

(19) U (11) 32074 (13) UA

(98) вул. Доброхотова, 1-б, кв. 92, м. Київ, 03142, Україна

(85) null

(74) null

(45) [2008-05-12]

(43) null

(24) 2008-05-12

(22) 2007-04-19

(12) null

(21) u200704337

(46) 2008-05-12

(86)

(30)

(54) ВОГНЕТРИВКИЙ БЛОК ДЛЯ ВВЕДЕННЯ ГАЗІВ В РОЗПЛАВЛЕНИЙ МЕТАЛ Огнеупорный блок для ввода газов в расплавленный металл Fireproof block for introduction of gases into molten metal

(56)

(71)

(72) UA Діюк Євген Пилипович UA Диук Евгений Филиппович UA Diiuk Yevhen Pylypovych UA Носоченко Олег Васильович UA Носоченко Олег Васильевич UA Nosochenko Oleh Vasyliovych UA Кислиця В'ячеслав Володимирович UA Кислиця Вячеслав Владимирович UA Kyslytsia Viacheslav Volodymyrovych UA Ісаєв Олег Борисович UA Исаев Олег Борисович UA Isaiev Olrh Borysovych UA Вожол Микола Антонович UA Вожол Николай Антонович UA Vozhol Mykola Antonovych UA Лепіхов Леонід Сергійович UA Лепихов Леонид Сергеевич UA Liepikhov Leonid Serhiiiovych UA Крутіков Василь Петрович UA Krutikov Vasyl Petrovych

(73) UA Діюк Євген Пилипович UA Диук Евгений Филиппович UA Diiuk Yevhen Pylypovych UA Носоченко Олег Васильович UA Носоченко Олег Васильевич UA Nosochenko Oleh Vasyliovych UA Кислиця В'ячеслав Володимирович UA Кислиця Вячеслав Владимирович UA Kyslytsia Viacheslav Volodymyrovych UA Ісаєв Олег Борисович UA Исаев Олег Борисович UA Isaiev Olrh Borysovych UA Вожол Микола Антонович UA Вожол Николай Антонович UA Vozhol Mykola Antonovych UA Лепіхов Леонід Сергійович UA Лепихов Леонид Сергеевич UA Liepikhov Leonid Serhiiiovych UA Крутіков Василь Петрович UA Крутиков Василий Петрович UA Krutikov Vasyl Petrovych

Огнеупорный блок для ввода газов в расплавленный металл относится к отрасли металлургии и литейного производства и может быть использован при разливке жидких металлов через промежуточные разливные устройства.

Вогнетривкий блок для введення газів в розплавлений метал належить до галузі металургії та ливарного виробництва і може бути використаний при розливанні рідких металів через проміжні розливні пристрої.

Fireproof block for introduction of gases into molten metal relates to the branch of metallurgy and foundry production and can be used for teeming of liquid metals through the intermediate pouring devices.

Вогнетривкий блок для введення газів в розплавлений метал, який встановлюється в футерівці поперек всієї ширини металургійної ємності і має канали для подачі газу, що виходять на контактну поверхню з рідким металом, який **відрізняється** тим, що виконаний суцільним і встановлений в донній частині ємності, має внутрішню газову камеру, з'єднану з розташованими в ряд перпендикулярно до неї газорозподільними каналами діаметром 1,5-1,9 мм з відстанню між ними 15-18 діаметрів каналу при загальній довжині блока $L = \Pi + 2X$, де: Π - довжина зони продувки, що дорівнює ширині потоку розплаву в донній частині металургійної ємності, X - холоста частина блока, яка дорівнює товщині футерівки стінки металургійної ємності з урахуванням оновлювальної її частини.

Корисна модель відноситься до галузі металургії та ливарного виробництва і може бути використаний при розливанні рідких металів через проміжні розливні пристрої.

