



УКРАЇНА

(19) UA (11) 85974 (13) C2
(51) МПК (2009)
B22D 11/055
B22D 11/04
B22D 11/041

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

(54) КРИСТАЛІЗАТОР ДЛЯ БЕЗПЕРЕРВНОГО РОЗЛИВАННЯ МЕТАЛІВ

1

(21) а200713303

(22) 29.11.2007

(24) 10.03.2009

(46) 10.03.2009, Бюл.№ 5, 2009 р.

(72) ЛАРІОНОВ ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСІЙОВИЧ, UA,
КЛИМАНЧУК ВЛАДИСЛАВ ВЛАДИСЛАВОВИЧ, UA,
ІРХА ВІКТОР МИКОЛАЙОВИЧ, UA, ФЕНТІСОВ
ІГОР МИКОЛАЙОВИЧ, UA, КАПЛАНОВ ВАСИЛЬ
ІЛЛІЧ, UA, ТОКІЙ АНАТОЛІЙ МИКОЛАЙОВИЧ, UA,
ОВСЯННИКОВ ВАДИМ ГЕОРГІЙОВИЧ, UA, БОЧЕК
АНАТОЛІЙ ПАВЛОВИЧ, UA, МІЛЬЧЕВСЬКИЙ ІГОР
АНАТОЛІЙОВИЧ, UA, ЛЕХТЕР ОЛЕКСАНДР ВІК-
ТОРОВИЧ, UA, НЕЧИПУРЕНКО ЄВГЕН СТЕПА-
НОВИЧ, UA, БЕРЕЗІН ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНД-
РОВИЧ, UA

(73) ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "МА-
РІУПОЛЬСЬКИЙ МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ ІМ.
ІЛЛІЧА", UA

(56) SU, 452 601, A, 05.12.1974

UA, 55 984, A, 15.04.2003

RU, 2 006 338, C1, 30.01.1994

RU, 2 173 605, C2, 20.09.2001

FR, 2 440 795, A1, 06.06.1980

DE, 102 01 502, C1, 24.04.2003

US, 5 716 510, A, 10.02.1998

JP, 60-033854, A, 21.02.1985

JP, 62-089553, A, 24.04.1987

TEJITSCH, 1.2.CB 2512-M 33501/DL.Z.001, Linz,
2000, р. 1, 2

2

Буланов Л.В., Корзунин Л.Г., Парфенов Е.П. и др.
Машины непрерывного литья заготовок. Теория и
расчет. Уральский центр ПР и рекламы "Марат",
Екатеринбург, 2004.- С. 44-46

UA, 76 368, C2, 17.07.2006

(57) 1. Кристалізатор для безперервного розли-
вання металів, який містить прикріплені до стале-
вого корпусу кріпильними шпильками дві вузькі
стінки з мідним шаром і сталевим плакованим ша-
ром, розташованим з їх тильного боку, систему
водоохолодження, утворену каналами, який **відрі-**
зняється тим, що в кристалізаторі по всій ширині
й довжині вузьких стінок канали виконані в перерізі
прямокутної форми, порожнина кожного з яких по
всій глибині розташована як у частині сталевого
плакованого шару цих стінок, так і в частині з мід-
ного шару, причому поверхня сталевого плакова-
ного шару оснащена надставками, жорстко під'єд-
наними до його поверхні, наприклад зварюванням,
а надставки виконані з вертикально розподілени-
ми різьбовими отворами під кріпильні шпильки.

2. Кристалізатор за п. 1, який **відрізняється** тим,
що всі канали прямокутної форми виконані по
ширині й довжині вузьких стінок кристалізатора на
однаковій відстані один від одного.

3. Кристалізатор за п. 1 або 2, який **відрізняється**
тим, що канали прямокутної форми з сталевим
плакованим шаром у їх верхній частині закриті
сталевими привареними кришками.

Винахід, кристалізатор для безперервного
розливання металів, належить до металургії чор-
них і кольорових металів, зокрема до безперерв-
ного розливання металів.

