



УКРАЇНА

(19) UA (11) 43121 (13) U
(51) МПК (2009)
B22D 11/00
C21B 3/04 (2009.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ЗМІННА ВОГНЕТРИВКА ПЕРЕГОРОДКА ДЛЯ РАФІНУВАННЯ СТАЛІ В ПРОМІЖНИХ КОВШАХ МБРС

1

(21) u200813197

(22) 14.11.2008

(24) 10.08.2009

(46) 10.08.2009, Бюл. № 15, 2009 р.

(72) КИСЛИЦЯ В'ЯЧЕСЛАВ ВОЛОДИМИРОВИЧ,
ДІЮК ЄВГЕН ПИЛИПОВИЧ, ГОНЧАР БОРИС СЕ-
МЕНОВИЧ, КОВУРА ОЛЕКСАНДР БОРИСОВИЧ,
ІСАЄВ ОЛЕГ БОРИСОВИЧ, ГАНОШЕНКО ІГОР
ВОЛОДИМИРОВИЧ, ВОЖОЛ МИКОЛА АНТОНО-
ВИЧ

(73) КИСЛИЦЯ В'ЯЧЕСЛАВ ВОЛОДИМИРОВИЧ,
ДІЮК ЄВГЕН ПИЛИПОВИЧ, ГОНЧАР БОРИС СЕ-
МЕНОВИЧ, КОВУРА ОЛЕКСАНДР БОРИСОВИЧ,
ІСАЄВ ОЛЕГ БОРИСОВИЧ, ГАНОШЕНКО ІГОР
ВОЛОДИМИРОВИЧ, ВОЖОЛ МИКОЛА АНТОНО-
ВИЧ

2

(57) Змінна вогнетривка перегородка для рафінування сталі в проміжних ковшах МБРС, що має зовнішні розміри відповідно поперечного перерізу ковша та багаторядне розташування перетічних каналів різної форми та з кутами нахилу в горизонтальній площині, яка **відрізняється** тим, що товщина перегородки δ відповідає умові $\delta = (2,5 \pm 3,0)d(h)$, де: $d(h)$ - діаметр чи висота перетічного каналу, а кут нахилу каналів в рядах, починаючи з нижнього, збільшують в межах $23-45^\circ$ при значенні верхньої границі А осі розташування ряду каналів в перегородці $A = (0,5 \pm 0,6)H$, а нижньої $B = (0,15 \pm 0,20)H$, де H (мм) - висота робочого рівня сталі в проміжному ковші.

Запропонована корисна модель відноситься до галузі металургії і може бути використана при розливанні розплавів через проміжні розливні пристрої.

В теперішній час для зниження забрудненості сталі від неметалевих включень (НВ) та підвищення її механічних і службових характеристик застосовують різні конструкції змінних вогнетривких перегородок, які встановлюють в проміжних ковшах. В таких перегородках є сквозні отвори для пропуску рідкої сталі, які відрізняються як формою поперечного перерізу, так і кутом нахилу в горизонтальній площині. Перегородки дозволяють змінювати швидкість та напрямок руху розплаву на шляху до випускного стакану проміжного ковша і, таким чином, створювати на цій ділянці сприятливі гідродинамічні умови для прискорення флоатації НВ із розплаву.

Відома конструкція змінної перегородки з сквозними отворами, яка вмонтована в проміжний розливний пристрій і має завдані верхній та нижній діаметри [пат. США кл. C21B3/04 №4573664]. При перетіканні розплаву через отвори перегородки виникає агрегація частинок НВ та їх наступне сплиття на його поверхню.

Відомий також перелив, який встановлюється в проміжному розливному пристрої і виконаний в вигляді трапеції з вогнетривкого матеріалу. Він має похилі до вертикалі отвори [пат. Японії кл. B22D11/10 №63-72452], проходячи через які, потік що піднімається уповільнюється, що створює флоатційний ефект для НВ.

Вказана конструкція змінної перегородки за пат. США №4573664 не забезпечує ефективної та надійної очистки розплаву від НВ по причині часткового врахування ролі її визначальних параметрів, оскільки приводяться тільки установочні розміри перегородки та загальна площа її сквозних отворів у вигляді співвідношення $S_1 \geq S_2$ (S_1 - загальна площа перерізу отворів перегородки; а S_2 - площа перерізу випускного отвору розливного пристрою). В той же час відсутні дані як по товщині перегородки, або довжині каналів та їх просторової орієнтації. Від сполучення та співвідношенні оптимальних значень вказаних параметрів залежить правильна, з точки зору, гідродинаміки організація формування структури течії розплаву, чим в результаті визначається ефективність видалення НВ.

