



УКРАЇНА

(19) UA (11) 57148 (13) C2

(51) 7 C22B4/00, 9/00, C21C5/52,
C21B13/12, F27B14/06МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ІНДУКЦІЙНА ПІЧ КАНАЛЬНОГО ТИПУ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ПЛАВЛЕННЯ МЕТАЛУ З МЕТАЛО-ТА ВУГЛЕЦЕВМІСНОЇ ШИХТИ ТА СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ПЛАВЛЕННЯ МЕТАЛУ

1

2

(21) 2000127605

(22) 13 07 1999

(24) 16 06 2003

(86) PCT/IB99/01281, 13 07 1999

(31) 98/6361

(32) 17 07 1998

(33) ZA

(46) 16 06 2003, Бюл. № 6, 2003 р.

(72) Фаурі Луїс Йоханнес, ЗА, Де Вільперс Йохан, ЗА

(73) ІПКОР Н В, NL

(56) US 5 411 570 A 02 05 1995

(57) 1 Індукційна піч каналного типу для відновлення та плавлення металу з метало- та вуглецевмісної шихти, яка містить трубчасту нагрівальну камеру, у якій шихта може плавати у вигляді принаймні однієї кучи на поверхні ванни рідкого металу у камері, яка відрізняється тим, що піч містить принаймні один індукційний нагрівник або індуктор, який розташований біля осової лінії поду камери

2 Піч за п 1, яка відрізняється тим, що принаймні один індукційний нагрівник є єдиним зовнішнім джерелом нагрівання камери

3 Піч за п 1 або 2, яка відрізняється тим, що камера має подовжену трубчасту конфігурацію та містить численні індуктори, які розташовані у ряд, який простягається позовжньо уздовж осової лінії поду камери

4 Піч за будь-яким з попередніх пунктів, яка відрізняється тим, що камера містить численні отвори, розташовані у напрямку до її верхнього краю, крізь які шихту можна завантажувати в камеру, при цьому отвори влаштовані у два позовжньо розташовані на відстані ряди, так що шихта, яка завантажується крізь них, буде простягатися як дві суміжно розташовані кучи, що плавають на поверхні ванни рідкого металу, при цьому кожна куча має клиноподібну конфігурацію у поперечному перерізі, при цьому більш широкий край або "вершина" кучи розташовується у напрямку до стінки камери, а більш вузький край або "брівка" розташовується у напрямку до середини камери

5 Піч за будь-яким з попередніх пунктів, яка відрізняється тим, що монтаж індукторів або кожного індуктора здійснений таким чином, що їхні позовжні осі проходять під практично прямими кутами відносно позовжньої осі печі

6 Піч за будь-яким з попередніх пунктів, яка відрізняється тим, що її конфігурація є такою, а умови реакції усередині камери регулюються таким чином, що шихта простягається у вигляді мосту над усією ванною рідкого металу

7 Піч за п 6, яка відрізняється тим, що її згадана конфігурація стосується кількості та/або розташування отворів, крізь які шихта завантажується у камеру

8 Піч за п 6 або 7, яка відрізняється тим, що згадане регулювання умов реакції здійснюють шляхом регулювання будь-якого одного або більшої кількості з наступних параметрів швидкість, з якою шихта завантажується у камеру, розмір частинок шихти, ступінь змішування метало- та вуглецевмісних компонентів шихти, швидкість, з якою теплота подається у камеру індукційним(-и) нагрівником(-ами), швидкість, з якою теплота генерується будь-яким(-и) газом(-ами) та/або іншими видами палива, що спалюють у просторі над кучами у камері

9 Піч за п 8, яка відрізняється тим, що теплоту, про яку згадується у п 8, отримують від спалювання монооксиду вуглецю, що виділяється з шихти у камері, кисневими або киснево-повітряними пальниками, які знаходяться у камері в зоні над шихтою

10 Піч за п 9, яка відрізняється тим, що теплоту, утворену внаслідок такого спалювання, а також променисту теплоту, що відбивається від склепіння камери, застосовують для принаймні попереднього нагрівання шихти усередині та/або зовні камери

