



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 90735

(13) C2

(51) МПК (2009)

C21B 11/00

C21B 13/00

C21B 13/14

F27B 17/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВОГО РОЗПЛАВУ ТА УСТАНОВКА ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

2

(21) а200803171

(22) 12.03.2008

(24) 25.05.2010

(46) 25.05.2010, Бюл.№ 10, 2010 р.

(72) НЕКЛЕСА АНАТОЛІЙ ТИМОФІЙОВИЧ

(73) НЕКЛЕСА АНАТОЛІЙ ТИМОФІЙОВИЧ

(56) SU, 1 740 425, A1, 15.06.1992

Заявка UA, а200701437, A, 25.09.2007

UA, 81 867, C2, 11.02.2008

RU, 2 135 598, C1, 27.08.1999

RU, 2 299 245, C2, 10.02.2006

SE, 430 172, B, 24.10.1983

WO, 96/34987, A1, 07.11.1996

US, 4 996 694, A, 26.02.1991

JP, 2003-227603, A, 15.08.2003

(57) 1. Спосіб одержання залізовуглецевого розплаву із залізовмісного матеріалу, що включає завантаження залізовмісного й вуглецевмісного матеріалу в плавильну зону плавильного пристрою через окремі живильники, що входять у верхню зону плавильного пристрою, подавання в неї кисневмісного газу, плавлення й відновлення вказаного матеріалу в плавильному пристрої, подавання утвореного в процесі плавлення матеріалу відновлювального газу в камеру попереднього підігрівання й у камеру прямого відновлення залізовмісного матеріалу, подавання попередньо підігрітого залізовмісного матеріалу в плавильну зону плавильного пристрою в гарячому стані, який **відрізняється** тим, що як плавильний пристрій використовують плавильну піч, продувають вказаний матеріал у плавильній зоні цієї печі через форсунки киснем, кисневмісним і природним газом, нагрітими у трубчастому теплообміннику і плазмотронах кисневмісним і/або природним газом, зменшують швидкість потоку газу, що утворюють в плавильній зоні, не менше ніж в 1,5 рази шляхом його подавання в розширювальну камеру плавильної печі, у якій плазмовим струменем здійснюють допалювання часток вуглецевмісного матеріалу й додаткове нагрівання часток залізовмісного матеріалу в потоці газу на стінках і похилому поді розширювальної камери, відводять газ через бічні

отвори роздільної вогнетривкої перегородки в колектор для збору часток, при цьому визначають склад і температуру газу, що надходить в колектор, і корегують їх величину в колекторі шляхом подавання через форсунки природного газу, повітря або води, одержаний відновлювальний газ із температурою $T \sim 1000^\circ \text{C}$ через центральний трубопровід колектора направляють у верхню частину камери прямого відновлення залізовмісного матеріалу, відновлюють завантажений об'єм вихідного залізовмісного матеріалу, відновлювальний газ, що прореагував, пропускають через щілини вогнетривкої стінки в нижній частині камери прямого відновлення в камеру змішування, змішують його з повітрям і по газоходах відводять у камеру запалення, одержану газову суміш запалюють, продукти згоряння пропускають через щілини стінки камери попереднього підігрівання знизу нагору через шар залізовмісного матеріалу і через розташовані у верхній частині камери попереднього підігрівання вихідні газоходи, направляють у трубчастий теплообмінник для нагрівання кисню, кисневмісного газу або природного газу, що подають в плавильну зону печі, охолоджений у теплообміннику газовий потік направляють на газоочищення, при цьому залізовуглецевий розплав, що утворився в нижній частині плавильної печі, безупинно відводять через донний канал у накопичувач, а температуру залізовуглецевого розплаву в накопичувачі підтримують плазмовим струменем з масовим співвідношенням витрати кисню в кисневмісному газі та витрати природного газу 0,9-2,5, при цьому випускання залізовуглецевого розплаву й шлаку здійснюють через роздільні льотки.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що об'єми залізовмісного матеріалу, що завантажують в плавильну піч і в камеру прямого відновлення, задають з урахуванням рівності часу плавлення й часу відновлення цього матеріалу до заданого ступеня металізації.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що матеріал у плавильній зоні печі додатково продувають через насадки плазмотронів вуглеводневміс-

(13) C2

(11) 90735

(19) UA

ним газоподібним матеріалом, струмінь якого перетинається зі струменем кисневмісного і/або природного газу, нагрітого в плазмотроні.

4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що відновлений вихідний матеріал вивантажують із камери прямого відновлення в спеціальні контейнери.

5. Установка для одержання залізовуглецевого розплаву, що містить плавильний пристрій з вузлами введення й випускання матеріалу та продуктів плавлення, засіб введення кисневмісного газу в плавильний пристрій, камеру попереднього підігрівання й камеру прямого відновлення вихідного матеріалу, які з'єднані з плавильним пристроєм трубопроводом відхідного відновлювального газу, яка **відрізняється** тим, що плавильний пристрій виконаний у вигляді плавильної печі, плавильна зона якої має прямокутний горизонтальний переріз, у стінці печі, напроти вузла випускання шлаку, виконаний отвір для безперервного відведення залізовуглецевого розплаву з нижньої частини плавильної печі по донному каналу в накопичувач, у склепінні якого встановлений плазмотрон непрямої дії й виконаний люк, а в нижній частині - лютка для випускання залізовуглецевого розплаву, при цьому в стінці печі, напроти отвору для безперервного відведення залізовуглецевого розплаву, під кутом до поду печі встановлений плазмотрон, а в суміжних стінках печі опозитно один одному, в одній горизонтальній площині, під кутом до поду печі, встановлені плазмотрони для нагрівання кисневмісного і/або природного газу й форсунки для подавання кисню, кисневмісного і природного газу, при цьому плавильна зона печі через проріз, виконаний по всій ширині печі в бічній стінці, протилежній вузлу випускання шлаку, пов'язана з розширювальною камерою печі, що складається з похилого поду й вертикальних вогнетривких стінок, у торці якої із внутрішньої сторони печі встановлена роздільна вогнетривка перегородка з бічними отворами на рівні кришки печі з утворенням порожнини колектора для збирання часток, який з'єднано через центральний отвір, виконаний у зовнішній стінці на рівні кришки печі, трубопроводом відхідного відновлювального газу з верхньою

частиною камери прямого відновлення вихідного матеріалу, що має загальну стінку з камерою попереднього підігрівання вихідного матеріалу, нижче яких, відповідно, розміщена камера змішування й камера запалення, що мають загальну стінку, причому нижні частини стінок камери прямого відновлення й камери попереднього підігрівання вихідного матеріалу, розташовані напроти вузла випускання матеріалу, виконані похилими із прямокутними щілинами, за допомогою яких порожнина камери прямого відновлення з'єднана з камерою змішування, обладнаною засобами подавання повітря, а камера попереднього підігрівання - з камерою запалення, обладнаною засобами подавання повітря, а камера попереднього підігрівання - з камерою запалення, обладнаною засобом для запалення газової суміші, що надходить із камери її змішування через газоходи, які утворені вогнетривким матеріалом у загальній стінці, при цьому камера попереднього підігрівання вихідного матеріалу у верхній частині через вихідні газоходи з'єднана із системою газоочищення, причому у вихідних газоходах установлені трубчасті теплообмінники, вхідні патрубки яких з'єднані із джерелами кисню, кисневмісного і природного газу, а вихідні патрубки за допомогою трубопроводу з'єднані з форсунками, установленими в плавильній зоні печі, при цьому в кришці печі вузол введення вихідного матеріалу розташований з боку вузла випускання шлаків, плазмотрон непрямої дії для нагрівання часток залізовмісного матеріалу в поточці газу, стінок і похилого поду встановлений у розширювальній камері печі, а форсунки подавання природного газу, повітря або води розміщені в колекторі для збирання часток.