В теперішній час для зниження забруднення сталі від неметалевих включень, газів та підвищення її якості, при розливі рідкого металу з ковша його продувають інертними газами з використанням всіляких вогнетривких пристроїв (блоків, фурм тощо). В результаті як адгезії неметалевих включень до пузирів інертного газу, так і різниці парціальних тисків газів в сталі та пузирях, що пронизують її, перебігає процес видалення неметалевих включень в шлакову зону на поверхні сталі, а газів в навколишнє середовище.

Відомий пристрій вводу газу в розплавлений метал, який має тугоплавкий корпус і представляє собою перемішувальний блок, що примикає до кладки з вогнетривкої цегли, утворюючи єдине непорушне захисне тугоплавке облицювання металургійної ємкості. Він має велику кількість поперечних каналів, якими через підвідну трубку подають перемішувальний газ [пат. США кл. с21с 5/48 №4840354].

Недоліками цього пристрою є:

1. Конструктивна складність, що пов'язана з необхідністю мати додаткове тугоплавке захисне облицювання дна та бокових стінок при установці в металургійній ємкості щоб забезпечити надійність в роботі, а це призводить до підвищення витрат на виготовлення.

2. Конструкція продувочного пристрою має обмежені можливості використання, оскільки дозволяє вводити перемішувальний газ тільки в металургійні ємкості з стаціонарним рівнем металу. Крім цього, така конструкція не може бути використана в металургійних агрегатах проточного типу (з обмеженим часом перебування рідкого металу, наприклад, проміжний ківш МНЛЗ) тому, що не дозволяє здійснювати ефективний розподіл газу що вдувається за всією шириною потоку металу.

3. Відсутніми є параметри продувочного вузла, що характеризують його технічні можливості (дані): кількість каналів, їх профіль (переріз), а також розташування, які потенційно визначають можливий діапазон режимів продувки (характеристики потоків) і, таким чином, спектр використання в металургії.

4. Такий пристрій для проведення рафінування рідких металів від неметалевих включень за рахунок їх адгезії на поверхні пузирів є невдалим, оскільки треба забезпечити продувку в пузирковому режимі, регламентуючи діаметр зародку пузирів з врахуванням їх росту при підйомі через стовп металу, а також подолання поверхні розділу міжфазної границі метал-шлак без завихрень та затягування шлакового шару.

Відомий також пристрій у вигляді ряду трубок чи пористої цегли, які встановлюють поперек всієї ширини проміжної ємкості [пат. Великобританії кл. В22Д 11/10 №1311166].

Цей продувний пристрій хоча і дозволяє в певній мірі розподіляти газ що вдувається на потоки пузирів, які сходяться над випускним отвором, однак, має ряд недоліків:

1. Для забезпечення надійної роботи впродовж тривалого часу (умови розливу довгими серіями, плавки на плавку через п/к МНЛЗ) потребує розробки спеціальної конструкції газопідводної системи, яка включає і відповідний захист, що значно ускладнює та здорожує його використання в умовах масового виробництва сталей які б мали низький вміст неметалевих включень.

2. Пориста цегла для усунення втрат газу потребує обмазування (захисту) не працюючих поверхонь різними вогнетривкими сумішами для створення направленного потоку газових пузирів в ковші, а рівномірність газорозподілу залежить від кількості пористих елементів та якості з'єднань між ними.

3. Відсутність технічних характеристик продувочного вузла (відкрита пористість цегли, діаметр каналів трубок та їх розташування, витрати газу) не дозволяє здійснювати продувку в регламентовано тривалому режимі і, таким чином, забезпечувати максимальну ефективність процесу. Внаслідок великої пористості і несистематизованому розташуванню газових каналів на практиці відбувається швидке проникнення розплаву в пори продувочного вузла. Подальше термічне розтріскування та хімічне (кисневе) очищення призводить до швидкого руйнування.

4. Пристрій, виконаний з пористої цегли, дозволяє зароджувати пузирі дуже малих розмірів, а це не гарантує що вони по мірі підйому (спливання) можуть подолати міжфазну границю метал-шлак. Такий пристрій не забезпечує максимальну ефективність у видаленні особливо дрібних (менших за 30мкм) неметалевих включень. В цьому випадку частково спрацьовує ефект злиття пузирів і, таким чином, їх укрупнення, що в цілому дозволяє знизити забруднення сталі лише від макрокристалічних включень (це як правило екзогенні, тобто продукти руйнування футерівки, шлакові включення) частка яких складає не більше як 20% від загальної кількості.