Відомі кристалізатори складової конструкції
для відводу тепла від розплавленого металу, у
яких вузькі стінки з мідних сплавів, що містять ка-
нали водоохолодження прямокутної форми пере-
тину, розташовані між широкими й закріплені до
сталевго корпусу за допомогою кріпильних шпи-
льок. При цьому вся робоча поверхня вузьких сті-
нок входить до складу порожнини кристалізатора,

тому від стану їхнього теплообміну багато в чому
залежить такі основні параметри безперервного
лиття заготовок, як швидкість розливання, та її
якість.

У відомих кристалізаторах вузькі стінки вико-
нані рознімною конструкцією, при якій у мідній сті-
нці, що містить прямокутні (фрезеровані) канали,
місця кріплення шпильок, для з'єднання її зі стале-
вим корпусом розташовані між двома ближніми до
бічних граней (ребер) каналами, а поблизу самих
ребер розташовані ізоляційні прокладки.

(13) C2

(11) 85974

(19) UA

Істотний недолік даного кристалізатора полягає в тому, що для зазначених місць необхідні ділянки підвищених розмірів як по товщині, так і по ширині, внаслідок чого ближні до ребер канали водоохолодження потрібно робити на віддаленій відстані від них.

Наприклад, у відомих кристалізаторах такої конструкції розміри даних ділянок по ширині стінки від ребра до ближніх двох каналів і між ними виконані найчастіше в інтервалах 22-24 і 24-30 мм, відповідно, у той час як відстань між іншими каналами по ширині стінки становить 10-13 мм.

Відомі дані фірми «Уралмаш - МО», що полягають у тому, що у зв'язку з наявністю поблизу ребер і між ближніми каналами ділянок підвищених розмірів існує проблема з організацією охолодження зазначених зон робочої поверхні вузьких стінок. При цьому встановлено, що температура нагрівання цих зон (T_p) у процесі роботи кристалізаторів перевищує температуру середини робочої поверхні (T_c) стінки більш ніж на 50°C. Однак при незадовільній організації охолодження ребер стінки ближніми каналами відбувається їхній перегрів на 100-200°C [1].

[1] Л.В. Буланов, Л.Г. Корзунин, Е.П. Парфенов, Н.А. Бровский, В.Ю. Авдонин «Машины непрерывного литья заготовок» Уральский центр ПР и рекламы «Марат» Екатеринбург 2004г.

Установлено також на практиці, що наявність перегріву в зазначених зонах вузьких стінок пов'язано

зі зниженням у цих місцях росту товщини бічних граней кристалізуючої оболонки, безперервнолитої заготовки з утворенням її стоншень. При цьому на ділянках, розташованих поблизу широких граней оболонки, можуть виникати поздовжні тріщини. Поряд із цим при досягненні температури вище порога рекристалізації в зазначених місцях вузьких стінок може відбуватися розміщення й руйнування металу стінки. Все це в сукупності обмежує умову застосування високих показників швидкості розливання із забезпеченням належної якості безперервнолитих заготовок.

Зазначеною фірмою розроблені й застосовані у виробництві ряд сучасних технічних рішень по підвищенню швидкості розливання шляхом оптимізації основних параметрів у гідравлічній системі водоохолодження вузьких стінок, що робить істотний вплив на зниження в них температури ребра робочої поверхні стінки, до яких належать наступні показники з їхніми умовними позначками: товщина й ширина стінки H_c і B_c , глибина й ширина каналів h_k і S_k , відстань між каналами A_k , ширина ділянки від ребра до ближнього каналу A_1 , ширина ділянки між двома ближніми каналами з місцем для установки шпильки A_{mk} .

Дані по показниках температур T_p і T_c і вищевказаним параметрам наведені в таблиці, у якій для порівняння показані аналогічні параметри вузьких стінок інших фірм.