11 Піч за п 9 або 10, яка відрізняється тим, що повітря та/або суміш повітря/кисню, які застосовують у згаданих пальниках, містить тонко роздібнений матеріал, який може "світитися" при температурах, які є наслідком такого спалювання монооксиду вуглецю та/або палива над кучами

12 Піч за п 11, яка відрізняється тим, що тонко роздібнений матеріал включає сажу

13 Піч за п 11 або 12, яка відрізняється тим, що тонко роздібнений матеріал містить вапно або є вапном

14 Піч за будь-яким з попередніх пунктів, яка відрізняється тим, що камера включає принаймні один випускний отвір для розплавленого металу

(13) C2

(11) 57148

(19) UA

та принаймні один випускний отвір для шлаку, що утворюється під час реакції

15 Піч за будь-яким з попередніх пунктів, яка **відрізняється** тим, що спосіб виробництва металу включає спосіб виробництва сталі, у якому суміш вуглецю у вигляді тонко роздробленого вугілля або коксу та придатної руди, що містить оксид заліза, у тонко роздробленому вигляді, нагрівають у камері

для здійснення відновлення оксиду заліза та плавлення отриманої сталі, яку потім можна випустити як сталь, що містить менш ніж 0,1% вуглецю

16 Спосіб відновлення та плавлення металу, який **відрізняється** тим, що його здійснюють з використанням індукційної печі каналного типу згідно з будь-яким з попередніх пунктів

Цей винахід стосується пристрою для способу відновлення та плавлення металу, %такого як, наприклад, спосіб виробництва сталі, у якому металовмісну та вуглецевмісну шихту нагрівають в пристрої - індукційній печі каналного типу для того, щоб здійснити відновлення та плавлення металовмісної частини шихти,

Попередній рівень

Загальноприйнята індукційна піч каналного типу звичайно включає подовжену трубчасту нагрівальну камеру, яка має практично круглу конфігурацію в поперечному перерізі та яка нагрівається двома розташованими поздовжньо та на відстані один від одного по кільцю рядами індукційних нагрівників, або індукторів, при цьому кожен ряд розташовано поздовж поду камери на протилежних боках поздовжньої осевої лінії камери

Одну таку піч описано, наприклад, у патенті США № 5 411 570, де її застосовують для відновлення та плавлення метало- та вуглецевмісної шихти

У вищезгаданому способі за патентом США шихта вводиться в нагрівальну камеру через два розташованих поздовжньо та на відстані один від одного по кільцю ряди отворів, зроблених у верхній стінці камери, внаслідок чого шихта плаває на поверхні ванни розплавленого металу в камері в формі двох клиноподібних куч, кожна з яких розташовується вздовж протилежного боку стінки камери, при цьому більш широкий край клину, тобто "вершина" кучі, розташовується у напрямку до стінки камери, а більш вузький край клину, тобто "брівка" кучі, розташовується у напрямку до середини камери. Внаслідок цього вершини куч, що плавають на поверхні ванни металу, розташовуються майже вертикально над горловинами (отворами) індукторів

Завдяки тому, що метал нагрівається внаслідок втрат I^2R в індукторі, та конвективний висхідний потік відносно гарячого металу спрямовується безпосередньо над горловиною індуктора, більша частина тепла досягає нижніх частин куч у тих ділянках, що розташовані майже безпосередньо під їхніми вершинами, а не в інших ділянках (гарячі місця утворюються нижче найвищих точок рядів куч). Частинки шихти, отже, "споживаються", головним чином, у згаданих ділянках, які знаходяться майже безпосередньо під вершинами куч, внаслідок чого головний потік частинок спрямовується до цих ділянок

Потік частинок шихти в кучах можна зобразити за допомогою векторів. Такі вектори потоку можна побудувати перпендикулярно до поверхні кучі й

