



УКРАЇНА

(19) UA (11) 31581 (13) U
(51) МПК (2006)
C21B 13/00
F27B 3/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИПЛАВКИ СТАЛІ В ПЛАВИЛЬНОМУ АГРЕГАТІ

1

(21) u200714743

(22) 26.12.2007

(24) 10.04.2008

(46) 10.04.2008, Бюл. № 7, 2008 р.

(72) ФРОЛОВ ВОЛОДИМИР МИКОЛАЙОВИЧ, UA,
НАЙДЕК ВОЛОДИМИР ЛЕОНТІЙОВИЧ, UA,
ФРОЛОВ АНДРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA,
ЯКОВЛЄВ ВІКТОР ВАСИЛЬОВИЧ, UA, ФРОЛОВ
АРТУР ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA, КУРПАС
ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ, UA

(73) ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ НАН УКРАЇНИ, UA

(57) Спосіб виплавки сталі в плавильному агрегаті, що включає подачу в плавильний агрегат зверху окисних та відновних сполук до підігрітих газових потоків, який **відрізняється** тим, що підігріті газові потоки переміщуються як уздовж робочого простору плавильної ванни до каналів, в яких в теплообмінному пристрої газу передають тепло потоку кисню, який рухається в протилежному напрямку до плавильного агрегату і повертає тепло в робочий простір плавильної ванни, так і

2

поперек неї, надходячи до робочого простору з пальників високого тиску з двох боків назустріч один одному з передньої та задньої стінок плавильного агрегату, причому число Біо для кускових сумішей окисних та відновних сполук значно менше 0,25, число Рейнольдса газових потоків, які переміщують частинки окисних та відновних сполук між стінками, значно більше 2300, число Нуссельта при теплообміні між газами та частинками окисних та відновних сполук більше 100, до того ж швидкість подачі окисних та відновних сполук до газового потоку зв'язана з коефіцієнтом передачі тепла від газового потоку до частинок окисних та відновних сполук, так, суміші окисних та відновних сполук подаються при коефіцієнті передачі тепла від газового потоку до частинок окисних та відновних сполук, більшому $6,3 \cdot 10^4$ Вт/(м³·К), причому при підвищенні коефіцієнта передачі тепла на 10^4 Вт/(м³·К) швидкість подачі суміші окисних та відновних сполук до газового потоку збільшується більше, ніж на 15 т/год.

Корисна модель відноситься до металургійної галузі і може бути використана для виплавки сталі в плавильних агрегатах.

Відомий спосіб виплавки сталі в плавильному агрегаті, який включає роздільну подачу в плавильний агрегат зверху окисних та відновних кускових матеріалів, які мають число Біо більше 0,25, до потоку високотемпературних газів, які мають число Рейнольда значно менше 2300 та число Нуссельта менше 100 і переміщуються в плавильному агрегаті назустріч кусковим

Недоліком цього способу виплавки сталі є низька швидкість окисно-відновних процесів при її виробництві.

Найбільш близьким по технічній суті і результатам, що досягаються, є спосіб виплавки сталі в плавильному агрегаті, який включає роздільну подачу в плавильний агрегат окисно-відновних матеріалів, які знаходяться в різних агрегатних станах, а саме, окисні матеріали

знаходяться в газовому, відновні - в рідкому стані, причому число Рейнольда для окисних матеріалів може бути як значно менше 2300, так і більше 2300, але для всіх випадків виплавки сталі число Рейнольда для рідини є значно менше 2300, а число Нуссельта - більше 100 [2].

Недоліком цього способу виплавки металу є висока собівартість відновно-окисних процесів виробництва металу, яка пов'язана з необхідністю попередньо виробляти рідкий метал, який має відновні хімічні елементи в більшій кількості, ніж необхідно для виробництва сталі.