В конструкції ж переливу проміжного розливного пристрою по пат. Японії №63-72452 хоча і

U
(13)
43121
(11)
UA
(19)

приводяться значення таких важливих характеристик отворів для пропуску металу як: їх діаметр складає менш ніж 80 мм та кут нахилу до поверхні 45° , однак це робить його ефективним лише в певній мірі. Це пояснюється відсутністю значень координат розташування отворів в переливі та його товщини (важливо виконувати оптимальне, з точки зору, гідродинаміки співвідношення δ/d , де: δ - товщина переливу, d - діаметр отвору, яке відповідає за досягнення необхідних швидкісно-силових характеристик занурених струменів, що формуються отворами при перетіканні розплаву), а також незмінністю кутів нахилу отворів.

Найбільш близьким прототипом до запропонованої корисної моделі по технічній суті та результату що досягається, є монолітна перегородка проміжного розливного пристрою, представленого R.O.Timberlake та інші в "Iron and Steel Engineer", February 1988, vol.65, №102.

Вона має сквозні отвори певного розміру, які розташовані в кілька рядів і відрізняються формою поперечного перерізу та орієнтацією у просторі. Так, нижні два ряди отворів діаметром 76,2 мм мають еліптичну форму і кут нахилу 45° та два наступні ряди - круглу такого ж діаметру, вісь яких розташована горизонтально. Така конструкція перегородки ініціює створення двох типів занурених потоків розплаву: нижніми отворами похилого і направленного до шлакового шару на поверхні розплаву та верхніми рядами - горизонтального, який поліпшує взаємодію між розплавом та шлаком. В результаті створюються сприятливі умови для флотації макровключень діаметром більш ніж 100 мкм. Однак, перегородка такої конструкції не забезпечує формування занурених струменів розплаву при перетіку через її отвори з швидкісно-силовими характеристиками, які б сприяли видаленню не тільки великих, а також дрібніших НВ, наприклад, в діапазоні 10-100 мкм із зони надходження і переміщення їх до відкритої поверхні металу в проміжному ковші по причинам:

1. Замалою значення відношення δ/d (товщини перегородки до діаметра отвору), що в результаті не забезпечує необхідну довжину отвору і, таким чином, потрібні швидкісно-силові характеристики як окремих занурених струменів, так і потоку металу через перегородку в цілому. При товщині перегородки та діаметру отвору 76,2 мм з врахуванням кута нахилу отворів (нижні ряди), відношення δ/d знаходиться в межах 1,0-1,42. Але відомо (Гидравлика, гидрология, гидрометрия. 4.1. М.: "Высшая школа", 1987г., 304 с), що при відношенні δ/d менше ніж 2,0, перетік проходить за звичайними законами витоку однієї рідини в суміжний об'єм. Перед отворами струмені мають різний напрямок, а за їх поперечними перерізами, де відбувається їх стискання, вони розходяться в різні боки. Головною особливістю цих потоків є те, що статичний напір, який діє на їхній поперечний переріз, визначається не відстанню їх до відкритого рівня металу в промковші, а різницею рівнів сталі в двох суміжних ємкостях промковша. Тобто канална частина перегородки не відповідає основним положенням гідродинаміки, що робить неможливим формування затоплених струменів з необхідними швидкісно-силовими характеристиками.

2. Як значення кутів нахилу осей рядів отворів в горизонтальній площині, так і їх незмінність (45°) не є оптимальними рішеннями для забезпечення розширення зони контакту між зануреними струменями металу, що піднімається та шлаковим шаром на відкритій поверхні сталі в промковші. Явно завеликий кут нахилу нижнього ряду отворів з врахуванням відстані між осями рядів отворів, зменшує і активну зону між рівнями похилих отворів і, таким чином, об'єм металу, який направляється до шлакового шару, що знижує ефективність перегородки в видаленні НВ.