Таблиця

n n	Найменування фірми виробника	T_p °C	T_c °C	H_c мм	B_c мм	h_k мм	S_k мм	A_k мм	A_{mk} мм	A_1 мм
1	«Уралмаш»	350	294	50	260	22	8	13	30	22
2	«Металлургическое оборудование»	348	291	40	270	11	5	10	25	22
3	«ФАИ»	358	300	45	212	21	5	11	23	22
4	Другая зарубежная фирма	390	323	50	312	18	5	11	30	24

Згідно цим даним кристалізатори вищевказаної фірми із прямокутними каналами забезпечують одержання порівняно кращих показників охолодження зон поблизу ребер вузьких стінок за рахунок застосування вдосконаленого пристрою вузлів кріплення шпильок між ближніми до ребер каналами водоохолодження (див. таблицю). При цьому в наведених двох конструкціях вузьких стінок для інтенсифікації охолодження зони ребра між ближніми до нього каналами із кріпильними шпильками виконаний додатковий канал меншого поперечного перерізу, що проходить через шпильки. У стінці товщиною 40 мм канал зроблений по засобах вставки спеціальної конструкції, привареної до сталевго корпусу. Завдяки застосуванню такого пристрою досягнута можливість виготовлення вузьких стінок зі зменшеною товщиною й зі зменшеною глибиною каналів, що забезпечило економію міді до 43% у порівнянні зі стінками із циліндричними каналами. При цьому стінки розраховані на розливання зі швидкістю 1,7-1,8 м/хв.

Недолік цієї конструкції полягає в тому, що установка вставок зі шпильками на необхідну гли-

бину мідної стінки вимагає застосування трьох рядів вузлів кріплення її до сталевго корпусу замість двох, використовуваних у всіх відомих кристалізаторах. Конструкція даних стінок піддається випробуванням у досвідченому порядку в умовах НТМК, причому досягнуті також мінімальні показники температури робочої поверхні стінки в зонах ребра й середини її, що становлять 348 і 291°C відповідно. [TEJITSCH, 1,2 СВ 2512-M3390/JL.Z 001, Linz, 2000, p.1,2].

Відомі кристалізатори фірми «ФАИ» (Австрія), у яких з метою більше інтенсивного охолодження ребер у вузьких стінках ближні канали виконані похило під кутом до них, рівним 75° зі збільшенням довжини приблизно на 3 мм, що дозволило одержувати температури T_p і T_c , рівні 358 і 300°C, відповідно.

Наведені дані дозволяють прийти до висновку, що застосування відомих фірмами найбільш оптимальних параметрів водоохолодження вузьких стінок сприяє зниженню загального рівня показників температури на їхній робочій поверхні як у зоні ребра, так і в середині стінки при одночасному

зменшенні її товщини. Однак, практично, залишилося на колишньому рівні відзначена раніше нерівність значень температур у вищевказаних зонах, показує, що температура на поверхні ребра має значення вище чим на її середині. При цьому мінімальне й максимальне значення температури ребра перебуває в інтервалі 348-390°C відповідно, а на середині стінки становить 291-311°C.

Причому різниця між даними значеннями перебуває в інтервалі від 56-82°C.

Згідно даним досліджень фірми «Уралмаш - МО» відомо, що найбільш низькі показники вищевказаних температурних показників (T_p і T_c) отримані при товщині стінки 35мм. У цей час відсутні дані про практичну можливість виготовлення й випробування вузьких стінок з такою товщиною. Поряд із цим установлено також, що практично залишається невирішеною проблема можливого виготовлення вузьких стінок з мідних плит товщиною менш 40мм у сукупності зі зменшенням глибини каналів водоохолодження. Рішення цього питання вимагає відповідної зміни рівня розташування кріпильних шпильок у мідній стінці.

Таким чином, установлено, що даний тип відомих кристалізаторів з вузькими стінками різномірної конструкції не забезпечує можливість зниження температури робочої поверхні поблизу бічних граней вузьких стінок до рівня показників на їхній середині через наявність у цих місцях шпильок для кріплення мідних стінок до сталевго корпуса. Причому, практично, з даної причини не вирішена також проблема інтенсифікації теплообміну у вузьких стінках за рахунок зменшення їхньої товщини нижче 40мм.