Метою корисної моделі є підвищення економічності одержання сталі та зниження екологічного і енергетичного навантаження на процеси виробництва сталі в плавильних

Поставлена мета досягається тим, що спосіб виплавки сталі в плавильному агрегаті, який включає подачу в плавильний агрегат зверху окисних та відновних сполук до підігрітих газових

(13) U

(11) 31581

(19) UA

потоків, які, згідно з корисною моделлю, переміщуються як уздовж робочого простору плавильної ванни від каналів, в яких в теплообмінному пристрої газу передають тепло потоку кисню, що рухається в протилежному напрямку до плавильного агрегату і повертає тепло в робочий простір плавильної ванни, так і поперек її, надходячи до робочого простору з пальників високого тиску з двох боків назустріч один одному з передньої та задньої стінок плавильного агрегату, причому число Біо кускових окисних та відновних сполук значно менше 0,25, число Рейнольдса газових потоків, які переміщують частки окисних та відновних сполук між стінками, більше 2300, число Нуссельта при теплообміні між газами та частинками окисних та відновних сполук більше 100, до того ж швидкість подачі суміші окисних та відновних сполук до газового потоку пов'язана з коефіцієнтом передачі тепла від газового потоку до частинок окисних та відновних сполук, так, подача суміші окисних та відновних сполук розпочинається тоді, коли коефіцієнт передачі тепла від газового потоку до частинок окисних та відновних сполук стає більшим $6,3 \cdot 10^4 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{К)}$, причому при підвищенні коефіцієнта передачі тепла на $10^4 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{К)}$ швидкість подачі суміші окисних та відновних сполук до газового потоку збільшується більше, ніж на 15т/год.

Рух підігрітих газів в робочому просторі плавильного агрегату з критичними максимальними швидкостями дозволяє, з одного боку, підвищити коефіцієнт передачі тепла від газового потоку до частинок окисних та відновних сполук, а, з другого боку, підвищити час взаємодії

Значення числа Біо для кускових матеріалів окисних та відновних сполук менші 0,25 дозволяють значно збільшити поверхню взаємодії між газами і частинками окисних та відновних сполук. В тому випадку, коли значення числа Біо для кускових окисних та відновних сполук більші 0,25 поверхня взаємодії між газами і частинками окисних та відновних сполук незначна, тому процеси відновлення окисних сполук протікають

При значеннях числа Нуссельта при теплообміні між газами та частинками окисних та відновних сполук більших 100 швидкість підведення тепла дозволяє забезпечити високу швидкість процесів взаємодії окисних та відновних сполук. В тому випадку, коли значення числа Нуссельта при теплообміні між газами та частинками окисних та відновних сполук менші 100, процеси відновлення окисних сполук стримуються підведенням тепла до реакційної

Число Нуссельта при теплообміні між газами та частинками окисних та відновних сполук більше 100 дозволяє мати коефіцієнт передачі тепла від газового потоку до окисних та відновних сполук більший $6,3 \cdot 10^4 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{К)}$, що забезпечує високу швидкість відновлення окисних сполук.

В тому випадку, коли коефіцієнт передачі тепла від газового потоку до окисних та відновних сполук збільшується на $10^4 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{К)}$, швидкість відновлення окисних сполук зростає на 15т/год.

Спосіб виплавки сталі в плавильному агрегаті полягає в наступному і пояснюється на Фіг.1, де

показана принципова схема способу виплавки сталі в плавильному агрегаті.

Для запропонованого способу виплавки сталі в плавильному агрегаті, який, наприклад, складається із двох плавильних ванн 1 і 2, до кожної з боків передньої та задньої стінок 3 і 4 примикають тракти подачі горючих газів високого тиску 5, зверху (склепіння 6) примикають тракти подачі суміші окисних та відновних сполук 7 і чавуну 8, з торців газовідвідні тракти 9-11, які з'єднані внизу з вертикалами, шлаковиками, теплообмінними пристроями.