3. Відсутні розрахункові параметри зони (верхньої та нижньої меж) розташування перетічних каналів по висоті перегородки, що формують занурені струмені різного напрямку. В результаті не створюється об'ємний потік металу в найбільш ефективному, з точки зору гідродинаміки, напрямку та не забезпечується довжина розповсюдження занурених струменів, на якій їх швидкісно-силові характеристики мають стабільні значення. Невизначеність значення висоти розміщення верхнього ряду отворів може призводити при розливці як до оголення їх при зниженні рівня металу в промковші, так і наступного затягування через них шлакових частинок з прийомної секції ковша при безперервному розливанні серії плавов (6-20) за типовою схемою "плавка на плавку". Виконання такої схеми розливки потребує стабільно-чіткої в обмеженому технологічному інструкцією часовому інтервалі, послідовної подачі металу в сталерозливних ковшах. Тому, перегородка такої конструкції не здатна протистояти попаданню шлакової фази, збагаченої FeO в роздавальну камеру промковша. Це призводить до суттєвого зниження асиміляційної здатності шлакового шару і, як результат, ефективності рафінування сталі від НВ в широкому розмірному діапазоні. Вдається вилучення включень тільки макророзмірів, частка яких в загальному об'ємі становить лише 10-15 %.

В основу корисної моделі поставлена задача створення ефективної конструкції змінної вогнетривкої перегородки для рафінування сталі в промковшах МБРС шляхом виконання в ній рядів перетічних каналів похилого та горизонтального типів, параметри та порядне розташування яких забезпечує одержання сил та швидкостей потоків сталі з розширенням зони контакту фаз "метал-шлак", що сприяють прискореному скупченню та виносу зануреними струменями НВ в напрямку відкритої поверхні промковша з подальшим відділенням їх в широкому розмірному інтервалі (10-100 мкм) в асиміляційний шлаковий шар.

Поставлена задача вирішується тим, що товщина перегородки відповідає умові $\delta=2,5\div3,0d(h)$, де: $d(h)$ - діаметр чи висота перетічного каналу, а кут нахилу каналів в рядах, починаючи з нижнього α_1 , збільшують в межах $23-45^\circ$ при значенні верхньої границі А осі розташування каналів в перегородці $A=(0,5\div0,6)H$, а нижньої В - $(0,15\div0,20)H$, де: H - висота робочого рівня сталі в проміжному ковші.

Запропонований варіант перегородки для рафінування сталей, що поєднує в собі визначальні з точки зору ефективності роботи конструктивні параметри, вибрані модельно-розрахунковим шля-

хом із врахуванням основних положень гідродинаміки, (товщина перегородки-довжина каналів, кути їх нахилу та розташування в площині перегородки) дозволяють створити таку течію металу, що поступає зі сталерозливного ковша і перетік його через канали перегородки, що забезпечує зануреним струменям, які витікають через канали різного напрямку, стійкість параметрів на всьому шляху їх розповсюдження в роздавальній камері проміжного ковша (початкова, перехідна та основна ділянка зануреного струменя). В результаті створюється раціональна гідродинамічна структура в об'ємі сталі роздавальної камери промковша, що сприяє як підйому і сплиттю НВ в зону асиміляційного шлаку на відкритій поверхні, так і інтенсифікації масообмінних процесів в системі "метал-шлак", що, в наслідку, забезпечує ефективне видалення із сталі НВ різних типів в розмірному діапазоні 10-100 мкм.

При виконанні перегородки товщиною достатньою для створення перетічних отворів (з врахуванням кутів нахилу) довжиною $l=2,5 \div 3,0$ діаметру для круглих, чи висоти h для щілиноподібних, вони працюють вже як канали, які забезпечують сталу течію металу в сусідню камеру промковша за законами занурених струменів з притаманними швидкісно-силовими характеристиками. Так, щілиноподібні занурені струмені мають початкову ділянку з постійною осевою швидкістю довжиною $L_0=10,4h_0$, проти $L_0=7,0d_0$ для струменів круглого поперечного перерізу. Осьова швидкість при цьому щілиноподібних струменів зменшується пропорційно $1/\sqrt{z}$, а круглої - обернено пропорційно z (z - вісь в горизонтальному напрямку струменю).

При значеннях $l < 2,5d(h)$ довжина зони стискання потоку на вході в канал буде більшою його довжини, що призведе до порушення стабільності та сталості параметрів зануреного струменя, який витікає, під дією пульсацій вертикальної складової його швидкості. Коли $l > 3,0d(h)$ коефіцієнт витрати металу через канал зменшується до 0,75. Тому оптимальну товщину перегородок при їх конструюванні слід вибирати з умов одержання в них перетічних каналів, довжина яких повинна складати $2,5-3,0d(h)$. В цьому випадку досягається коефіцієнт витрати 0,79-0,82 (Справочник по гидравлическим расчетам. Под ред. П.Г.Киселева. М., Энергия, 1974, С.313).