Найбільш близьким прототипом до запропонованого винаходу щодо технічної суті та досягнутого результату є пристрій для введення газу, який складається з ряду високощільних вогнетривких елементів, які контактують між собою поверхнями, що мають шорсткості у вигляді хаотично розташованих неоднорідностей поверхонь для пропускання газу. Ці елементи закріплюють кожухом який має трубку для здійснення підводу газу [пат. США кл. с21с 5/48 №4754954].

Вказаний пристрій має такі недоліки:

1. Складність та великі матеріальні затрати у виготовленні, що обумовлено необхідністю одержання високоякісних вогнетривких елементів-пластин з практично нульовою кривизною при великому відношенні довжина/ширина і потребує спеціального способу виготовлення та випалу, а також створення ділянки для дробеструйної обробки поверхонь. Це необхідно для того, щоб забезпечити одержання при з'єднанні пластин каналів прогнозованої форми та розмірів для потоку газу між ними.

2. Пристрій потребує і спеціального захисту від розплавленого металу у вигляді скріплюючого кожуха в який повинен надходити газ. В цьому випадку він виконує функції автономної газової камери, що потребує належної герметизації та повинна забезпечити ефективну подачу газу впродовж реакційної зони.

3. Приведення параметрів пристрою, а саме, забезпечення швидкості потоку газу через кожух більшої за 5л/с не говорить про можливості пристрою з точки зору надійності забезпечення чіткого направлення та рівномірності розподілу газового потоку що подається в розплав, а цей фактор є визначальним для одержання максимального ефекту процесу і забезпечення стабільності в роботі впродовж тривалого часу. Доцільно було б знати, наприклад, кількість каналів чи їх сумарний переріз на 1см² контактної поверхні.

4. Не має універсальності використання з метою перемішування чи вилучення неметалевих включень (тобто рафінування). В цих випадках режими продувки (струминний чи пузирковий) суттєво відрізняються як часом і витратами газу що подається, так і розміром пузирів, що формуються і здатні подолати міжфазну границю метал-шлак. Оскільки пристрій вмонтовано, в стінку ковша, то це і визначає локалізацію його дії. В основу запропонованого винаходу поставлена задача спрощення конструкційної складності продувочного блоку та

розширення технологічних можливостей з підвищенням надійності і ефективності при застосуванні.

Поставлена задача вирішується тим, що запропонований вогнетривкий блок для введення газу в розплавлений метал, що встановлюється в футеровці поперек всієї ширини металургійної ємкості і має канали для подачі газу, які виходять на контактну поверхню з рідким металом, відрізняється тим, що його виконують суцільним і встановлюють в донній частині ємності. Вогнетривкий блок має внутрішню газову камеру, з'єднану з розташованими в ряд перпендикулярно до неї газорозподільними каналами діаметром 1,5-1,9мм з відстанню між ними 15-18 діаметрів каналу, при загальній довжині блоку $L = \Pi + 2x$, де: Π - довжина зони продувки, яка порівнює ширині потоку розплаву в донній частині металургійної ємкості; x - холоста частина блоку, яка дорівнює товщині футеровки стінки металургійної ємкості з урахуванням оновлюваної її частини.

Вогнетривкий блок запропонованої конструкції дозволяє, по-перше, суттєво спростити технологію його виготовлення та запобігти ускладнень при застосуванні, оскільки відсутня необхідність додаткового захисту як самого блоку від дії розплавленого металу, так і його неробочих стінок (поверхонь) від втрат газу, а, по-друге, поєднання газової камери та газорозподільних каналів з регламентованими параметрами дає змогу забезпечити в широкому режимному діапазоні його чіткі технологічні характеристики, їх стабільність і, таким чином, розширити технологічні можливості (продувка чи переміщення), підвищити надійність і ефективність при використанні.