паралельно до поверхні кучі. Перпендикулярний напрямок потоку до поверхні кучі є небажаним тому, що тепло, яке поглинається внаслідок випромінювання із склепіння камери на поверхню, можна ефективно провести лише на глибину приблизно 25мм. Це значить, що коли частинка рухається перпендикулярно до поверхні приблизно на 25мм, вона ефективно екранується від такого випромінювання. Час, що є потрібним для такого руху, можна визначити як час "експонування"

Чим меншим є час експонування частинок, тим меншим є поглинання променистої енергії цими частинками. Це, у свою чергу, значить, що інші частинки, які досягають брівки куч, де швидкість нагрівання, та звідси і швидкість плавлення, що залежить від індукторів, є більш низькою, зазнають випромінювання протягом більш тривалих періодів часу, ніж це відбувається в інших випадках. У свою чергу, наслідком більш тривалого часу експонування є підвищення поверхневих температур та, звідси, зниження швидкості передачі променистої теплоти до матеріалу в брівках куч. Відносно високі температури та високий ступінь відновлення матеріалу в брівках куч може також спричиняти повторне окиснення через недостатній захист з боку відновлювального газу (Реакції відновлення закінчено, отже газоподібний CO не утворюється у цій ділянці для захисту шихти від повторного окиснення CO_2)

Як надмірне, так і недостатнє експонування частинок шихти випромінюванню є небажаним, тому що наслідком цього є підвищення постачання електричної енергії та відновника

Наступний недолік вищезгаданого відомого влаштування полягає у тому, що значна різниця у переробці матеріалу шихти, що досягає брівки куч, та матеріалу, що не потрапляє до брівки куч, спричиняє значну різницю у співвідношенні вуглецю та кисню, що досягається під час плавлення частинок. Відносні кількості цих різних чином складених матеріалів, які досягають рідкої ванни, є більшими, коли застосовуються високі швидкості підвідної потужності. Коли отримана таким чином неоднорідність досягає стадії, де надмірний вуглець розчинюється в одній ділянці, а надмірний кисень розчинюється в іншій ділянці, і, коли вони змішуються, перебільшується їхній рівень розчинності, то звільнюється газоподібний моноксид вуглецю. Таке виділення газу спричиняє як припинення процесу, так і потенційно небезпечні умови. Отже, максимальну швидкість підведення електричної енергії слід обмежити до відносно низьких рівнів, що, звичайно, знижує продуктивність, яку

можна було б досягти

У вищезгаданому відомому влаштуванні мінімальний рівень рідкого металу для нормального функціонування обмежується вимогою того, що ряд індукторів, який знаходиться якнайдалі від випускного жолоба печі, повинен завжди знаходитися нижче рівня металу, навіть коли піч схилена якнайбільше до випускного боку. Це обмеження, а також вимога того, що кучі слід утворювати так, так щоб вони повністю покривали металеву ванну, обмежують простір, який можна застосовувати для утворення куч та для спалювання газів, що виділяються з шихти або палива, яке можна ввести у піч. Залежно від кута природного укосу куч передбачувана площа поверхні для передачі теплоти до куч також обмежується вимогою мінімального рівня рідкого металу.

Наступна характерна риса такого відомого влаштування полягає в тому, що монтаж як індукторів з єдиною петлею, так і індукторів з подвійною петлею завжди здійснюють так, щоб їхні канали були паралельними відносно поздовжньої осі горизонтальних барабанних печей. Це означає, що у отворах горловин, звичайно овальних, їхні поздовжні вісі є паралельними відносно поздовжньої осьової лінії печі. Через те, що горловини індукторів звичайно відокремлюються значними стінками з вогнетривкого матеріалу, які підтримують решту вогнетривкої футерівки печі, кількість індукторів у ряді на одиницю довжини печі є обмеженою. Отже, гарячі місця звичайно утворюються з проміжками 4 - 5 метрів. Ця ознака далі додає неоднорідності руху матеріалу у кучах.