Значення кутів нахилу осей каналів в горизонтальній площині вибрані з міркувань як максимального ослаблення зони затягування навколо випускного стакана, так і розширення зони контакту занурених струменів металу що піднімається, з шаром асиміляційного шлаку на відкритій поверхні сталі в промковші. Серія дослідів по вивченню впливу кутів нахилу з врахуванням їх форми поперечного перерізу показали, що кожний ряд каналів, які повинні формувати струмені, траєкторія яких проходить вище небезпечної зони затягування, є ефективним вже при $\alpha=23-25^\circ$. Виконання другого ряду каналів під кутом $\alpha=35-45^\circ$ дозволяє направляти занурені струмені значно вище зони затягування та забезпечити максимально можливе залучення об'єму металу роздавальної камери і, таким чином, збільшити на 27% площу контакту занурених струменів з шлаковим шаром. Виконання ка-

налів перегородки під кутами меншими за 23° та більшими за 45° , відповідно для першого та останнього рядів, погіршують гідродинамічну ситуацію, яка створюється зануреними струменями, що призводить до значного зниження ефективності рафінування. З цього випливає, що при виконанні перегородки з більш ніж двома рядами похилих перетічних каналів, кожний послідовний ряд їх, рахуючи від дна промковша, має бути розташованим під дещо більшим кутом, а межі кутів нахилу в рядах установлені значеннями $25-45^\circ$. Зона каналів в загальному вигляді має бути розташована в нижній частині перегородки, займаючи 60-65% висоти робочого рівня металу в промковші. При цьому, границя осей нижнього ряду каналів має відповідати рівню металу, який як технологічний залишок після розливання серії плавов, регламентується технологічною інструкцією і, в залежності від ємності промковша, знаходиться в межах 0,15-0,20 рівня металу в ньому. Якщо ряд каналів буде розташований в перегородці нижче 0,15Н, то виникне вірогідність попадання в кристалізатор разом з металом і шлакових частинок, що призведе до забруднення останньої безперервно литої заготовки. При розміщенні каналів вище 0,2Н, залишок металу в промковші буде значно більшим за передбачений інструкцією, що в результаті не є ефективним.

Невизначенність параметрів верхньої границі розміщення ряду каналів може призводити при розливці як до оголення їх при зниженні рівня металу в промковші, так і послідовному затягуванню через них шлакових частинок при розливанні за типовою схемою "плавка на плавку" серій по 6-20 плавов. Виконання такої схеми потребує стабільно-чіткої в обмеженому часовому інтервалі послідовної подачі металу в сталерозливних ковшах. Тому, зона розташування каналів в перегородці знаходиться в діапазоні значень 0,5-0,6 та 0,15-0,20Н, відповідно для верхньої та нижньої меж. Таким чином, розроблена конструкція перегородки усуває ряд недоліків і має такі переваги:

1. В горизонтальній площині взаємодія похилого потоку металу другого ряду каналів (35°) проходить раніше, тому що його траєкторія більш наближена до відкритої поверхні металу, а це посилює ефект коагуляції і, в результаті, рафінування;

2. В вертикальній площині виніс металу по висоті збільшується, що створює умови для більш сприятливого сплиття НВ та активного видалення їх в шлаковий шар.

Промислові випробування запропонованої конструкції змінної перегородки для рафінування сталі від НВ (фіг.1) проводили на діючих промковшах МБРС місткістю 43 тони конверторного цеху меткомбінату "Азовсталь". Окремими експериментами провели перевірку в межах всього розглянутого інтервалу значень параметрів перегородки: її товщини, $\delta=2,5 \div 3,0d(h)$, кутів нахилу каналів $\alpha_{1,2}=23-45^\circ$ при дотриманні умови $\alpha_2 > \alpha_1$, та значень нижньої В і верхньої А границь (0,15-0,6 Н) зони розташування каналів. Дослідно-промислова партія перегородок, яка була виконана з дотриманням вказаних конструкторсько-технологічних параметрів, мала наступні характеристики: товщи-