Найбільш близьким пристроєм по забезпеченню вирівнювання температури робочої поверхні по всій ширині вузьких стінок за рахунок застосування мінімально можливої товщини мідного шару в сукупності з розробкою нової конструкції кріплення їх до сталевго корпуса є кристалізатор для безперервного розливання металів, що містить вузькі стінки не рознімної конструкції, виконані з мідних сплавів, постачені плакованим шаром, розташованим з тильної сторони; водоохолоджувальну систему, утворену на 0,6-0,8 довжини верхньої частини вузьких стінок каналами циліндричної форми перетину, а на «вводі-виводі» і в нижній частині вузьких стінок, канали виконані прямокутної форми, що закриваються сталевими кришками, жорстко закріпленими до плакованого шару. [Патент України на винахід №55984А МПК В22Д 11/04 опубл. 15.04.2003р.].

Недолік відомого кристалізатора полягає в тому, що він містить водоохолоджувальну систему робочих каналів прямокутної форми перетину, виконаних замість циліндричних робочих каналів, тільки в нижній частині вузьких стінок. Це виключає можливість виготовлення їх з тонким основним шаром з міді за рахунок виконання зазначених прямокутних каналів на меншій глибині, чим займають циліндричні канали.

В основу винаходу поставлена задача розробити кристалізатор безперервного розливання металів, у якому за рахунок нової форми конструкційних елементів досягається можливість вигото-

влення вузьких стінок з основним шаром з мідних сплавів і плакованим шаром зі сталі з виконаними в їхньому складі всіх робочих каналів охолодження по довжині тільки прямокутної форми перетину каналів не рознімної конструкції, порожнини яких по глибині розташовані як у плакуючому шарі (hc), так і в основному металі (hm). При цьому забезпечується можливість кріплення вузьких стінок до сталевго корпуса по засобах пристрою розташованого поза основним шаром з міді й каналів охолодження, що перебувають у ньому.

Це технічне рішення виключає необхідність розміщення кріпильних шпильок між порожнинами ближніх до бічних граней каналів водоохолодження. У сукупності із цим забезпечується можливість виготовлення вузьких стінок не рознімної конструкції з мінімально можливою товщиною основного шару з мідних сплавів за рахунок зменшення в ньому частини (hm) від загальної глибини каналів (hk). Причому всі канали по ширині стінки виконані на однаковій відстані один від одного, що сприяє вирівнюванню показників температури робочої поверхні по всій ширині вузьких стінок (T_p і T_c).

Для рішення поставленої задачі в пропонованому кристалізаторі для безперервного розливання металів, що містить прикріплені до сталевго корпуса кріпильними шпильками дві вузькі стінки з мідним і сталевим плакованим шаром, розташованим з тильного боку; водоохолоджувальну систему, утворену на 0,6-0,8 довжини верхньої частини вузької стінки каналами циліндричної форми перетину, а на «вводі-виводі» і в нижній частині стінок канали виконані прямокутної форми, що закриваються сталевими кришками, жорстко закріпленими до плакованого шару, відповідно до винаходу всі водоохолоджувальні канали по ширині й довжині вузьких стінок виконані прямокутної форми перетину (фрезеровані) з індивідуально регульованою системою тепловідводу за рахунок того, що кожний такий канал на всій глибині (hk) міститься у двох шарах металів, що виробляються однією частиною в сталевому плакуючому шарі, (hc) і іншою - в основному металі з міді (hm). При цьому основний показник даного теплообміну визначається співвідношенням значень розмірів частини й глибини каналу, що міститься в мідному шарі до загальної його глибини (hm/hk), що може встановлюватися в межах від одиниці до нуля по довжині кожного або по групі каналів. Причому гідравлічний баланс у таких каналах забезпечується за рахунок використання частини каналу, що втримується в сталевому плакуючому шарі (hc). При цьому сума обох частин становить загальну глибину каналу hk, тобто $hm+hc=hk$. Це є свідченням того, що дана конструкція прямокутних каналів на всій довжині (довжині) стінки, або її частини можуть бути виконані тільки в мідному шарі також у двох шарах, або тільки в сталевому плакуючому шарі.

