдування в шахту печі ГВГ або КГ в кількості 425-450 м<sup>3</sup>/т чавуну; В - чавун; Г - шлак; С - зона нерухомого шару коксу (коковий тотерман); Е - зона рухомого шару коксу (рухома коксова насадка); Ж і Ж' - зони когезії; Р - зона твердофазного відновлення; К - шари залізорудних матеріалів в пластичному поляганні в зоні когезії Ж і Ж'; Л - шари кускових залізорудних матеріалів в сухій частині шахти; М - шари коксу в сухій частині шахти; Н - шари коксу в зоні когезії; П - зона циркуляції.

На Фіг. 2 видно, що порівняно із звичайною плавкою А, в пропонуваному способі Б відбуваються зміни в структурі стовпа шихти і в основних зонах доменної печі.

У пропонуваному способі, щоб зменшити надходження в горно не відновленого заліза і не знижувати при цьому рудне навантаження за рахунок виводу як в [2] і [3] із структури стовпа шихти частини з. р. сировини, рівним кількості вдуваної в горно руди, проводять вдування в шахту ГВГ або КГ. Це сприяє збільшенню вмісту в зоні твердофазного відновлення - в зоні Р відновних газів, що у свою чергу сприяє збільшенню ступеня непрямого відновлення оксидів заліза в шахті печі. Це приводить до зменшення надходження в горно не відновлених оксидів заліза, що сприяє збільшенню ступеня відновлення в горні вдуваної з. р. сировини і збільшенню продуктивності доменної печі на величину заліза, що міститься, у вдуваній з. р. сировині, наприклад, при вдуванні 100-200 кг/т чавуну з. р. сировини з вмістом в нім заліза ~70 % зростання продуктивності печі складе 70-140 кг/т чавуну.

На відміну від зони когезії Ж' при звичайній плавці, що має W-подібну форму, в пропонуваному способі в умовах поліпшення газопроникності за рахунок підвищення зони когезії Ж набуває V-подібну форму, яка забезпечує максимальну газопроникність в цій зоні. Малий інтервал температур розм'якшення залізорудних матеріалів в даному випадку скорочує довжину "кокових вікон" Н, що також сприяє підвищенню газопроникності зони когезії Ж на відміну від зони когезії Ж' при звичайній плавці А (Фіг. 2).

Перевагою V-подібної форми зони когезії на відміну від W-подібної при звичайній плавці є віддаленість стінок доменної печі від високотемпературних газових потоків, що скорочує втрати тепла з охолоджуваною водою і знижує витрату коксу.

Підготовка і вдування з. р. сировини і ПВП у фурми доменної печі пояснюється малюнком (Фіг. 3), на який I - блок-схема підготовки залізорудної сировини, II - блок-схема вуглепідготовки (використовують підготовку пиловугільного палива - ПВП, що існує на металургійних заводах).

У блок-схемі I встановлені: 1 - бункер початкової з. р. сировини ( $\leq 70$  мкм); 2 - сушка з. р. сировини; 3 - бункер сухої з. р. сировини з дозатором 4. У блок-схемі II встановлені: 5 - бункер вугілля; 6 - сушка вугілля; 7 - бункер сухого вугілля; 8 - млин; 9 - бункер сухого подрібненого вугілля (ПВП) з дозатором 10; 11 і 12 - циклони очищення колошникового газу (КГ) від пилу. Окрім блок-схем I і II встановлені 13 - очищення КГ від  $\text{CO}_2$ ; 14 - нагрівання КГ (800-900 °C); 15 - фурма (фурмений пояс); 16 - перемикач потоку використовуваного газу-носія; 17, 18 - дросельні клапани на лінії вдування газом-носієм з. р. сировини і ПВП з витратами газу-носія 20 і 21 відповідно; 19 - газодувка.

