



УКРАЇНА

(19) UA (11) 81701 (13) C2

(51) МПК (2006)

C22B 9/04 (2006.01)

C22B 9/00

C22B 9/05 (2007.01)

C22B 9/22 (2007.01)

H05H 1/26

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

## (54) СПОСІБ ОБРОБКИ РІДКОГО МЕТАЛУ В ПРОМІЖНОМУ КОВШІ

1

2

(21) a200603972

(22) 10.04.2006

(24) 25.01.2008

(72) НАЙДЕК ВОЛОДИМИР ЛЕОНТІЙОВИЧ, UA,  
НАРІВСЬКИЙ АНАТОЛІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, UA,  
ДУБОДЄЛОВ ВІКТОР ІВАНОВИЧ, UA, СМІРНОВ  
ОЛЕКСІЙ МИКОЛАЙОВИЧ, UA, ЯКОБШЕ РИЧАРД  
ЯКУБОВИЧ, UA, КУРПАС ВОЛОДИМИР  
ІВАНОВИЧ, UA, ГОРЮК МАКСИМ СТЕПАНОВИЧ,  
UA(73) ФІЗИКО-ТЕХНОЛОПЧНИЙ ІНСТИТУТ  
МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ  
НАУК УКРАЇНИ, UA(56) SU, 1 279 535, A3, 23.12.1986  
UA, 69 091, A, 16.08.2004  
UA, 75 166, C2, 16.08.2004  
UA, 75 829, C2, 15.03.2005  
RU, 2 026 365, C1, 09.01.1995  
Заявка RU, 2000111479, A, 10.05.2002  
DE, 1 758 835, A, C21C7/08, publ. 25.03.1971  
EP, 0 752 478, B1, C21C7/00, 7/10, C22B9/00, publ.

02.05.2002

US, 4 152 532, A, H05H1/26, publ. 01.05.1979

JP, 58-221220, A, 22.12.1983

JP, 09-192782, A, 29.07.1997

Заявка JP, 2002339024, A, 27.11.2002

(57) Спосіб обробки рідкого металу в проміжному ковші, який включає одночасне плазмове продування та нагрівання плазмоутворюючим газом вакуумованого рідкого металу у камері, вакуумне ущільнення якої здійснюють безпосередньо оброблюваним розплавом металу, який відрізняється тим, що вакуумування рідкого металу здійснюють постійно при русі його в кристалізатор машини безперервного лиття зливків через проміжний ківш та вертикальну перегородку в ньому з одночасним плазмовим та додатковим індукційним тепловим впливом на рідкий метал, при цьому висоту стовпа рідкого металу над перегородкою регулюють витратою плазмоутворюючого газу та величиною залишкового тиску в вакуумній камері.

Винахід відноситься до металургії та ливарного виробництва і може бути використаний при рафінуванні, модифікуванні, легуванні залізовуглецевих і кольорових розплавів при безперервній розливці.

Відомий спосіб та пристрій для нагріву [Патент США 4152532, МПК<sup>4</sup> H05H1/26], що дозволяють обробляти різні метали газом, нагрітим електричною дугою. Газ надходить до розплаву через внутрішню порожнину електрода, зануреного у оброблюваний рідкий метал. До недоліків цього способу слід віднести низьку швидкість процесів тепломасообміну у всьому об'ємі розплаву та недостатню повноту їх протікання.

Найбільш близьким (прототипом) до запропонованого винаходу щодо технічної суті та досягнутого результату є спосіб обробки рідкого

металу [Патент України 69091 А МПК C22B9/04, 9/05. Опубл. 2004. - Бюл. №8], що включає плазмовий нагрів та рафінування шляхом продувки високотемпературними середовищами вакуумованого розплаву, який відрізняється тим, що кольорові сплави рафінують та модифікують у реакційній камері, вакуумне ущільнення якої здійснюють оброблюваним розплавом.