6. Установка за п. 5, яка **відрізняється** тим, що у камерах прямого відновлення й попереднього підігрівання вихідного матеріалу перед прямокутними щілинами для проходу газу виконані розширювальні камери, заповнювані вихідним матеріалом до нижньої кромки щілин.

7. Установка за п. 5, яка **відрізняється** тим, що в суміжних стінках печі опозитно встановлені плазмотрони, додатково оснащені насадками для подавання вуглеводневмісного матеріалу.

Взаємозалежна група винаходів відноситься до металургії, зокрема до способу прямого одержання залізовуглецевих сплавів за допомогою плазмової технології, а також до установки для здійснення способу.

Відомий спосіб виробництва розплавленого чавуну, що включає операції виробництва суміші, що містить залізо, шляхом сушіння й змішування залізовмісної руди й добавок, пропускання суміші, що містить залізо, через один або більш послідовно з'єднаних псевдозріджених шарів для відновлення й прожарювання суміші з перетворенням її у відновлений матеріал, формування ущільненого шару вугілля, що є джерелом тепла, для плавлення відновленого матеріалу, завантаження відновленого матеріалу на ущільнений шар вугілля й

подачі кисню до ущільненого шару вугілля для виробництва заліза, і подачі відновлювального газу, вихідного з ущільненого шару вугілля, у псевдозріджений шар, причому на операції перетворення суміші у відновлений матеріал безпосередньо подають і спалюють кисень у тій області, у якій відновлювальний газ подають у псевдозріджений шар, при цьому операція перетворення суміші, що містить залізо, у відновлений матеріал, включає стадії (а) попереднього нагрівання суміші, що містить залізо, у першому псевдозрідженому шарі, (б) проведення попереднього відновлення попередньо нагрітої суміші, що містить залізо, у другому псевдозрідженому шарі, і (в) проведення остаточного відновлення залізовмісної суміші, підданої попередньому відновленню, тим самим здійснюють

чи перетворення у відновлений матеріал, причому кисень безпосередньо подають і спалюють на стадіях (а) і (б) (Патент Росії №2299245, кл. C21B13/14, опубл. 20.05.2007, бюл. №14).

До недоліків відомого способу можна віднести поділ у часі й у просторі операцій попереднього нагрівання, попереднього відновлення й остаточного відновлення залізовмісної суміші, неефективне використання газу, що відходить із плавильної зони, необхідність проведення процесу його очищення перед подачею в шар відновлюваного матеріалу.

Найбільш близьким по технічній сутності й результату, що досягається (прототип), прийнятий спосіб одержання розплавленого чушкового чавуну або напівпродукту сталі з тонкоподрібненої залізовмісної сировини, зокрема відновленого губчастого заліза, у плавильно-газифікаційній зоні плавильно-газифікаційного апарату, у якому при подачі залізовмісної сировини, вуглецевмісної сировини й кисневмісного газу за допомогою першого трубопроводу, що подає, з одночасним утворенням відновлювального газу, що виводиться через відвідний трубопровід відновлювального газу, у шарі, утвореному твердими носіями вуглецю, залізовмісна сировина при проходженні через цей шар плавиться можливо після попереднього повного відновлення, відповідно до винаходу, відновлювальний газ, що утворився в плавильно-газифікаційній зоні, подають у зону попереднього підігріву й/або зону прямого відновлення для попередньої обробки залізовмісної сировини, попередньо підігріту й/або відновлену залізовмісну сировину подають у високотемпературну зону згоряння й/або газифікації в гарячому стані, при цьому відновлювальний газ подають у зону попереднього підігріву й/або зону прямого відновлення в неочищеному стані (Патент Росії №2135598, кл. C21B11/00, опубл. 28.08.1999).

Необхідність поділу залізовмісного матеріалу на грубозернисту й дрібнозернисту фракції для його роздільної подачі в плавильну піч збільшує матеріальні витрати й знижує ККД процесу.

На практиці складно забезпечити при завантаженні швидкість падіння часток грубозернистої фракції залізовмісного матеріалу, що залежить від багатьох факторів протікання процесу, трохи вище швидкості їхнього переміщення в зоні заспокоєння й, відповідно, запобігти їх втраті й віднесення з відхідним газом. Використання відновлювального газу, що не пройшов стадію очищення від пилу, для попереднього підігріву й/або прямого відновлення залізовмісної сировини, негативно впливає на якість кінцевого продукту.

Крім того, неефективне використання частини відхідного газу на охолодження іншої маси газу для забезпечення процесів попереднього підігріву й/або прямого відновлення, зменшує продуктивність процесу в цілому.

Відома установка для виробництва розплавленого чавуну, що включає один або більше реакторів із псевдозрідженим шаром, у яких відновлюють і прожарюють залізну руду й добавки, які сушать і змішують для перетворення у відновлений матеріал, плавильну піч-газифікатор для за-

вантаження відновленого матеріалу й прийому кисню, що подають для виробництва заліза, і лінію подачі відновлювального газу, для подачі відновлювального газу, вихідного із плавильної печі-газифікатора, у реактори із псевдозрідженим шаром, причому кожний з реакторів із псевдозрідженим шаром включає в своїй нижній частині пластину, що розсіює його через яку проходить відновлювальний газ і кисневий пальник, установлений на зовнішній стінці реактора із псевдозрідженим шаром в області вище пластини, що розсіює, при цьому кожний реактор із псевдозрідженим шаром включає піч попереднього нагрівання для попереднього нагрівання суміші, що містить залізо, піч попереднього відновлення, з'єднану з піччю попереднього нагрівання суміші, що містить залізо, і піч остаточного відновлення, з'єднану з піччю попереднього відновлення й виробляючи остаточне відновлення суміші, що містить залізо й підданий попередньому відновленню, здійснюючи, таким чином, перетворення у відновлений матеріал, причому кисневий пальник входить до складу, як печі попереднього нагрівання, так і печі попереднього відновлення (Патент Росії №2299245, кл. C21B13/14, опубл. 20.05.2007, бюл. №14).

У даній установці передбачене застосування пристроїв пилоочищення, що збільшує капітальні витрати на їхнє спорудження й обслуговування в процесі експлуатації.