Спосіб здійснюють таким чином. Процес виплавки сталі в плавильному агрегаті розпочинають із завантаження металобрухту на подину плавильної ванни 1 або 2. Для цього викатне склепіння над плавильною ванною 1 або 2 відводять в сторону. Після завантаження металобрухту на подину плавильної ванни і герметичного її закриття з передньої та задньої стінок 3 і 4 печі через тракти подачі горючих газів 5 до робочого простору плавильної ванни під тиском подають паливо з киснем, де воно згорає, утворюючи при цьому горючі газу, які мають високу температуру та велику швидкість руху. Після нагріву металобрухту та досягнення коефіцієнта передачі тепла від газового потоку до частинок суміші окисних та відновних сполук більшого $6,3 \cdot 10^4 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{К)}$ з бункерів над склепінням 6 плавильної ванни до робочого простору плавильної ванни через тракти 7 подають гранули суміші окисних сполук заліза та відновних сполук вуглецю, наприклад, залізної руди та вугілля. Причому при кожному підвищенні коефіцієнта передачі тепла від газового потоку до частинок суміші окисних та відновних сполук на $10^4 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{К)}$ швидкість подачі суміші окисних

Процес виплавки сталі в плавильному агрегаті закінчують подачею чавуну в робочий простір плавильної ванни через спеціальний тракт 8 в склепінні плавильної ванни та додатковою подачею суміші окисних та відновних сполук в

Димові газу, які утворюються після взаємодії окисних та відновних сполук, відводять через тракти 9-11 та головки, вертикали, шлаковики і теплообмінний пристрій до димових труб.

Варіанти здійснення способу виплавки сталі в плавильному агрегаті.

Варіант 1

В 600-т плавильну ванну 1 або 2 після випуску металу завантажують 200т металобрухту, герметично закривають зверху робочий простір обох ванн склепіннями 6 і з передньої та задньої стінок плавильного агрегату 3 і 4 через газові пальники високого тиску 5 подають суміш природного газу і кисню, а через головку газовідвідного тракту, наприклад, 9, 10 - природний газ і підігрітий в теплообмінному пристрої кисень. Причому димові газу відводять через той же газовідвідний тракт 9, 10, або 11, підігріваючи при цьому теплообмінний пристрій цього тракту для того щоб передати тепло кисню.

При високому тепловому навантаженні та високому коефіцієнті теплопередачі від газової фази до металу, пов'язаному з високим тиском і великою швидкістю переміщення газів,

металобрухт в плавильній ванні 1 швидко нагрівається до температури більшої, ніж температура термодинамічної рівноваги реакції відновлення оксида заліза вуглецем.

При досягненні таких умов, наприклад, при коефіцієнті теплопередачі від газової фази до матеріалів окисних та відновних сполук більшому $6,3 \cdot 10^4$ Вт/(м³·К) із бункерів через тракт 7 починають подавати гранули суміші окисних сполук заліза та відновних сполук вуглецю, наприклад, залізної руди та вугілля, які в робочому просторі плавильного агрегату в газовому потоці переміщуються в горизонтальній площині від однієї стінки печі до іншої з максимальною швидкістю більшою 30м/с, поперемінно змінюючи напрямок руху. При кожному підвищенні коефіцієнта теплопередачі від газової фази до гранулів суміші окисних та відновних сполук на 10^4 Вт/(м³·К) швидкість подачі суміші окисних сполук заліза та відновних сполук вуглецю підвищують

Після завантаження в плавильний агрегат 550т сумішей окисних сполук заліза та відновних сполук вуглецю в плавильну ванну зверху через склепіння 6 по тракту 8 подають 100т рідкого чавуну.

При виплавці сталі в теплообмінних пристроях кисень гріється, а в плавильній ванні його тепло використовується в технологічних процесах.