Недоліками цього способу є, по-перше, низькі швидкості та недостатня повнота протікання процесів тепломасообміну й термодинамічної взаємодії газореагентних середовищ у всьому об'ємі розплаву, зниження температури металу при обробці його у реакційній камері без обігріву. По-друге, не повною мірою реалізуються технологічні можливості процесу вакуумування при обробці рідкого металу, тому що, як відомо, навіть при значному залишковому тиску в камері

(13) C2

(11) 81701

(19) UA

(до 100кПа і більше) вакуум поширюється у розплав лише на глибину не більше 0,3м. Крім вказаних недоліків, спосіб застосовується для обробки тільки кольорових сплавів, оскільки продувку розплаву в камері здійснюють плазмотроном, який занурюють у рідкий метал згори. Реалізація цього способу на сталі та сплавах з високою температурою плавлення вельми проблематична через відсутність матеріалів для виготовлення занурюючих плазмотронів.

Загальним недоліком розглянутих способів є великі теплові втрати та значне зменшення (30-50K/хв) температури металу при вакуумуванні, що не дозволяє досягнути необхідного ступеня рафінування сплавів через обмеження часу їх обробки.

Метою запропонованого винаходу є розробка способу циркуляційного вакуумування сплавів в потоці при їх безперервній розливці з комбінованим плазмово-індукційним нагрівом і термокінетичним впливом плазмового струменя на метал, який вакуумується. Така обробка дозволяє підвищити ефективність процесів рафінування й легування сплавів за рахунок інтенсивної взаємодії газореагентних середовищ з розплавом, отримати високоякісні безперервнолиті заготовки та прокат з них.

Поставлена мета досягається тим, що у запропонованому способі безперервного вакуумування рідкого металу з його плазмово-індукційним нагрівом в проміжному ковші МБЛЗ, який включає плазмовий нагрів, продувку сплаву, що вакуумується, високотемпературним газом у камері, вакуумне ущільнення якої здійснюють безпосередньо оброблюваним розплавом, згідно з винаходом, рідкий метал пропускають крізь вакуумну камеру, яка нагрівається індуктором над її вертикальною перегородкою, з одночасним термо-кінетичним впливом плазмотрону на розплав у нижній частині камери, при цьому висоту стовпа металу над перегородкою регулюють витратою плазмоутворюючого газу та величиною залишкового тиску в вакуумній камері.

Запропонований спосіб дозволяє зменшити на 60-100K перегрівання розплаву в плавильному агрегаті та обробляти рідкий метал при безперервній розливці на МБЛЗ. Розплав при вакуумуванні інтенсивно переміщується у порожнині нагнітання (між стінками камери та перегородкою) нагрітим у плазмотроні газом. В результаті цього підвищується швидкість термодинамічної взаємодії фаз у розплаві, збільшується ступінь видалення із сплавів газів і неметалічних включень, вуглецю із сталі.

Пропускання розплаву через камеру з регульованою висотою потоку над перегородкою дозволяє ефективно вакуумувати весь об'єм металу, який надходить з проміжного ковша у кристалізатор. Висота розплаву над перегородкою не повинна перевищувати 0,3м, що регулюється витратою плазмоутворюючого газу (аргон, азот або їх суміш). При більшій висоті стовпа металу над перегородкою, як відомо, вакуум не поширюється на всю глибину потоку розплаву

навіть при високому (100кПа і більше) залишковому тиску в камері.

При застосуванні у якості плазмоутворюючого газу азоту можна проводити азотування сталі у проміжному ковші нагрітим у плазмотроні та частково іонізованим газом замість важкої операції нітридного зміцнення рідкого металу.

Постійний термо-кінетичний вплив плазмовим струменем на розплав, який надходить до вакуумної камери, збільшує інтенсивність взаємодії газореагентних середовищ та масоперенос у рідкому металі, виключає негативний вплив спадковості шихтових матеріалів на структурно-міцнісні властивості литих виробів.

Розташування водоохолоджуваного плазмотрона в футеровці нижньої частини проміжного ковша дозволяє підвищити надійність роботи і термін експлуатації його основних вузлів, використовувати для їх виготовлення недефіцитні матеріали.

Реалізація запропонованого способу здійснюється за допомогою установки, схема якої представлена на фіг.1.

Установка складається з: водоохолоджуваного плазмотрона 1; вакуумної камери 2 з індуктором 3; проміжного ковша 4 з вертикальною перегородкою 5, яка розділяє вакуумну камеру 6 на дві порожнини - нагнітання і зливу розплаву.