Найбільш близькою по технічній сутності й результату, що досягається (прототип), прийнята установка для одержання розплавленого чушкового чавуну або напівпродукту сталі, що включає плавильно-газифікаційний апарат із підвідним й відвідним трубопроводами для додавання вуглецевмісної сировини й залізовмісної сировини, для відводу вироблюваного відновлювального газу й для подачі кисневмісного газу, а також включає, крім того, відвід для шлаку і розплаву, нижню секцію плавильно-газифікаційного апарату, призначену для збору розплавленого чушкового чавуну й/або сталевго напівфабрикату й рідкого шлаку, розташовану вище центральну секцію, призначену для утворення шару твердих носіїв вуглецю, і, на решті, верхню секцію, призначену для створення області заспокоєння, відповідно до винаходу, плавильно-газифікаційний апарат поблизу отвору відвідного трубопроводу відновлювального газу містить пальник для подачі тонкоподрібненого вугілля й/або інших вуглецевмісних речовин, включаючи летучі речовини, відвідний трубопровід відновлювального газу оснащений виділювальним пристроєм для відділення тонкоподрібненого коксу, що відводиться разом з відновлювальним газом, при цьому відвідний трубопровід відновлювального газу виходить із області заспокоєння плавильно-газифікаційного апарату й входить у пристрій для попереднього підігріву й/або прямого відновлення тонкоподрібненої залізовмісної сировини або відвідний трубопровід відновлювального газу входить безпосередньо в пристрій для попереднього підігріву й/або прямого відновлення, тобто без проміжного включення пилоочищувального

пристрою (Патент Росії №2135598, кл. C21B11/00, опубл. 28.08.1999).

Таке конструктивне виконання відомої установки не забезпечує високу якість одержуваного продукту з причини присутності у відхідному газі шкідливих домішок. Втрати заліза й вуглецю в результаті пилвинесення з відхідними газами знижують ефективність протікання фізико-хімічних і масообмінних реакцій у ванні розплаву. Видалення можливих налипань і відкладень вихідного матеріалу на стінках заспокійливої зони плавильного апарату порушує безперервність і знижує продуктивність процесу.

В основу першого із групи винаходів поставлене завдання вдосконалення способу одержання залізовуглецевого розплаву, у якому на потік газу, що відходить із плавильної зони печі, впливають плазмовим струменем і за рахунок цього поліпшується ефективність подальшого використання відновлювального газу в процесах відновлення й попереднього нагрівання залізовмісного матеріалу, що приводить до зниження загальних енергетичних витрат і мінімальному впливу на навколишнє середовище.

В основу другого із групи винаходу поставлене завдання вдосконалення установки для одержання металу й відновлення вихідного матеріалу, у якій за рахунок компонування конструкції установки, що включає плавильну піч із верхньою частиною, що розширюється, обладнану плазмотроном для нагрівання її об'єму й колектором для збирання пилу, камери прямого відновлення й попереднього підігрівання залізовмісного матеріалу, трубчастий теплообмінник для нагрівання відхідним із камери попереднього підігріву газом кисню, кисневмісного і природного газу, що подаються у форсунки плавильної печі, забезпечуються високий вихід якісних продуктів і високий енергетичний ККД із низькими капітальними витратами й мінімальними викидами шкідливих газів.

Перше поставлене завдання вирішується тим, що в способі одержання залізовуглецевого розплаву із залізовмісної сировини, що включає завантаження залізовмісного й вуглецевмісного матеріалу в плавильну зону плавильного пристрою через окремі живильники, що входять у верхню зону плавильного пристрою, подавання кисневмісного газу, плавлення й відновлення матеріалу в плавильному пристрої, подавання утвореного в процесі плавлення матеріалу відновлювального газу в камеру попереднього підігрівання й у камеру прямого відновлення залізовмісної сировини, подавання попередньо підігрітого залізовмісного матеріалу в плавильну зону плавильного пристрою в гарячому стані, згідно винаходу, як плавильний пристрій використовують плавильну піч, продувають матеріал у плавильній зоні печі через форсунки киснем, кисневмісним і природним газом, нагрітими в трубчастому теплообміннику, і нагрітим у плазмотронах кисневмісним і/або природним газом, зменшують швидкість потоку газу, що утворюється в плавильній зоні, не менш чим в 1,5 рази шляхом його подавання в розширювальну камеру плавильної печі, у якій плазмовим струменем здійснюють допалювання часток вуглецевмісного ма-

теріалу й додаткове нагрівання часток залізовмісного матеріалу в потоці газу на стінках і похилому поді розширювальної камери, відводять газ через бічні отвори роздільної вогнетривкої перегородки в колектор для збору часток, при цьому визначають склад і температуру газу, що надходить в колектор, і коректують їхню величину в колекторі шляхом подавання через форсунки природного газу, повітря або води, отриманий відновлювальний газ із температурою $T \sim 1000^\circ\text{C}$ через центральний трубопровід колектора направляють у верхню частину камери прямого відновлення залізовмісного матеріалу, відновлюють завантажений об'єм вихідного залізовмісного матеріалу, прореагувавши відновлювальний газ пропускають через щілини вогнетривкої стінки в нижній частині камери прямого відновлення в камеру змішання, змішують із повітрям і по газоходах відводять у камеру запалення, отриману газову суміш запалюють, продукти згорання пропускають через щілини стінки камери попереднього підігріву знизу нагору скрізь шар залізовмісного матеріалу і через розташовані у верхній частині камери попереднього підігріву вихідні газоходи, направляють у трубчастий теплообмінник для нагрівання кисню, кисневмісного газу і природного газу, що подаються в плавильну зону печі, охолоджений у теплообміннику газовий потік направляють на газоочищення, при цьому залізовуглецевий розплав, що утворився в нижній частині плавильної печі, безупинно відводять через донний канал у копильник, а температуру залізовуглецевого розплаву в копильнику підтримують плазмовим струменем з масовим співвідношенням витрати кисню в кисневмісному газі до витрати природного газу 0,9-2,5, при цьому випускання залізовуглецевого розплаву й шлаку здійснюють через роздільні льотки. Об'єми залізовмісного матеріалу, що завантажуються в плавильну піч і в камеру прямого відновлення, задаються з урахуванням рівності часу плавлення й часу відновлення матеріалу до заданого ступеня металізації. Матеріал у плавильній зоні печі додатково продувають через насадки плазмотронів вуглеводневмісним газоподібним матеріалом, струмінь якого перетинається зі струменем кисневмісного і/або природного газу, нагрітого в плазмотроні. Відновлений вихідний матеріал вивантажують із камери прямого відновлення в спеціальні контейнери.

Спосіб одержання залізовуглецевого розплаву здійснюється в плавильній печі з переміщенням матеріалу зверху вниз, у якому сполучені в часі подача залізовмісного й вуглецевмісного матеріалу, окислювально-відновні процеси, випускання отриманого розплаву, утилізація тепла очищеного відновлювального газу в процесах металізації й попереднього підігрівання вихідного матеріалу й використовуваних газоподібних продуктів, заглушування шкідливих викидів.

При здійсненні способу відповідно до винаходу, що заявляється, завантажений матеріал у плавильній зоні печі нагрівають, розплавляють і відновлюють за допомогою високотемпературних плазмових струменів, використовуючи у якості

плазмоутворюючого газу кисневмісний і/або природний газ.