Спосіб, що пояснюється малюнками (Фіг. 1, 2, 3), здійснюється таким чином. У блок-схемі I (Фіг. 3) початкова з. р. сировина ( $\leq 70$  мкм) з бункера 1 поступає в бункер 2, в якому проводять сушку КГ (колошниковими газами), що відходять з доменної печі, з температурою близько

300 °C і більше. Висушену залізорудну сировину (вологість ~2 %) подають в бункер 3 сухої залізорудної сировини.

У блок-схемі II проводять вуглепідготовку в наступному порядку. Початкове вугілля з бункера 5 передають на сушку колошниковим газом в бункер 6, з якого сухе вугілля (вологість 2-3 %) перевантажують в бункер 7, з якого через млин 8 подрібнене вугілля (<0,1 мм) поступає в бункер 9 сухого подрібненого вугілля. Пилові продукти очищення КГ з циклонів 11 і 12 подають також в бункер 9. Через дозатори 4 і 10 проводять дозування з. р. сировини і ПВП в певному співвідношенні (наприклад, 1:1) для роздільної подачі у фурми 15 кожного, компоненту газом-носієм (ГВГ або КГ). Колошниковий газ після циклону 12 поступає в пристрій 13 для очищення від CO<sub>2</sub> і може бути використаний як для загальнозаводських потреб, так і для вдування в горно як газ-носіє і шахту доменної печі, пройшовши заздалегідь процес підігріву 14 до температури 800-900 °C. Так як у якості газу-носія можуть бути використані відновні гази для переходу на певний вид газу-носія ГВГ або КГ служить перемикач 16. Дросельні клапани 17 і 18, встановлені на лініях подачі в горно через фурму 15 з. р. сировини і ПВП, регулюють витрату кожного вдуваного компоненту, який контролюється витратомірами газу-носія 20 і 21 відповідно. Виходячи з різниці насипних вагів: з. р. сировини (4,0 г/см<sup>3</sup>) і ПВП (1,7 г/см<sup>3</sup>), тобто в 2,35 разу рудна дрібна сировина важча за ПВП, при вдуванні в горно з. р. сировини і ПВП в співвідношенні, наприклад, 1:1 витрата газу-носія на витратомірі 20 повинна перевищувати в 2,35 разу свідчення витратоміру газу-носія 21. Гаряче повітряне дуття (ГПД), як при звичайній плавці (Фіг. 2 А, Б), збагачене киснем (25-27 %) з температурою 1200 °C подають газодувкою 19 у фурми 15, куди також газом-носієм (ГВГ або КГ) через трубки-сопла (Фіг. 1-3) вдувають з. р. сировину і ПВП (наприклад, по 100-200 кг/т чавуну) роздільно з причини різниці насипних вагів цих компонентів. Гази-носії (ГВГ або КГ) використовують з температурою 800-900 °C, щоб виключити при вищих температурах газу-носія початок реакцій відновлення в соплах і фурмах і зберегти їх чистими.

ГВГ отримують шляхом газифікації вугілля, а КГ використовують очищене від CO<sub>2</sub>. У шахту доменної печі вдувають ГВГ або КГ в зону твердофазного відновлення (наприклад, для доменної печі об'ємом 2000 м<sup>3</sup> вище верхнього рівня розпару на  $h \geq 2$  м, див. Фіг. 2, 3) в кількості 425-450 м<sup>3</sup>/т чавуну з температурою 800-900 °C, щоб при вдуванні з вищою температурою запобігти плавленню шихти в сухій зоні шахти доменної печі.

У пропонованому способі очевидна промотируюча дія вдуваних у фурми з. р. сировини і ПВП. Присутність з. р. сировини підвищує повноту згорання вдуваного ПВП і температуру газу у фурменій зоні, а вдуване вугілля сприяє прискоренню відновлення частинок, яке підсилюють відновні гази, що поступають в зону циркуляції в якості газу-носія і зменшення надходження в горно не відновленого заліза в результаті вдування ГВГ або КГ в шахту. В результаті інтенсифікуються процеси відновлення в горні і поліпшується газова динаміка в печі. Пропонований спосіб розширює функціональні можливості доменної печі, підвищує продуктивність, ступінь відновлення заліза і дозволяє понизити витрату коксу.