Продуктивність виплавки сталі при таких режимах досягає 1,5млн.т сталі на рік, при тому що собівартість виробництва її в 2,25 рази менша, ніж собівартість виробництва сталі із чавуну при двостадійному способі її виплавки, а витрати кисню і екологічні показники в 4 рази кращі, ніж при виробництві чавуну в домнах і сталі в конверторах, до того ж енергетичні показники процесу виробництва сталі набагато кращі, ніж аналогічні показники виробництва сталі при двостадійному способі. Це пов'язане з тим, що в запропонованому способі виплавки сталі відсутні енергетичні витрати на виробництво агломерату, коксу та чавуну і не має шкідливих продуктів цих

Варіант 2

В 600-т плавильну ванну 1 або 2 після випуску металу завантажують 150т металобрухту, герметично закривають зверху робочий простір обох ванн склепіннями і з передньої та задньої стінок плавильного агрегату 3 і 4 через газові пальники високого тиску 5 подають суміш природного газу і кисню, а через головку газовідвідного тракту 9, 10 або 11 - природний газ і підігрітий в теплообмінному пристрою кисень, що дозволяє збільшити теплове навантаження в робочому просторі печі. Причому димові гази відводять через той же тракт 9, 10, або 11, підігрівачи при цьому теплообмінний пристрій цього тракту. При високому тепловому навантаженні та високому коефіцієнті теплопередачі від газової фази до металу, пов'язаному з високим тиском і великою швидкістю переміщення газів, металобрухт в плавильній ванні 1 швидко нагрівається до температури значно більшої температури термодинамічної

При досягненні таких умов, коли, наприклад, коефіцієнт теплопередачі від газової фази до суміші окисних та відновних сполук стає більшим

$6,3 \cdot 10^4$ Вт/(м³ · К) із бункерів через тракт 7 починають подавати гранули суміші окисних сполук заліза та відновних сполук вуглецю, наприклад, залізної руди та вугілля, які в робочому просторі плавильного агрегату в газовому потоці переміщуються в горизонтальній площині від однієї стінки печі до іншої з швидкістю більшою, ніж 150м/с, змінюючи напрямок руху. При кожному підвищенні коефіцієнта теплопередачі від газової фази до гранулів суміші окисних та відновних сполук на 10^4 Вт/(м³·К) швидкість подачі суміші окисних сполук заліза та відновних сполук вуглецю підвищують більше, ніж на 15т/год.

Після завантаження в плавильний агрегат 650т сумішей окисних сполук заліза і відновних сполук вуглецю та нагріву їх до більшої температури, ніж температура термодинамічної рівноваги реакції відновлення оксидів заліз; вуглецем в плавильну ванну зверху через склепіння по тракту 8 подають 100 і рідкого чавуну.

Продуктивність виплавки сталі при таких режимах більша, ніж 2,5млн. і сталі на рік, при тому що собівартість виробництва її в 2,3 рази менша, ніж собівартість виробництва сталі із чавуну, витрати кисню і екологічні показники в 4,2 рази кращі, ніж при виробництві сталі в конверторах, до того ж енергетичні показники процесу набагато кращі, ніж при виробництві сталі в мартенівських агрегатах або в конверторах.

Варіант 3

В 600-т плавильну ванну 1 або 2 після випуску металу завантажують 100т металобрухту, герметично закривають зверху робочий простір обох ванн склепіннями і з передньої та задньої стінок плавильного агрегату 3 і 4 через газові пальники високого тиску 5 подають суміш природного газу і кисню, а через головку газовідвідного тракту, наприклад 9, 10 або 11 - природний газ і підігрітий в теплообмінному пристрою кисень. Причому димові гази відводять через всі газовідвідні тракти 9, 10, 11, що сприяє покращенню аеродинамічної роботи плавильного

При високому тепловому навантаженні та високому коефіцієнті теплопередачі від газової фази до металу, пов'язаному с високим тиском і швидкістю переміщення газів, металобрухт в плавильній ванні 1 швидко нагрівається до температури значно більшої температури термодинамічної рівноваги реакції відновлення

При досягненні таких умов, коли, наприклад, коефіцієнт теплопередачі від газової фази до гранулів суміші окисних та відновних сполук стає більшим $6,3 \cdot 10^4$ Вт/(м³·К) із бункерів через тракт 7 починають подавати гранули суміші окисних сполук заліза та відновних сполук вуглецю, наприклад, залізної руди та вугілля, які в робочому просторі плавильного агрегату в газовому потоці переміщуються в горизонтальній площині від однієї стінки печі до іншої з максимальною швидкістю більшою за 300м/с, поперемінно змінюючи напрямок руху. При кожному підвищенні коефіцієнта теплопередачі від газової фази до гранулів суміші окисних та відновних сполук на 10^4 Вт/(м³·К) швидкість подачі суміші окисних сполук заліза та відновних сполук вуглецю підвищують більше, ніж на 15т/год.