Обробку рідкого металу запропонованим способом здійснюють так. При відкритому доступі інертного газу вмикають плазмотрон 1 і заливають рідкий метал у проміжний ківш 2 при закритому зливному отворі у кристалізатор. Розплав з позиції заливки через технологічні отвори 3 в перегородці 4 рівномірно заповнює весь простір ковша до рівня, достатнього для герметизації вакуумної камери (як правило, на 50-100 мм вище нижнього зрізу камери). Після цього вмикають індуктор 5 і вакуумний насос (на фіг.1 не показаний), відкривають доступ металу в кристалізатор. Під дією розрідження й газліфтного транспортування нагрітим у плазмотроні газом розплав підіймається у вакуумній камері 6 на певну висоту, яка залежить від величини залишкового тиску в камері при вакуумуванні та витрати газу через плазмотрон. Ці параметри регулюють так, щоб рівень стовпа металу в камері постійно не перевищував 0,3 м від верхнього краю перегородки. Рідкий метал при постійному плазмово-індукційному впливі в умовах вакууму безперервно надходить через перегородку у зливну порожнину камери до позиції заливки в кристалізатор.

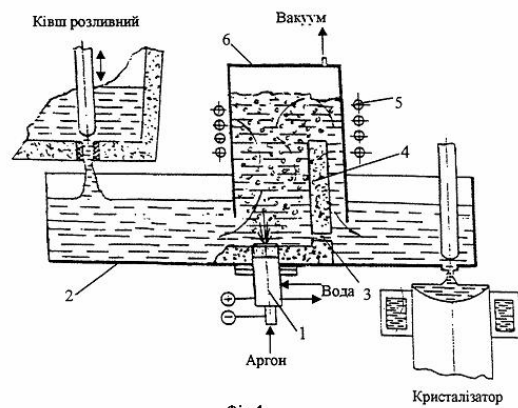
Реалізацію запропонованого способу здійснили на алюмінієвому сплаві В95 (ГОСТ 1131-76) при виготовленні безперервнолитих зливків у вертикальному кристалізаторі. Рідкий метал при температурі 1010K магнітодинамічною установкою МДН-6М заливали до футерованого волограном проміжного ковша. У ковші встановлювали вакуумну камеру діаметром 350 мм з перегородкою, які виготовлені з листа титана товщиною 4 мм марки ВТ-1 (ОСТ 1.90013-81). Ззовні камеру нагрівали індуктором від індукційної печі ІСТ-016 при підведеній до нього потужності

40кВт. На плазмотрон, встановлений у нижній частині ковша під порожниною нагнітання вакуумної камери, подавали напругу 35В при струмі 450А. В якості плазмоутворюючого газу використовували аргон найвищої очистки, витрату якого регулювали в межах 6,5-7л/хв. У камері вакуумним насосом створювали розрідження з залишковим тиском 5,5-6кПа. При цих параметрах рівень стовпа металу в камері на 200-220мм перевищував висоту її перегородки. При вказаних технологічних режимах отримували круглий зливоч діаметром 200мм та довжиною 1800мм.

Запропонований спосіб безперервного вакуумування рідкого металу з плазово-індукційним нагрівом дозволяє отримати зливки з більш дрібною і рівномірно розподіленою по їх об'єму мікроструктурою та кращими механічними властивостями (табл.).

Дослідження якості металу показало, що після обробки сплаву запропонованим способом кількість неметалічних включень в ньому зменшується на 56-60%, концентрація водню - на 83-85%. Внаслідок цього підвищується міцність і пластичність зливку. Крім цього, застосування комбінованого плазово-індукційного нагріву дозволило підвищити температуру розплаву за час його обробки з 1010 до 1035К.

Отже, запропонований спосіб на відміну від прототипу та інших аналогів дає змогу одержати новий технічний ефект, виражений у підвищенні ефективності процесів безперервного рафінування та модифікування сплавів і якості литої металопродукції.



Фіг. 1

Кристалізатор

Таблиця

Ефективність рафінування сплаву В95 (ГОСТ 1131-76) і фізико-механічні властивості зливку

Спосіб обробки	Масова частка, %		Механічні властивості	
	$[H_2] \cdot 10^{-6}$	$[Al_2O_3] \cdot 10^{-6}$	$\sigma_b$ , МПа	$\delta$ , %
Без обробки	56	41	185	3,5
Прототип (Патент України 69091А)	19	24	204	4,2
Запропонованим способом	9	18	221	5,4