Джерела інформації:

1. Е.Ф. Берман [і ін.] / Металургія чавуну. М.: ИКЦ "Академкнига". - 2004. - 776 с.
2. Nozawa Kentarou, Shibata Mazakata, Gudenau Heinrich Wilhelm. Raceway Smelting Reduction Process with Fine iron ore injection from Blast Furnace Tuyeres // CAMP-isij. 993. v. 79. № 10. P. 23-28.
3. Chisato jamagata. Actual test resultis on simultaneous injection of pulverized coal and fine oreinjection into tuyere at Wakayama № 3BF (Development of ultra combined blasting for blast furnace - 3Y // CAMP-isij. 1991, v. 4. № 4. P. 144.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб вдування залізорудної сировини в доменну піч, що включає вдування залізорудної сировини і пиловугільного палива ( $\leq 70$  мкм обох компонентів) за допомогою газу-носія роздільними потоками у фурми доменної печі із застосуванням гарячого повітряного дуття (1200 °C), збагаченого киснем (25-27 %), який **відрізняється** тим, що як газ-носіє застосовують гарячі відновні гази або очищений від CO<sub>2</sub> колошниковий газ з температурою 800-900 °C, один з яких вдувають в шахту доменної печі вище за зону когезії.
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що кількість відновних газів, що вдувають в шахту доменної печі вище за зону когезії, становить 425-450 м<sup>3</sup>/т чавуну.
3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що подачу роздільними потоками у фурми залізорудної сировини і пиловугільного палива проводять дозовано з можливістю регулювання у процесі доменної плавки.