У процесі плавлення залізовмісного матеріалу утворюються значні об'єми газу, що мають температуру в діапазоні від 1550°C до 1650°C і утримують розплавлений матеріал, який переноситься, і тверді частки у вигляді пилу, швидкість винесення яких із плавильної зони висока в результаті інтенсивності протікання фізико-хімічних реакцій.

Експериментальним шляхом було визначено співвідношення об'єму розширювальної камери до об'єму плавильної зони, що дозволяє досягти зниження швидкості газу у розширювальній камері не менш чим в 1,5 рази.

Тверді частки й краплі розплаву, винесені із плавильної зони потоком газу і осілі на стінках розширювальної зони печі в результаті падіння швидкості потоку газу, піддають впливу плазмового струменя при температурі, вище температури плавлення залізовмісного матеріалу, внаслідок чого осілий матеріал плавиться й по похилій стінці під дією гравітації стікає у ванну розплаву.

Крім того, у порожнині розширювальної камери під дією плазмового струменя згорають частки вуглецевмісного матеріалу й газоподібні продукти, утворені в процесі плавлення завантажених матеріалів і одержання залізовуглецевого розплаву.

Очищений у розширювальній камері газ піддають додатковому пилоочищенню в колекторі для збирання часток перед його подаванням в камеру прямого відновлення.

З метою подальшого використання енергетичного потенціалу газу, очищеного в колекторі, як відновлювального газу у процесі відновлення вихідного залізовмісного матеріалу, шляхом подавання природного газу, повітря або води, коректують його температуру до значень $T \sim 1000^\circ\text{C}$ і склад до значень, які є оптимальними для протікання твердофазного відновлення залізорудного матеріалу.

З метою подальшого використання прореагуваного в процесі відновлення залізорудного матеріалу відновлювального газу, для забезпечення реакції горіння, його змішують із повітрям, отриману газову суміш запалюють і пропускають знизу нагору через шар вихідного залізорудного матеріалу, нагріваючи його перед подаванням в наступному робочому циклі в плавильну піч.

Газ, що відходить із камери попереднього підігріву, використовують як джерело енергії в трубчастих теплообмінниках для нагрівання кисню, кисневмісного і природного газу перед подаванням їх у форсунки, встановлені в плавильній зоні печі. Охолоджений у теплообміннику газ надходить на газоочищення.

Таким чином, досягається максимально ефективно використання потенціалу відновлювального газу на стадії підготовки вихідної сировини перед її подаванням в плавильну піч.

Температуру розплавленого металу в копильнику підтримують плазмовим струменем з масовим співвідношенням витрати кисню в кисневмісному газі до витрати природного газу 0,9-2,5 для забезпечення протікання відновлювальних реакцій.

Режими роботи кожного плазмотрона розраховані на певні взаємозалежні робочі параметри, у тому числі на певний інтервал витрати плазмоутворюючого газу. Зменшення мінімального значення витрати або перевищення максимального значення витрати плазмоутворюючого газу приводить до виникнення небажаних ускладнень, у тому числі до зупинки роботи плазмотрона.

У разі необхідності, з метою інтенсифікації процесу плавлення залізовмісної сировини шляхом збільшення кількості відновника, через насадку плазмотрона подають газоподібний вуглеводневмісний матеріал, струмінь якого перетинається зі струменем нагрітого в плазмотроні кисневмісного і/або природного газу. У якості газоподібного вуглеводневмісного матеріалу може бути використаний природний газ, метан, бутан, пропан та інше.

Об'єми залізовмісного матеріалу, що завантажуються в плавильну піч і в камеру відновлення, задаються з урахуванням рівності часу плавлення й часу відновлення до заданого ступеня металізації, тому що ступінь металізації залежить від кількості, температури й хімічного складу газу, що утворюється в процесі плавлення, які у свою чергу залежать від тривалості процесу плавлення.

Друге поставлене завдання вирішується тим, що установка для одержання залізовуглецевого розплаву, що містить плавильний пристрій з вузлами введення й випускання матеріалу й продуктів плавлення, засіб введення кисневмісного газу, камеру попереднього підігрівання й камеру прямого відновлення вихідного матеріалу, з'єднані із плавильним пристроєм трубопроводом відновлювального газу, згідно винаходу, плавильний пристрій виконаний у вигляді плавильної печі, плавильна зона якої має прямокутний горизонтальний перетин, у стінці печі, напроти вузла випуску шлаку, виконаний отвір для безперервного відведення залізовуглецевого розплаву з нижньої частини плавильної печі по донному каналу в копильник, у склепінні якого встановлений плазмотрон непрямої дії й виконаний люк, а в нижній частині - лютка для випускання залізовуглецевого розплаву, при цьому в стінці печі, напроти отвору для безперервного відведення залізовуглецевого розплаву, під кутом до поду печі встановлений плазмотрон, а в суміжних стінках печі опозитно один одному, в одній горизонтальній площині, під кутом до поду печі, встановлені плазмотрони для нагрівання кисневмісного і/або природного газу й форсунки для подавання кисню, кисневмісного і природного газу, при цьому плавильна зона печі через проріз, виконаний по всій ширині печі в бічній стінці, протилежної вузлу випускання шлаку, пов'язана з розширювальною камерою печі, що складається з похилого поду й вертикальних вогнетривких стінок, у торці якої із внутрішньої сторони печі встановлена роздільна вогнетривка перегородка з бічними отворами на рівні кришки печі з утворенням порожнини колектора для збирання часток, з'єданого через центральний отвір, виконаний у зовнішній стінці на рівні кришки печі, трубопроводом відновлювального газу з верхньою частиною камери прямого відновлення вихідного матеріалу, що має

загальну стінку з камерою попереднього підігрівання вихідного матеріалу, нижче яких відповідно розміщена камера змішання й камера запалення, що мають загальну стінку, причому нижні частини стінок камери прямого відновлення й камери попереднього підігрівання, розташовані напроти вузла випуску матеріалу, виконані похилими із прямокутними щілинами, за допомогою яких порожнина камери прямого відновлення з'єднана з камерою змішання, обладнаною засобами подавання повітря, а камера попереднього підігріву з камерою запалення, обладнаною засобом для запалення газової суміші, що надходить із камери змішання через газоходи, утворені вогнетривким матеріалом у загальній стінці, при цьому камера попереднього підігрівання вихідного матеріалу у верхній частині через вихідні газоходи з'єднана із системою газоочищення, причому у вихідних газоходах установлені трубчасті теплообмінники, вхідні патрубки яких з'єднані із джерелами кисню, кисневмісного і природного газу, а вихідні патрубки за допомогою трубопроводу з'єднані з форсунками, установленими в плавильній зоні печі, при цьому в кришці печі вузол уведення вихідного матеріалу розташований з боку вузла випускання шлаків, плазмотрон непрямої дії для нагрівання часток залізовмісного матеріалу в потоці газу, стінок і похилого поду встановлений у розширювальній камері, а форсунки подавання природного газу, повітря або води розміщені в колекторі для збирання часток. У камерах прямого відновлення й попереднього підігрівання перед прямокутними щілинами для проходу газу виконані розширювальні камери, заповнювані вихідним матеріалом до нижньої кромки щілин. Опозитно встановлені плазмотрони додатково постачені насадками для подавання газоподібного вуглеводневмісного матеріалу.