Задачею цього винаходу є створення такого пристрою для вищезгаданого призначення, завдяки якому можна було б подолати вищезгадані проблеми, або, принаймні, їх мінімізувати.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що

У відповідності з винаходом пропонується пристрій для способу відновлення та плавлення металу, у якому метал та вуглецевмісну шихту нагрівають в індукційній печі, який включає нагрівальну камеру, у якій шихта може плавати у вигляді, принаймні, однієї кучі на поверхні ванни рідкого металу у камері, який відрізняється тим, що пристрій включає, принаймні, один індукційний нагрівник або індуктор, який розташований біля або у напрямку осьової лінії поду камери.

Переважно піч є індукційною піччю каналного типу.

Далі, згідно з винаходом, такий, принаймні, один індукційний нагрівник є єдиним зовнішнім джерелом нагрівання камери.

Далі, згідно з винаходом, камера має подовжену трубчасту конфігурацію та містить численні індуктори, які розташовані у ряд, який простягається поздовжньо уздовж осьової лінії поду камери.

Ще далі, згідно з винаходом, камера містить численні отвори, розташовані у напрямку до її верхнього краю, крізь які шихту можна завантажувати в камеру, при цьому отвори влаштовано у два поздовжньо розташовані на відстані ряди, так що шихта, яка завантажувється крізь них, буде простягатися як дві суміжно розташовані кучі, що плава-

ють на поверхні ванни рідкого металу, при цьому кожна куча має клиноподібну конфігурацію в поперечному перерізі, при цьому більш широкий край або "вершина" кучі розташовується у напрямку до стінки камери, а більш вузький край або "брівка" розташовується у напрямку до середини камери.

Слід відзначити, що при такому влаштуванні кучі нагріватимуться безпосередньо нижче їхніх "брівок", а середня швидкість руху частинок шихти перпендикулярно до поверхні куч в інших випадках буде, внаслідок цього, мінімізуватися, так що більша частина матеріалу шихти буде споживатися на або біля брівок куч (тобто у шарі, що утворюється між двома рядами куч) та, отже, безпосередньо над індукторами.

Завдяки такому влаштуванню можна запобігти можливості недостатнього або надмірного експонування частинок шихти випромінюванню у печі.

Крім того, завдяки центральному розташуванню індукторів рівень рідини металеві ванни у камері та, отже, й об'єм самого рідкого металу можна значно зменшити порівняно з випадками вищезгаданих відомих влаштувань, що дозволяє запобігти неоднорідності, про яку згадувалося раніше, завдяки чому зменшується обмеження стосовно вимоги до електричної енергії.

Далі, згідно з винаходом, монтаж індукторів здійснений таким чином, що їхні поздовжні вісі проходять під практично прямими кутами відносно поздовжньої осі печі.

Слід відзначити, що таке влаштування дає можливість встановити більше індукторів на одиницю довжини камери, і при такому влаштуванні кількість гарячих місць, що утворюються під шаром між рядами куч, зростає, тому що відстань між гарячими місцями скорочується.

Далі, згідно з винаходом, конфігурація пристрою є такою, а умови реакції усередині камери регулюються таким чином, що шихта простягається у вигляді мосту над усією ванною рідкого металу.

Таке влаштування гарантує, що практично усе відновлення металу буде здійснюватися у шихті, тобто у твердій фазі.

Згадана конфігурація пристрою може, наприклад, стосуватися кількості та/або розташування вищезгаданих отворів, крізь які шихта завантажувється у камеру.

Згадане регулювання умов реакції, знов, може здійснюватися шляхом регулювання будь-якого одного або більшої кількості з наступних параметрів:

1 Швидкість, з якою шихта завантажувється у камеру,

2 Розмір частинок шихти,

3 Ступінь змішування метал- та вуглецевмісних компонентів шихти,

4 Швидкість, з якою теплота постачається у камеру індукційним(-и) нагрівником(-ами),

5 Швидкість, з якою теплота генерується будь-яким(-и) газом(-ами) та/або іншими видами палива, що спалюють у просторі над кучами у камері.