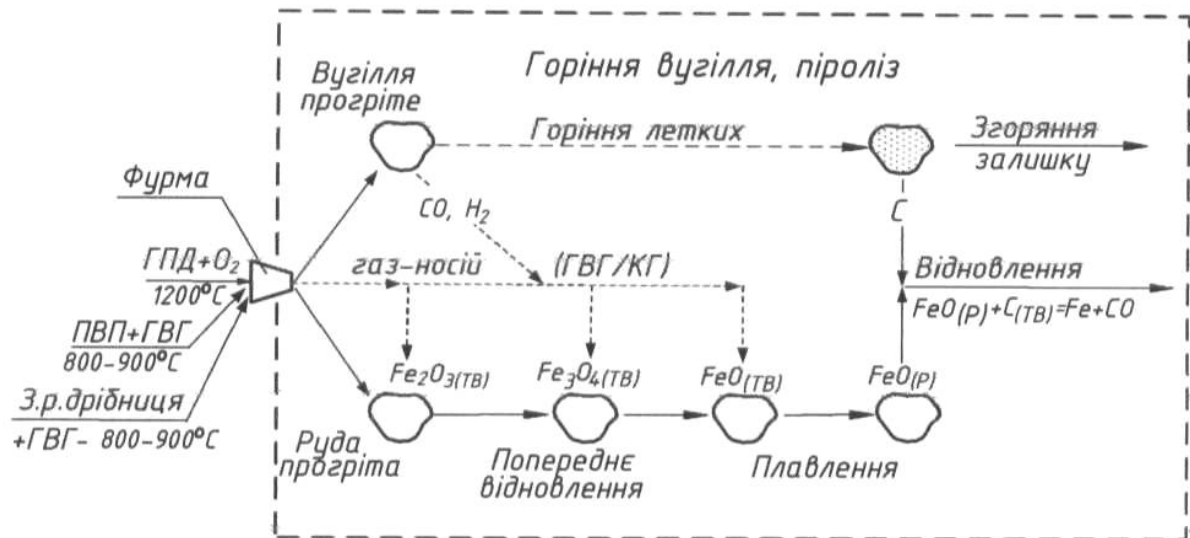


Fig. 1

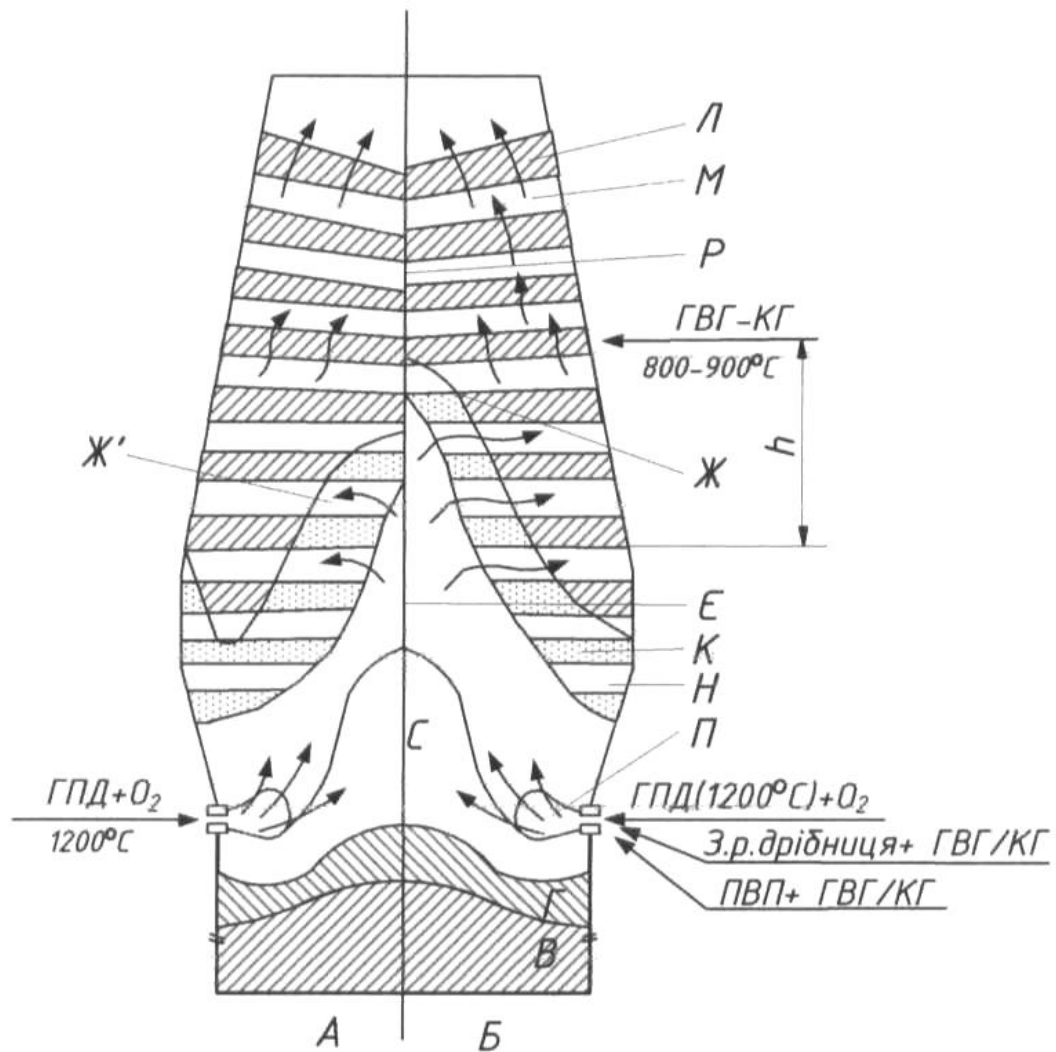