Маючи виконання газорозподільних каналів вздовж контактуючої з металом зони і направлених чітко вертикально, запропонований блок, встановлений у дні металургійного резервуара поперек всього потоку (рис. 2) за рахунок L , а підвід інертного газу через металеву трубку, яка проходить між робочим та арматурним шарами футеровки, дозволяє, завдяки утворенню суцільної газової завіси в максимальному ступені обробляти увесь об'єм металу, який проходить через зону продувки (введення газу).

Що до розмірів розподільчих каналів та відстані між ними, і, таким чином, в цілому газорозподільної системи блоку, то ці параметри встановлені на основі даних фізичного гідромодельовання, а також з урахуванням результатів дослідно-промислових випробувань при виготовленні та застосуванні вогнетривких канальних блоків.

Оптимальний розмір пазирів при пазирковому режимі продувки, які найбільш ефективно впливали би на вилучення неметалевих включень, газів, спочатку розраховували за відомою формулою:

$$d/D = 1,82 - 200(p_r/p_m - p_r)^{0,96} We^{0,36}$$

де: p_r - густина газу, що подається (аргон при 1600°C 0,26кг/м³); p_m - густина металу при 1600°C, d - розмір пазиря (м), що утворюється в момент сходження з каналу в залежності від його діаметру, D - діаметр пори (м); $We = (\sigma/D^2 p_r g)$ - критерій Вебера, де: σ - поверхневий натяг металу, g - прискорення вільного падіння, а потім корегували з урахуванням даних практичних результатів. З одного боку, для найбільш ефективного впливу пазирів на видалення неметалевих включень, газів потрібно ініціювати утворення (зародження) дрібних пазирів малих розмірів в великій кількості і, таким чином, канали в блоці треба щоб були якомога меншого діаметру. Однак, в такому разі при виготовленні блоків з вогнетривкої маси, коли компоненти, які входять в її вміст, мають різний фракційний склад, виникають труднощі, пов'язані з необхідністю вводити різнофракційні компоненти для отримання високоякісних блоків з додержанням технічних умов (конструктивних розмірів, уявної густини, міцності, якості структури) при відпаленні за $T = 1390-1420^\circ\text{C}$. Але полідисперсна структура блоку і необхідність мати тонкі (менш ніж 1,5мм) розподільчі канали в блоці-серці після формування, при подальших сушці-відпалі, які супроводжуються усадкою вогнетривкої маси 3-5%, призводить до перекивання (перетину) крупнішими зернами компонентів шихти окремих каналів. З другого боку, при продувці через блоки, які мають канали діаметром більш ніж 2,0мм, зароджувані пазирі, з урахуванням їх росту та злиття по мірі підйому по висоті рівня металу в металургійній ємкості, внаслідок зміни феростатичного тиску, будуть мати на границі асимілюючий шлак-метал розміри більш ніж 8-10мм, що зменшить ефективність дії.

В той же час вважається достатнім, якщо утворювані пазирі досягають вказаних максимальних розмірів, що забезпечує їх вихід на міжфазну границю шлак-метал і в подальшому в навколишнє середовище. Тому розмірний діапазон діаметру розподільчих каналів знаходиться в межах 1,5-2,0мм.

Відстань між розподільчими каналами (s) встановлена виходячи з того, що при глибинній подачі газового струменя зона входження має декілька ділянок, основна з яких має властивості притаманні вільним зануреним струменям і вісесиметрично розширюється в напрямку течії з кутом розкриття 24-26°. Тому формування суцільної газової завіси з пазирів що піднімаються і урахування максимальної обробки стовба рідкого металу (робочі рівні металу в металургійних ємкостях, наприклад, проміжному ковші МБРС сягають 0,8-1,5м) і з мінімальною площею, так званих "застійних" зон, які створюються біля контактної поверхні, можливе при розміщенні розподільчих каналів у вогнетривковому блоці з відстанню між ними, яка дорівнює 15-18 розмірів їх діаметру.