У сукупності із цим у пропонованому кристалізаторі кріпильні шпильки розташовані поза мідного й сталевго плакуючих шарів, і пропущені через сталевий корпус і закріплені усередині надставок, жорстко прикріплених до плакованого шару, і розміщених усередині сталевго корпуса.

Причому всі прямокутні водоохолоджувальні канали виконані на однаковій відстані один від одного по всій ширині стінки, що сприяє вирівнюванню теплообміну від їхніх бічних граней (T_p) до рівня середини стінки (T_c).

Наявність прямокутних каналів у сукупності з надставками на двошарових вузьких стінках забезпечує можливість поліпшення в пропонованому кристалізаторі наступних техніко-економічних показників.

Виготовлення стінок у крупнослябових і інших МБЛЗ із тонким основним шаром з міді з показником товщини H_c , порядку 40 мм і меншим при значенні корисної товщини до 30 мм, що виконується за рахунок зменшення глибини каналів, що втримуються в мідному шарі, до найменшого рівня, що забезпечує нормальну теплову роботу стінок. При цьому не потрібне виконання яких-небудь додаткових технологічних рішень таких як, наприклад, у вузьких стінках фірми «Уралмаш - МО» товщиною 40 мм із каналами глибиною 11 мм., у яких для міцного закріплення тонких мідних стінок до сталевого корпусу кріпильними шпильками, розташованими на рівні глибини каналів, потрібна була установка їх у три ряди замість звичайно діючих двох рядів.

У пропонованому кристалізаторі подальше зменшення товщини основного металу з міді у двошарових стінках до 35 мм і менше доцільно робити у вищевказаному порядку за рахунок зменшення прямокутних каналів частини, що містяться в мідному шарі до 5 мм і менше. При цьому канали у двошаровому металі виконуються з розрахунку одержання в ньому необхідної швидкості охолоджувача. Інтенсифікація тепловідводу й більш рівномірний його розподіл по ширині стінки досягається також за рахунок зменшення значення відстані між порожнинами вищевказаних каналів (Ак).

Міцність у роботі зазначених каналів у складі двошарових стінок забезпечується за рахунок кришок, що закривають їхні порожнини й приварених до сталевому плакованого шару. Визначення теплової роботи таких стінок трохи ускладнено у зв'язку з тим, що процес тепловіддачі в їхніх каналах водоохолодження відбувається за допомогою двох різнорідних металів, що втримуються в основному шарі з міді й у плакуючому шарі, що зі сталі. При цьому даний контакт між шарами зазначених металів міститься по площинах (ширині) перегородок між каналами, на яких границя двох шарів складається зі спільно деформованих молекулярних часток, міцно з'єднаних між собою при виготовленні двошарових плит, наприклад, способом зварювання імпульсними навантаженнями (вибухом). Причому при даному способі утвориться хвилоподібна форма межі шарів металів, що також повинно сприяти інтенсифікації теплопередачі між двома різнорідними металами. Установити ефективність теплопередачі в такій конструкції каналів водоохолодження найдоцільніше керуючись частково наявними практичними даними.

Наприклад, відомий досвідчений кристалізатор фірми «Уралмаш - МО», у якому канали водоохолодження прямокутної форми перетину вико-

нані не в мідній стінці, а в сталевому корпусі. За результатами його випробування встановлено, що така система охолодження приводить до погіршення теплового стану стінки. Однак, на підставі отриманих результатів фахівцями фірми дані рекомендації, щоб ширина вищевказаних каналів перевершувала відстань між ними. Це повинно сприяти збільшенню площі контакту мідної стінки безпосередньо з охолоджувачем на дні каналу. Причому відвід тепла від мідної стінки до сталевих перегородок може бути значно утруднений або повністю відсутній у зв'язку з утворенням у цих місцях контакту грубих окислів або зазорів від температурного жолоблення тонкої мідної стінки.