Установка, що заявляється, припускає систему, обладнану засобами твердофазного відновлення й попереднього підігрівання залізовмісного матеріалу відкоректованим по складу й температурі газом, що відходить із плавильної печі, а відновлення матеріалу в плавильній печі здійснюють засобами для створення відновлювальної атмосфери, при цьому конструкція печі забезпечує очищення газу, що відходить в процесі плавлення залізовмісного матеріалу. Пропонована установка дозволяє заощадити витрати на пристрій для пилоочищення, підвищити ступінь завершеності фізико-хімічних процесів у ванні розплаву, підвищити її продуктивність.

З метою запобігання винесення із плавильної зони крапель, бризів розплаву й твердих часток матеріалу за рахунок зменшення швидкості потоку газу, у конструкції печі виконане розширення її верхньої частини убік, протилежний випуску шлаку, з утворенням розширювальної камери.

Із внутрішньої сторони печі в торці розширювальної камери встановлена роздільна перегородка з утворенням колектора для збирання часток. Роздільна перегородка сприяє мінімізації швидкості дрібнодисперсної фракції у вигляді крапель розплаву й пилу, кінетична енергія яких частково гаситься при зіткненні потоку з роздільною перегородкою.

У кришці печі над похилою стінкою розширювальної камери встановлений плазмотрон непрямої дії для нагрівання потоку вихідного газу й стінок розширювальної камери. За допомогою плазмотрона в порожнині розширювальної камери підтримується температура вище температури плавлення залізовмісного матеріалу. Тверді частки в потоці газу зіштовхуються з вертикальною стінкою й під дією сили ваги падають на похилий під розширювальної камери. Під дією плазмового струменя осілі частки плавляться, і утворені краплі розплаву стікають у плавильну зону печі. Крім того, у порожнині розширювальної зони відбувається допалювання й газифікація непрореагувавших горючих матеріалів у потоці газу, що відходить в процесі плавлення.

Колектор призначений для вловлювання у потоці газу, який надходить, твердих часток, що залишилися, які, рухаючись від периферії до центра колектора в зону центрального вихідного отвору, осідають у донну частину колектора під дією сили ваги.

Можливість коректування складу й температури газу, що надходить із плавильної печі в колектор, з метою одержання відновлювального газу, забезпечується завдяки форсункам, установленим у кришці колектора, через які подається природний газ, повітря або вода, залежно від даних термпар і показань газоаналізатора.

З метою виключення енергетичних втрат технологічного процесу камера прямого відновлення й камера попереднього підігріву вихідного залізовмісного матеріалу мають загальну стінку, нижче яких відповідно із загальною стінкою розташовані камера змішання й камера запалення.

Оскільки відновлювальний газ, проходячи зверху вниз у камері прямого відновлення через шар залізовмісного матеріалу, поступово охолоджується, у камері змішання передбачена подача повітря через форсунку, а в камері запалення встановлений засіб для запалення отриманої газової суміші, яка надходить з камери прямого відновлення через газохід. Нагріта газова суміш, проходячи знизу нагору через шар залізовмісного матеріалу в камері попереднього підігріву, піднімає його температуру до 400-600°C.

Для створення оптимальних умов проходження газу по технологічній лінії й вивантаження матеріалу, розташовані напроти вузла випуску нижні частини стінок у камері прямого відновлення й попереднього підігріву виконані похилими із прямокутними щілинами, перед якими виконані розширювальні камери, заповнювані вихідним матеріалом до нижньої крайки щілин.

Подальша утилізація газу, що відходить із камери попереднього підігрівання, здійснюється в трубчастих теплообмінниках, у яких відбувається нагрівання кисню, кисневмісного і природного газу, що надходить у форсунки плавильної печі.

Нижня частина печі має прямокутний горизонтальний перетин. У стінці печі, напроти вузла випуску шлаку виконаний отвір для безперервного відводу розплавленого металу по донному каналу в копильник. Для забезпечення безперервного відводу й запобігання утворення застійної зони й

зашлаковування області навколо зазначеного отвору, у протилежній стінці печі під кутом до поду встановлений плазмотрон.

У кришці копильника встановлені плазмотрони непрямої дії для підтримки температури розплавленого металу до його випуску з копильника. Для проведення профілактичних заходів у кришці копильника передбачений люк.

У стінках опозитно один одному в одній горизонтальній площині під кутом до поду встановлені газові форсунки й плазмотрони. Рівень установки плазмотронів і форсунок задається з урахуванням проплавлення порції завантаженого матеріалу, з наступними дозавантаженнями, а об'єм копильника розрахований на одержання заданого об'єму металу з обліком усього завантаженого за час плавки матеріалу.

Розміщення вузла завантаження залізовмісного й вуглецевмісного матеріалу в кришці печі з боку вузла випуску шлаку, тобто максимально віддаленим від розширювальної камери дозволяє знизити під час дозавантаження віднесення твердих часток матеріалу, який завантажуються.

Для можливості подавання в процесі плавлення в плавильну зону газоподібного вуглеводневмісного матеріалу, плазмотрони, опозитно встановлені в стінках печі, постачені насадками.

Сутність винаходу пояснюється кресленнями, де на Фіг.1 - схематичне зображення установки для одержання залізовуглецевого розплаву, подовжній розріз;

на Фіг.2 - розріз А-А Фіг.1;

на Фіг.3 - розріз Б-Б Фіг.1.

Заявлений спосіб реалізується таким чином.

Вуглецевмісний матеріал, флюси й попередньо підігрітий залізовмісний матеріал через вузол уведення завантажують у прогріту плавильну зону печі.

Одночасно в камеру попереднього підігрівання завантажують об'єм залізовмісного матеріалу, необхідний для проведення наступного циклу плавлення, а виходячи із заданого ступеня металізації, відповідний об'єм залізовмісного матеріалу завантажують у камеру прямого відновлення.

Продувають шар завантаженого матеріалу в плавильній печі нагрітим в плазмотронах кисневмісним і/або природним газом з одночасною подачею через форсунки кисню, кисневмісного і природного газу, попередньо підігрітих в теплообміннику.

В області розташування плазмотронів і форсунок формується високотемпературна зона плавлення залізовмісного матеріалу. Інтенсивне перемішування плазовими струменями ванни розплаву приводить до виносу з потоком газу великої кількості крапель, бризів розплаву й дрібнозернистої пилоподібної фракції. У розширювальній камері швидкість висхідного потоку газу зменшується, а траєкторія руху потоку ускладнюється, внаслідок розташування вихідних отворів під кришкою камери по краях роздільної перегородки. Потік газу натрапляє на перешкоду у вигляді вертикальної роздільної перегородки, що приводить до осідання на стінках і похилому поді розширю-

вальної камери крапель, бризів розплаву й твердих часток, що виносяться із плавильної зони.