Теплоту, про яку згадується у 5 (вище), можна, наприклад, отримати від спалювання монооксиду вуглецю, що виділяється з шихти у камері, пальни-

ками кисню або суміші кисню/повітря, які знаходяться у камері в зоні над шихтою

Теплоту, що утворюється внаслідок такого спалювання, а також променисту теплоту, що відбивається від склепіння камери, можна також застосовувати для, принаймні, попереднього нагрівання шихти усередині та/або зовні камери

Далі, згідно з винаходом, повітря та/або суміш повітря/кисню, які застосовуються у згаданих пальниках, можуть містити тонко роздрібнений матеріал, який може "світлитися" при температурах, які є наслідком такого спалювання монооксиду вуглецю та/або палива над кучами

Таке "світіння" поліпшує світність попелу, внаслідок чого зростає його нагрівальний вплив на шихту

Тонко роздрібнений матеріал може, наприклад, включати сажу

Тонко роздрібнений матеріал може також містити вапно або бути вапном

Таке вапно може сприяти видаленню сірки з присутніх у печі газів

Далі, згідно з винаходом, камера включає, принаймні, один випускний отвір для розплавленого металу та/або шлаку, що утворюється під час реакції

Далі, згідно з винаходом, спосіб виробництва металу включає спосіб виробництва сталі, у якому суміш вуглецю у вигляді тонко роздрібненого вугілля або коксу та придатної руди, що містить оксид заліза, у тонко роздрібненому вигляді, нагрівають у камері для здійснення відновлення оксиду заліза та плавлення отриманої сталі, яку потім можна випустити як сталь, що містить менш ніж 0,1% вуглецю

Стислий опис ілюстративних матеріалів

Тепер буде описано один варіант здійснення винаходу шляхом наведення прикладу з посиланням на ілюстративні матеріали, що додаються, де

Фіг 1 - це схематичне зображення поперечного перерізу печі згідно з винаходом,

Фіг 2 - це вид зверху поду печі за фіг 1, який можна бачити, якщо дивитися у напрямку стрілки А на фіг 1

Найкращий варіант здійснення винаходу

У цьому варіанті здійснення винаходу застосовують індукційну піч каналного типу 10, яка включає подовжену трубку камеру 11, яка у поперечному перерізі має кільцеву конфігурацію, при цьому ця камера розташована уздовж осьової лінії 11 1 у поду (фіг 2) та має численні індуктори 12, що працюють від електрики та мають потужність приблизно 2,2 МВт

Індуктори 12 розташовані так, що їхні подовжні вісі 12 1 (фіг 2) проходять під прямими кутами до осьової лінії 11 1

Камера 11 включає два паралельно розташованих ряди завантажувальних отворів, що проходять уздовж протилежних подовжних боків камери 11, лише один з отворів, 13 та 14, з кожного ряду показано на фіг 1. Ці отвори застосовуються для завантаження шихти 15 у камеру 11, яка потім утворює дві подовжньо розташовані кучі 16 та 17, які плавають на поверхні ванни рідкого металу 18 та кожна з яких має практично клиноподібну форму у поперечному перерізі, при цьому більш широ-

кий край кожного клину, тобто вершина кучі, розташовується у напрямку до стінки камери 11, а більш вузький край клину, тобто "брівка" кучі, розташовується у напрямку до осьової лінії 11 1 камери 11

За необхідністю, на початку процесу невелику кількість рідкого металу можна ввести у камеру 11 крізь завантажувальний отвір (не зображено) для утворення початкової ванни металу

Шихта 15 включає однорідну суміш у вигляді частинок вуглецевмісної сполуки, такої як вугілля, наприклад, та оксиду заліза, при цьому вуглецевмісна сполука знаходиться у концентрації, незначно меншій ніж концентрація, що представляє стехіометричну кількість вуглецю, необхідного для відновлення руди, розмір частинок шихти є таким, щоб вони могли проходити крізь 3-мм сито

Камера 11 також має уздовж її верхньої стінки численні кисневі пальники, з яких лише два, 20 та 21, зображено на фіг 1, за допомогою яких можна спалити CO, що утворюється в реакції та який проникає крізь верхній шар шихти 15