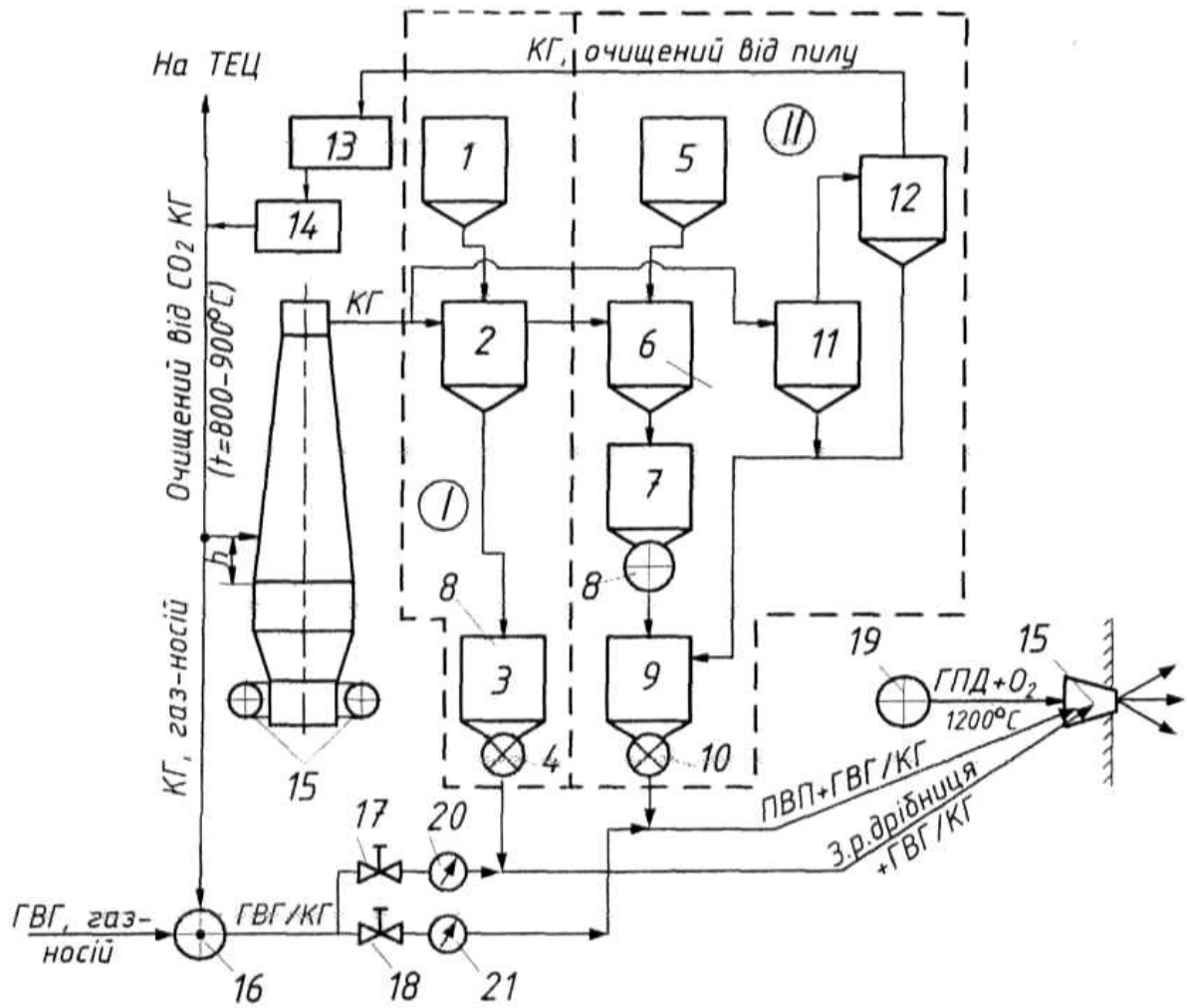


Fig. 2



Фиг. 3

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