Плазовий струмінь плазмотрона, установленого в кришці в розширювальній камері, нагріває порожнину, стінки й похилий під розширювальної камери, підтримуючи пануючу температуру на рівні вище температури плавлення залізовмісного матеріалу. У результаті цього осілі частки плавляються й під дією сили ваги стікають униз у ванну розплаву. Крім того, під дією плазового струменя відбувається допалювання й газифікація часток вуглецевмісного матеріалу, що виносяться потоком газу з поверхні ванни розплаву.

Незважаючи на інтенсивне перемішування розплавленого матеріалу в плавильній зоні під дією плазових струменів плазмотронів, опозитно встановлених у плавильній зоні, залізовуглецевий розплав поступово осаджується на під печі, утворюючи багату металом зону, і безупинно віддаляється по донному каналу в копильник. Плазмотрон, установлений у стінці печі над вузлом для випуску шлаку, створює умови для безперервного відводу розплаву.

У міру проплавлення завантаженої порції матеріалу підтримують заданий рівень стовпа шихти циклічним дозавантаженням матеріалу.

Залізовуглецевий розплав у копильнику обробляють відновлювальним плазовим струменем з масовим співвідношенням витрати кисню в кисневмісному газі до витрати природного газу 0,9-2,5, з одного боку, забезпечуючи завершальні стадії відновлення металу, а з іншого боку, підтримуючи його в розплавленому стані до моменту випуску.

Випуск отриманого металу й шлаку здійснюють через окремі льотки.

Додаткове відділення твердих часток відбувається в колекторі для збору часток при спрямованому русі потоку переважно уздовж верхньої частини колектора з бічних отворів роздільної стінки до вихідного центрального в протилежній стінці. Одночасно, з метою одержання відновлювального газу, за допомогою термопар і газоаналізатора визначають температуру й склад газу, який надходить в колектор, коректують їхню величину шляхом подачі через форсунки природного газу, повітря або води до значень температури $T \sim 1000^{\circ}\text{C}$ і заданих значень відновників.

Наведені прийоми забезпечують необхідний температурний режим у зоні відновлення, регулювання теплової потужності й хімічного складу теплових струменів.

Отриманий відновлювальний газ по трубопроводу направляють у верхню частину камери прямого відновлення й відновлюють завантажений залізовмісний матеріал до заданого ступеня металізації протягом часу проведення плавки.

Прореагувавший відновлювальний газ змішують із повітрям у змішувальній камері, утворену газову суміш запалюють у камері запалення й з температурою $T \sim 600-700^{\circ}\text{C}$ пропускають знизу нагору через вихідний залізовмісний матеріал, об'єм якого дорівнює об'єму проплавленого за час плавлення залізовмісного матеріалу. Нагрітий у камері попереднього підігрівання до температури $T \sim 400-600^{\circ}\text{C}$ залізовмісний матеріал використо-

вують у наступному робочому циклі плавильної печі.

Газ, що відходить із камери попереднього підігрівання, використовують у теплообміннику з метою попереднього підігрівання кисню, кисневмісного і природного газу, що подаються через форсунки в плавильну зону печі для допалювання горючих продуктів, що утворюються в процесі плавлення.

Охолоджений у теплообміннику газ направляють на газоочищення.

Приклад конкретного виконання

Одержання залізовмісного розплаву, металізованого й попередньо підігрітого залізовмісного матеріалу здійснювалося на установці, що складається із плавильної печі з розмірами в плані 1×1,5м, об'ємом плавильної зони 2м³ і об'ємом розширювальної камери 3м, і маючих загальну стінку камери прямого відновлення й камери попереднього підігріву залізовмісного матеріалу, з об'ємом 3м³ і 4м³, нижче яких установлені відповідно камера змішання й камера запалення, з'єднані між собою газоходами, виконаними з вогнетривкої цегли в загальній стінці. Нижні частини стінок камери прямого відновлення й камери попереднього підігріву, розташовані напроти випуску обробленого матеріалу, виконані похилими із прямокутними щілинами, по яких газовий потік з камери прямого відновлення надходить у камеру змішання, поставлену форсункою подачі повітря від повітродувок, а з камери запалення, поставленою пальником, - у камеру попереднього підігріву залізовмісного матеріалу. У вихідних газоходах камери попереднього підігріву, з'єднаних із системою газоочищення, установлений трубчастий теплообмінник. У плавильній зоні печі, напроти отвору для безперервного відведення залізовуглецевого розплаву, під кутом до поду печі встановлений плазмотрон потужністю 0,5МВт, а в суміжних стінках опозитно встановлені плазмотрони потужністю 0,5МВт для нагрівання кисневмісного і/або природного газу і форсунки для подачі кисню, кисневмісного і природного газу. У склепінні копильника встановлений плазмотрон потужністю 0,15МВт, а в кришці печі в розширювальній зоні - плазмотрон потужністю 0,5МВт. Роздільна стінка, виконана з вогнетривкої цегли в торці розширювальної камери, утворює колектор для збору часток, у кришці якого встановлені форсунки для подачі природного газу, повітря або води.

Після прогрівання печі, через вузол уведення завантажують ~ 3т окатишів, нагрітих до температури Т~500°С у камері попереднього підігрівання й ~ 1,5т вугілля. Паралельно в камеру прямого відновлення завантажують ~ 2т, а в камеру поперед-

нього підігрівання ~ 5т окатишів. Працюють плазмотрони й форсунки, установлені в плавильній зоні печі. Під тепловим впливом плазмових струменів окатиші плавляться, при цьому висота шару завантаження зменшується. Роблять додаткове завантаження ~2т окатишів і ~ 1т вугілля. Після припинення завантаження включають плазмотрон, установлений у розширювальній камері, й очищають уповільнений газовий потік від часток і крапель залізовмісного й вуглецевмісного матеріалу. Після початку плавлення для корекції температури й хімічного складу очищеного газу, що відходить з плавильної зони печі, включають форсунки в колекторі для збору часток з витратою, г/с: природний газ - до 10; повітря - до 100; вода - до 50.

В результаті роботи форсунок температура отриманого відновлювального газу на виході з колектора перебувала на рівні Т=1030-1050°С. При цьому газ мав наступний хімічний склад, об.%: Н₂ - 20-25; N₂ - 30-35; СО - 30-35, СО₂ - 10-15.

У камері прямого відновлення за час проведення плавки відновлюють окатиші при температурі Т~1000°С до ступеня металізації 85-90%.

Для регулювання температури попереднього підігрівання окатишів у камеру змішання подають повітря для горіння прореагувавшего відновлювального газу в камері запалення й наступного нагрівання окатишів у камері попереднього підігрівання до температури Т~400-600°С. Газ, що відходить із камери попереднього підігрівання з температурою Т~400-600°С надходить у трубчастий теплообмінник, у якому відбувається нагрівання до температури 300-400°С кисню, кисневмісного і природного газу, що подаються на форсунки, установлені в плавильній зоні печі. Охолоджений у теплообміннику газ надходить на газоочищення.

В міру накопичування в копильнику залізовуглецевого розплаву, його обробляють плазмовим струменем зі співвідношенням витрати кисню в кисневмісному газі до витрати природного газу 0,9-2,5.