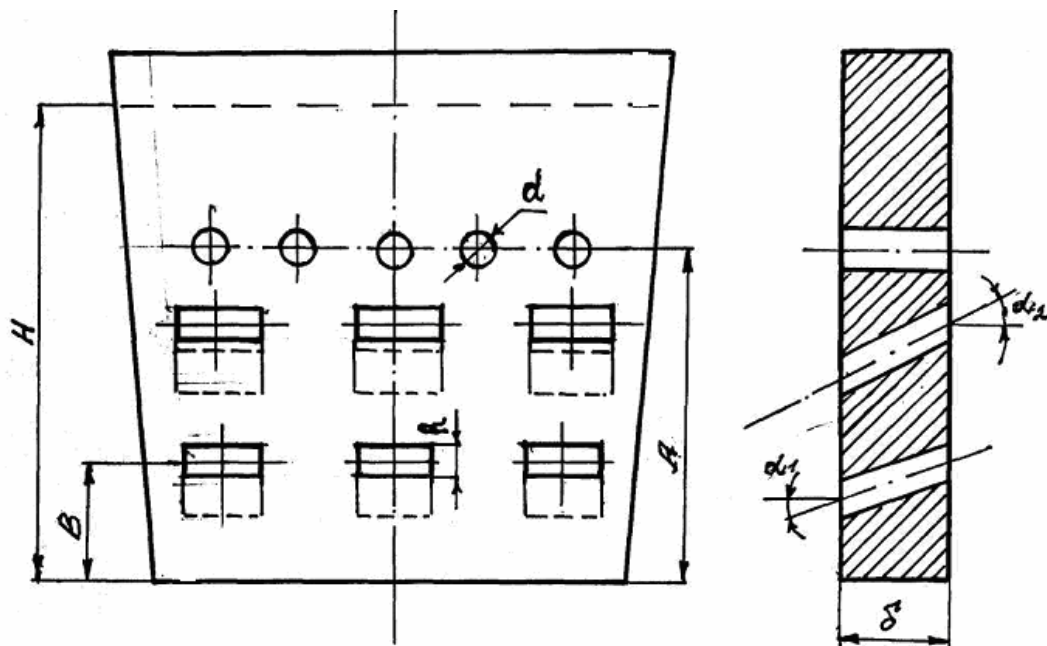
на її складала 150 мм при значеннях $d(h)$ в межах 50-60 мм, кут нахилу каналів нижнього ряду $\alpha_1 = 23^\circ$, а наступного $\alpha_2 = 35^\circ$ при їх розташуванні в площині перегородки на рівнях 135 та 400 мм, відповідно для нижнього та верхнього рядів при робочому рівні металу 800 мм.

Перегородка такої конструкції забезпечує найбільш сприятливий розподіл, стабільність швидко-сно-силових характеристик занурених струменів та надає їм напрямок розповсюдження, що охоплює максимальний об'єм металу, який знаходиться вище зони затягування над розливним стаканом. Результати розрахунків показали, що значення швидкостей витоку в початковому поперечному перерізі по висоті різні зі зміною кута нахилу каналів і знаходяться в діапазоні 0,42-0,65 м/с, при швидкості основного потоку 0,08-0,1 м/с. Перегородка запропонованої конструкції трансформує трьохрівневий багатоструменний потік, напрямок якого співпадає з напрямком сплиття НВ та циркуляцію рідкої сталі в промковші, яка забезпечує

значний час перебування розплаву в ньому, відсутність застійних зон та короткозамкнених потоків.

Металографічні дослідження зразків металу, які відбиралися в процесі розливки сталей марок 10ХСНД, Х70, К60 показали, що запропонована конструкція перегородки має сталий вплив на видалення НВ впродовж всього часу розливання серії з 8 плавов. Забрудненість сталі включеннями різних типів в розмірному діапазоні 10-100 мкм, особливо великих розмірів (більше 30 мкм) знизилась в 2,1-2,3 рази. Останні безперервно-литі заготовки, отримані при падінні рівня металу в промковші, реалізовані за прямим призначенням при виконанні умови по дотриманню регламентованого технологічного залишку металу в промковші. В нашому випадку він становить 8-10 тон.

Частка листового прокату, який відповідає вищим рівням якості (2,3) для виготовлення труб магістральних газопроводів після ультразвукового контролю, збільшилась до 87,5%, при загальному виході придатного 98,3. Очікуваний економічний ефект може скласти 2,4-2,7 грн/тону сталі.



Фиг. 1