Що до довжини вогнетривкового блоку (L), то вона має бути розрахована в кожному випадку відповідно до розмірів металургійної ємкості в місці (зоні) його розташування з врахуванням одержання максимально можливого ефекту: як то по вилученню неметалевих включень, чи досягнення потрібної кратності циркуляції при режимі перемішування. В загальному вигляді довжину блоку розраховують за приведеною вище формулою ($L = \Pi + 2x$). Недотримання вказаних параметрів в бік зменшення довжини зони продувки призведе до часткової локалізації дії на потік рідкого металу, а в результаті впливу не в повній мірі і, таким чином, досягненню лише часткового ефекту при рафінуванні чи перемішуванні.

Холоста частина блоку (x) має відповідати розміру поновлюваного шару футеровки стінок металургійної ємкості (проміжний ківш МБРС) і забезпечувати надійність встановлення та захисту металеві трубки, через яку виконують підвід інертного газу. Скорочення цієї зони блоку може призвести до ускладнень при установці його та зниженні надійності в експлуатації, а в результаті до можливості виникнення аварійної ситуації при розливанні розплаву.

Для пояснення запропонованого винаходу наведено креслення, зображене на фігурах 1 і 2. Вогнетривкий блок (Фіг.1) має внутрішню газову камеру 1, з'єднану з розташованими в ряд перпендикулярно до неї газорозподільними каналами 2, які виходять на контактну з рідким металом поверхню блоку 3, із відстанню між ними s . Загальна довжина блоку L складається з зони продувки Π та двох холостих частин x і відповідає розмірам донної частини металургійної ємкості, в якій його будуть встановлювати. Фіг.2 пояснює застосування вогнетривкового блоку для введення газів шляхом встановлення його в проміжному ковші МБРС. При футеровці згаданий вогнетривкий блок встановлюється в донній частині промковша, ширина якої становить L . При цьому зона продувки блоку Π дорівнює ширині потоку металу, а холості частини x відповідають розміру поновлюваного (робочого) шару футеровки 4 стінок промковша. Схема встановлення блоку забезпечує захист його неробочих

поверхонь. Введення інертного газу здійснюють через металеву трубку 5, яка проходить між робочим 4 і арматурним 6 шарами футеровки. Інтенсивність продувки (кількість введеного газу за одиницю часу, куб.м/год) зумовлює пухирковий режим чи перемішування, внаслідок яких створюється газова завіса із пухирів 7 в рідкій сталі 8. В результаті створюються умови для видалення неметалевих включень і їх подальшої асиміляції на межфазній границі «шлак - метал» 9.

Промислові випробування вогнетривкого блоку запропонованої конструкції для введення газів в розплавлений метал проводили на діючих проміжних ковшах МБРС місткістю 43т конверторного цеху металургійного комбінату "Азовсталь". Окремими експериментами провели перевірку в межах всього розглянутого інтервалу значень параметрів блоку: зовнішніх, в які входить загальна довжина (L)₅ в тому числі зона продувки (Π) та холоста ділянка блоку (x) при футеровці проміжних ковшів, а також діапазонів значень як діаметрів розподільчих каналів (d), так і відстані між ними (s) при витратах газу відповідно для створення умов видалення неметалевих включень (пухирковий режим продувки), чи перемішування рідкого металу з метою вирівнювання його хімічного складу та температури.

Розливання серій плавок показало, що вогнетривкий блок введення газів в розплавлений метал задовольняє промисловим умовам та забезпечує:

- простоту виготовлення та установки його при футеровці проміжних ковшів, а також підготовку до експлуатації, введенні в роботу і обслуговуванні;
- високу стійкість, надійність і ефективність роботи впродовж кампанії проміжного ковша (~20 гарячих годин);
- простоту регулювання як параметрів, так і процесу введення газу при необхідності створення потрібного режиму при, водночас, забезпеченні стабільності процесу розливання серії плавок. Витрати на технічне забезпечення складають 0,10-0,15грн/т сталі.