Тривалість плавлення в плавильній печі становить 1 годину. Після закінчення плавлення розплавлений метал випускають через льотку копильника, а шлак - через вузол вивантаження в плавильній зоні. Металізовані окатиші зі ступенем металізації 85-90% вивантажують через похилий вузол вивантаження камери прямого відновлення в спеціальні контейнери, а вивантажені з камери попереднього підігрівання окатиші з температурою Т~400-600°С подають у плавильну піч для проведення наступного циклу плавлення.

Хімічний склад одержаного залізовуглецевого розплаву наведений нижче.

Таблиця

Хімічний склад сталі

C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Fe, %
0,06-0,08	0,0025-0,005	0,01-0,05	0,008-0,02	0,008-0,02	99,7-99,9

Як показано на Фіг.1, Фіг.2 і Фіг.3, установка включає плавильну піч 1 із плавильною зоною 2, вузол уведення 3 вихідних матеріалів, розташова-

ний у кришці 4 печі, вузол випускання шлаків 5, отвір 6 для безперервного виведення розплавленого металу по донному каналі 7 у копильник 8. У

плавильній зоні 2 над вузлом випускання шлаку 5, напроти отвору 6 для безперервного відведення розплавленого металу, під кутом до поду печі 1, установлений плазмотрон 9. У суміжних стінках печі на одному рівні під кутом до поду печі встановлені плазмотрони 10 і форсунки 11. У склепінні копильника 8 виконаний люк 12 і встановлений плазмотрон непрямої дії 13, а в нижній частині розташована льотка 14 для випускання розплавленого металу. Плавильна зона 2 печі через проріз 15, виконаний по всій ширині бічної стінки, протилежної вузлу випускання шлаків 5, пов'язана з розширювальною камерою 16, утвореною вертикальними стінками 17 і похилим подом 18. У торці розширювальної камери 16 установлена роздільна перегородка 19, виконана з вогнетривкого матеріалу, з бічними отворами 20, розташованими на рівні кришки 4 печі. Частина розширювальної камери 16, обмежена роздільною перегородкою 19, утворює колектор 21 для збору часток. Розширювальна камера 16 постачена плазмотроном 22 непрямої дії, установленим у кришці 4 печі, а колектор 21 - форсунками 23 подавання природного газу, повітря або води, які служать для коректування температури й складу газу, який надходить із плавильної печі 1. Колектор 21 через центральний отвір 24 у бічній стінці, виконаний на рівні кришки 4, зв'язаний трубопроводом 25 відновлювального відхідного газу з верхньою частиною камери прямого відновлення 26 вихідного залізовмісного матеріалу, що має загальну стінку з камерою попереднього підігріву 27 вихідного матеріалу, нижче яких розміщена камера змішання 28 і камера запалення 29. Камера змішання 28 обладнана форсункою 30 для подавання повітря, а для забезпечення безперервності горіння газової суміші, що надходить, камера запалення 29 оснащена засобом запалення, наприклад пальником 31 і засобами контролю й здійснення процесу горіння (датчики горіння, термодари, фотоелементи, система підпалу - не показані). Стінки камер 26 і 27, розташовані напроти вузлів випускання матеріалу, відповідно 32 і 33, виконані похилими із прямокутними щілинами 34, за допомогою яких порожнини вище розташованих камер 26 і 27 сполучаються з порожнинами нижче розташованих камер 28 і 29. Перед прямокутними щілинами 34 виконані розширювальні камери (не показані), заповнювані вихідною шихтою до нижньої крайки щілин. Порожнини камери змішання 28 і камери запалення 29 зв'язані між собою за допомогою газоходів 35, виконаних з вогнетривкого матеріалу в загальній стінці.

В вихідних газоходах 36 камери попереднього підігрівання 27 вихідного матеріалу встановлені трубчасті теплообмінники 37, вхідні патрубки 38 яких приєднані до джерел кисню, кисневмісного і природного газу (не показані), а вихідні патрубки 39 трубопроводом 40 з'єднані з форсунками 11 плавильної печі 1. Газоходи охолодженого газу теплообмінників 37 приєднані до системи газоочищення 41.

Установка працює в такий спосіб.

Плавильна піч 1 прогривається до необхідної температури, потім у плавильну зону 2 плавильні

печі 1 через вузол уведення 3 завантажують вуглецевмісний матеріал, флюси й попередньо підігрітий до температури 400-600°C у камері попереднього підігрівання 27 залізовмісний матеріал. Паралельно вихідним залізовмісним матеріалом завантажують камеру прямого відновлення 26 і камеру попереднього підігрівання 27, причому в першому випадку об'єм матеріалу задається з урахуванням його відновлення до заданого ступеня металізації за час одного циклу плавки, а в другому - з урахуванням рівності об'єму залізовмісного матеріалу, що проплавляється за один цикл плавки. Створюють ванну розплаву, що має шар залізовуглецевого розплаву й шар шлаку, за допомогою плазмових струменів, що витікають із плазмотронів 9 і 10. Плазмові струмені, впливаючи на розплав, створюють рух нагору з рідкої ванни бризів, крапель і струменів розплавленого металу, шлаку і твердих носіїв вуглецю у верхній простір печі. Незважаючи на перемішування розплавленого матеріалу, розплавлений метал поступово осаджується в напрямку до нижньої частини поду й безупинно віддаляється по донному каналі 7 у копильник 8, об'єм якого зрівнюємо з величиною розрахункового об'єму одержуваного розплавленого металу. Плазмовим струменем плазмотрона 13, установленого у склепінні копильника 8, підтримують температуру розплавленого металу й сприяють проведенню заключних фаз відновних реакцій залізовмісного матеріалу. Для здійснення профілактичного контролю й очищення копильника 8, у його склепінні виконаний люк 12.

Краплі розплаву й тверді частки вуглецю в потоці висхідного газу гублять швидкість у розширювальній камері 16, зіштовхуються з роздільною перегородкою 19, осідають на стінках 17, роздільній перегородці 19 і похилому поді 18, плавляться під дією плазмового струменя плазмотрона 22, установленого в кришці 4, і стікають по похилому поді 18 у плавильну зону 2. Одночасно в порожнині розширювальної камери 16 відбувається допалювання й газифікація твердих вуглецевмісних часток, захоплених потоком висхідного газу. Очищений потік газу через бічні отвори 20 розділової перегородки 19 надходить у порожнину колектора 21 для збирання часток. Шляхом подавання через форсунки 23, установлені в кришці колектора 21, природного газу, повітря або води, коректують параметри газу, що надходить, до значень, які відповідають відновлювальному газу ($T \sim 1000^\circ\text{C}$). В процесі руху потоку газу в порожнині колектора 21 з бічних отворів 20 до центрального отвору 24 тверді частки осідають на дно колектора й періодично видаляються в міру нагромадження. Очищений відновлювальний газ по центральному трубопроводу 25 колектора 21 направляють у верхню частину камери прямого відновлення 26. Відновлюють завантажений залізовмісний матеріал протягом часу плавлення до заданого ступеня металізації. Прореагувавший газ через прямокутні щілини 34 нижньої частини стінки камери прямого відновлення 26 направляють у камеру змішання 28, у яку одночасно через форсунки 30 подають повітря. Отриману газову суміш по газоходах 35, виконаних у загальній стінці, направляють у каме-

ру запалення 29, спалюють за допомогою засобів запалення 31, наприклад, пальника, і з температурою $T \sim 600-700^{\circ}\text{C}$ через прямокутні щілини 34 похилої стінки камери попереднього підігрівання 27 пропускають знизу нагору через шар залізовмісного матеріалу. Газ, що надходить через вихідні газоходи 36 камери попереднього підігріву 27, при температурі $T \sim 400-600^{\circ}\text{C}$ подають на утилізацію в теплообмінник 37 для нагрівання кисню, кисневмісного і природного газу, які надалі подають на форсунки 11 плавильної печі 1. Охолоджений у теплообміннику 37 газ направляють у систему газоочищення 41.