Шихта 15 завантажується у камеру 11 таким способом та з такою швидкістю, а умови реакції регулюються так, як описано раніше у цьому описі, так що основи куч 16 та 17 з'єднуються одна з одною так, що матеріал шихти 15 утворює "міст", який простягається над усією рідкою ванною 18, при цьому найбільш вузька частина цього "мосту" знаходиться у зоні, позначеною 19

Підтвердити той факт, що такий міст утворився та дійсно залишається суцільним, можна, наприклад, за допомогою "мірної рейки" (не зображено), яку вводять зверху у камеру 11, або за допомогою придатного оглядового вікна (не зображено) у стінці камери 11. Цей факт можна також визначити за допомогою придатного пристрою, що записує зображення (не показано), який розташований усередині камери 11

Під час роботи зона реакції утворюється у шихті 15 куч 16 та 17, що проходить дійсно з основ куч до їхніх верхніх країв. Разом з цим утворюється зона плавлення 22, що простягається між основами куч 16 та 17 і верхньою поверхнею рідкої ванни 18. Під час реакції відновлювана шихта 15 рухається під впливом сили тяжіння з зони реакції до зони плавлення 22

Шлак, що утворюється під час такого плавлення, плаває зверху ванни 18 у тунелі 23, який простягається уздовж осьової лінії 11 1 нижче зони плавлення 22. Тунель 23 веде до вихідного отвору для шлаку (не зображено) у камері 11, а завантажувальні отвори для шихти 13 і 14 влаштовані відносно такого вихідного отвору для шлаку таким чином, щоб шлак у тунелі 23 спрямовувався до цього вихідного отвору для шлаку. Розплавлену сталь ($\pm 0,1\%$ вуглецю) можна відвести з камери 11 крізь вихідний отвір (не зображено)

Протягом здійснення цього процесу згаданий "міст" запобігає падінню матеріалу шихти 15 безпосередньо з куч 16 та 17 в шлак у тунелі 23 або у рідкий метал у ванні 18, тим самим запобігаючи "короткому циклові"

Теплота, що постачається у ванну 18 від індукторів 12, розсіюється у шихті 15 у кучах 16 та 17, і це, поряд з теплотою від CO, що спалюється па-

льниками 20 та 21, та променистою теплою, що відбивається від склепіння камери 11, примушує реагувати оксид заліза та вуглець шихти 15, внаслідок чого відбувається відновлення оксиду заліза. Майже усе таке відновлення, яке, як наслідок, відбувається у твердій фазі, здійснюється у самому верхньому 20-міліметровому шарі куч 16 та 17, головним чином, завдяки додатковій теплоті, що постачається до цього шару від спалювання СО пальниками 20 та 21, та завдяки променистій теплоті, що відбивається від склепіння камери 11. Одночасно з цим тверде відновлене залізо плавиться у зоні 22, з якої воно рухається під впливом сили тяжіння у ванну 18.

Слід відзначити, що завдяки центральному розташуванню індукторів 12 "брівки" куч 16 та 17 отримають більшу частину теплоти від індукторів 12, так що частинки шихти 15 будуть споживатися, головним чином, на ділянці 19.

Це буде означати, що потік частинок шихти уздовж верхніх поверхонь куч 16 та 17 буде, головним чином, паралельним відносно таких повер-

хонь, що, таким чином, буде усувати проблему недостатнього та надмірного експонування, про яку згадувалося раніше.

Крім того, таке центральне розташування індукторів 12 також дозволяє застосовувати значно менший рівень рідкого металу для ванни 18 порівняно з випадком вищезгаданого відомого влаштування (показано пунктирною лінією 24 на фіг 1), що надає додаткових переваг, про які згадувалося вище.

Крім того, завдяки "поперечному" розташуванню індукторів 12 відносно осевої лінії 11.1 можна застосовувати більше індукторів 12 на одиницю довжини камери 11 порівняно з вищезгаданими відомими влаштуваннями, так що кількість гарячих місць під шаром між рядами куч 16 та 17 збільшиться порівняно з вищезгаданими відомими влаштуваннями.

Далі слід відзначити, що винахід також включає у межах свого об'єму спосіб відновлення та плавлення металу, у якому застосовується пристрій згідно з винаходом.