На фігурі зображений поперечний розріз правої частини пропонованого кристалізатора із прямокутними каналами, виконаними у двошаровому металі в сукупності з новою конструкцією пристрою для кріплення двошарових вузьких стінок до сталевому корпусу через надставки.

Кристалізатор містить сталевий корпус 1 і дві двошарові вузькі стінки, що складаються з основного мідного шару 2 і сталевому плакованого шару 3, розташованого з тильного боку стінки.

У вузькій стінці по довжині й ширині втримуються всі канали прямокутної форми перетину 4, порожнини яких по глибині (h_k), виконані в цілому як у мідному шарі 2 (h_m), так і в сталевому плакуючому шарі, 3 (h_c). Прямокутні канали 4 виконані нероз'ємною конструкцією й закупорюються сталевими кришками 5, міцно привареними до плакованого шару 3, розташованого з тильного боку стінки. При цьому тильним боком стінка міцно закріплюється до сталевому корпусу 1 по засобах надставки 6, також привареної до плакованого шару 3, у різьбовий отвір якої вкручується кріпильна шпилька 7, що перебуває поза мідним шаром 2. Сама надставка розташована з певним зазором у порожнині сталевому корпусу 1 з отвором у ньому для установки шпильки 7. Надставки можуть приварюватися як до плакованого шару, безпосередньо, так і до кришок каналів 5, тому місця їхньої установки визначаються конструкційно. При цьому у вузьких стінках пропонованого кристалізатора відстань від крайнього каналу 4 до бічних граней стінки становить порядку 15-20 мм, а на іншій частині ширини стінки канали виконані на однаковій відстані один від одного по всій довжині стінки.

Пропонований кристалізатор працює в такий спосіб. Рідкий метал із проміжного стакан-ковша через заглибний стакан подається в робочу порожнину кристалізатора, утворену охолоджуваними мідними шарами 2. Під впливом охолоджуваної рідини починається процес формування з рідкого металу скоринки безперервнолітої заготовки, що у верхній частині кристалізатора щільно контактує з мідними шарами 2 вузьких стінок.

Прямокутні канали 4, виконані в безпосередній близькості від крайніх бічних граней на колишніх ділянках установки кріпильних шпильок сприяють збільшенню охолоджених поверхонь у цій зоні мідного шару 2 і інтенсифікує процес тепловідводу від твердіючої оболонки від литої заготовки. У результаті цього забезпечується умова вирівнювання значень температури на робочій поверхні по-

близу ребер T_r і на середині T_s , що є істотним показником при застосуванні високої швидкості розливання рідкого металу. Надалі відбувається усадка затверділої оболонки, що відходить від стінок кристалізатора, утворюючи зазор. Тому діюча частка навантажень на вузькі стінки незначна й багато в чому залежить від правильно встановленої їх конусності. При цьому міцність звареного з'єднання надставки 6 із плакованим шаром 3 перебуває на високому рівні, як і міцність зварювання сталевого плакованого шару, 3 з мідним шаром 2 вузькі стінки.

Застосування пропонованої конструкції кристалізатора дозволяє:

- вирівнювати температуру робочої поверхні стінок у зоні бічних граней T_r до рівня показника

на її середині T_s за рахунок інтенсифікації тепловідводу прямокутними каналами, виконаними в цій зоні, у результаті чого забезпечується можливість одержання в затверділій оболонці заготовки з рівномірною товщиною її бічних граней;

- виготовляти двошарові вузькі стінки з тонким основним шаром з міді (40мм і менш), що забезпечує економлю даного металу на 50% і більше в порівнянні зі стінками, що містять циліндричні канали охолодження.

- забезпечити можливість робити розливання рідкого металу з підвищеними показниками швидкості розливання, характерними для кристалізаторів із прямокутними каналами, рівними порядку 1,5-1,7м/хв.