Після завантаження в плавильний агрегат 750т суміші окисних сполук заліза та відновних сполук вуглецю в плавильну ванну зверху через склепіння 6 по тракту 8 подають 100т рідкого чавуну.

Продуктивність виплавки сталі при таких режимах може бути більшою, ніж 5млн.т сталі на рік, при тому що собівартість виробництва її в 2,5 рази менша, ніж собівартість виробництва чавуну, витрати кисню і екологічні показники в 4,5 рази кращі ніж при двостадійному виробництві сталі в конверторах та чавуну в доменних печах, до того ж енергетичні показники процесу набагато кращі, ніж при виробництві чавуну в доменних печах та при двостадійному виробництві сталі в мартенівських агрегатах.

В усіх наведених випадках швидкість відновних процесів визначається параметрами виплавки сталі, які пов'язані з рівновагою обмінних процесів підведення тепла та відновлення оксидів заліза сполуками вуглецю в плавильній ванні.

Підвищення потужності підведення тепла до реакційної зони дозволяє адекватно підвищувати швидкість відновних процесів, що дозволяє збільшити швидкість подачі до реакційної зони

суміші окисних сполук заліза та відновних сполук вуглецю.

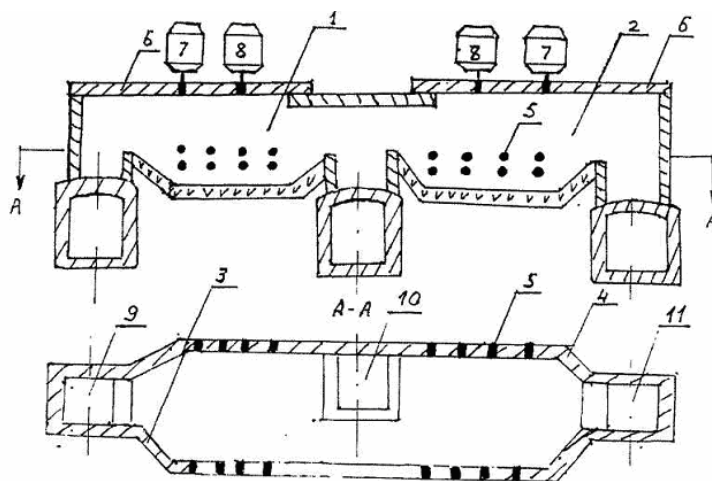
Підвищення тиску в робочому просторі плавильного агрегату дозволяє підвищити коефіцієнт корисної дії процесу виплавки сталі із суміші окисних сполук заліза та відновних сполук

Запропонований спосіб виплавки сталі в плавильному агрегаті дозволяє підвищити продуктивність виплавки сталі в плавильному агрегаті до 5млн.т сталі на рік, при тому що собівартість виробництва її в 2-2,5 рази стає меншою, ніж собівартість виробництва сталі з чавуну, витрати кисню і екологічні показники в 4-4,5 рази кращі, ніж при двостадійному виробництві сталі в конверторах та чавуну в доменних печах, до того ж енергетичні показники процесу набагато кращі, ніж при виробництві чавуну в доменних печах та сталі в мартенівських агрегатах.

Джерела інформації, що прийняті до уваги при розгляді заявки:

1. Доменное производство: Справочное издание. В 2-х т. Т.1. Подготовка руд и доменный процесс/ Под ред. Вегмана Е.Ф. - М.: Металлургия, 1989.-496с.

2. Левин С.Л. Сталеплавильные процессы. К.: Гостехиздат, 1963.- 404с.



Фиг.1