В міру проплавлення роблять дозавантаження матеріалів, що залишилися, у плавильну зону 2 печі.

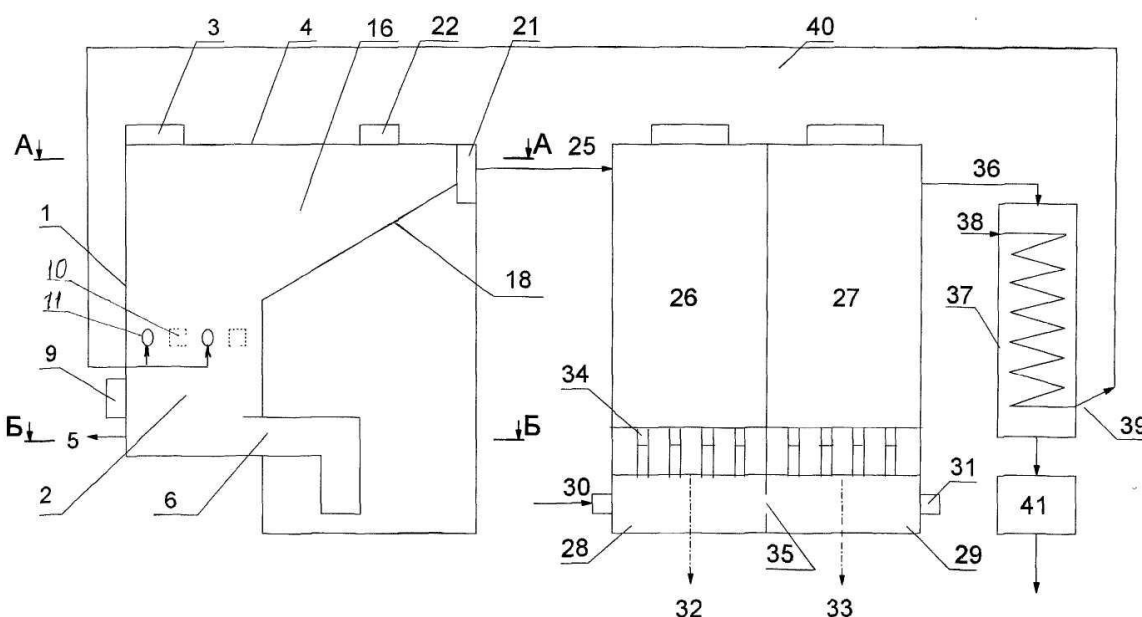
По завершенні процесу плавлення залізовуглецевий розплав зливають через лютку 14 копильника 8, шлак видаляють через вузол випускання шлаків 5, відновлений вихідний залізовмісний матеріал через вузол випуску 32 вивантажують із камери прямого відновлення 26 у спеціальні контейнери, а попередньо нагрітий залізовмісний матеріал вивантажують через вузол випускання 33 камери попереднього підігрівання 27 і направляють як продукт попереднього відновлення безпосередньо для подавання в плавильну піч 1.

Залежно від хімічного складу вихідного залізовмісного матеріалу і якості одержуваного продукту,

для інтенсифікації фізико-хімічних реакцій відновлення, через насадки (не показано) опозитно встановлених плазмотронів 10 додатково подають газоподібний вуглеводневмісний матеріал, струмись якого перетинається зі струменем нагрітого в плазмотроні 10 кисневмісного і/або природного газу.

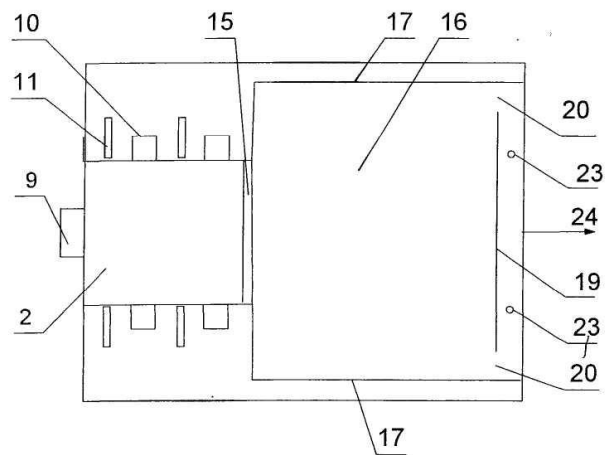
Конструкція печі забезпечує очищення газу, що утворюється в процесі плавлення, безпосередньо в об'ємі печі й за рахунок цього дозволяє виключити з техпроцесу засіб пилоочищення, тим самим підвищити продуктивність, а за рахунок розміщення в технологічному ланцюжку пристроїв попередньої обробки залізовмісного матеріалу, максимально використати можливості очищеного відновлювального газу.

Використання утворюваного в плавильній печі газу, що доведений технологічним процесом до необхідного складу й температури, з одного боку, як відновлювального газу у процесі твердофазного відновлення залізовмісного матеріалу, а з іншого боку - для попереднього підігріву залізовмісного матеріалу з його наступною подачею в плавильну піч для одержання металевого розплаву, дозволяє оптимально використати енергетичний і відновлювальний потенціал газу, зменшити витрату відновників у процесі плавлення й знизити загальне споживання енергії.



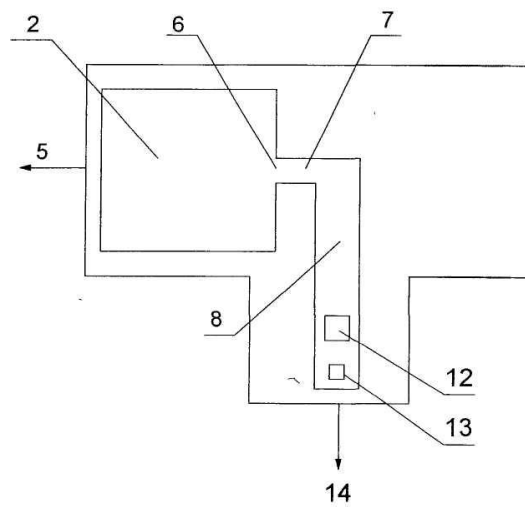
Фіг. 1

A-A



Фіг. 2

Б-Б



Фіг. 3