



УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **78052**

(13) **U**

(51) МПК

B30B 15/28 (2006.01)

B22D 11/16 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

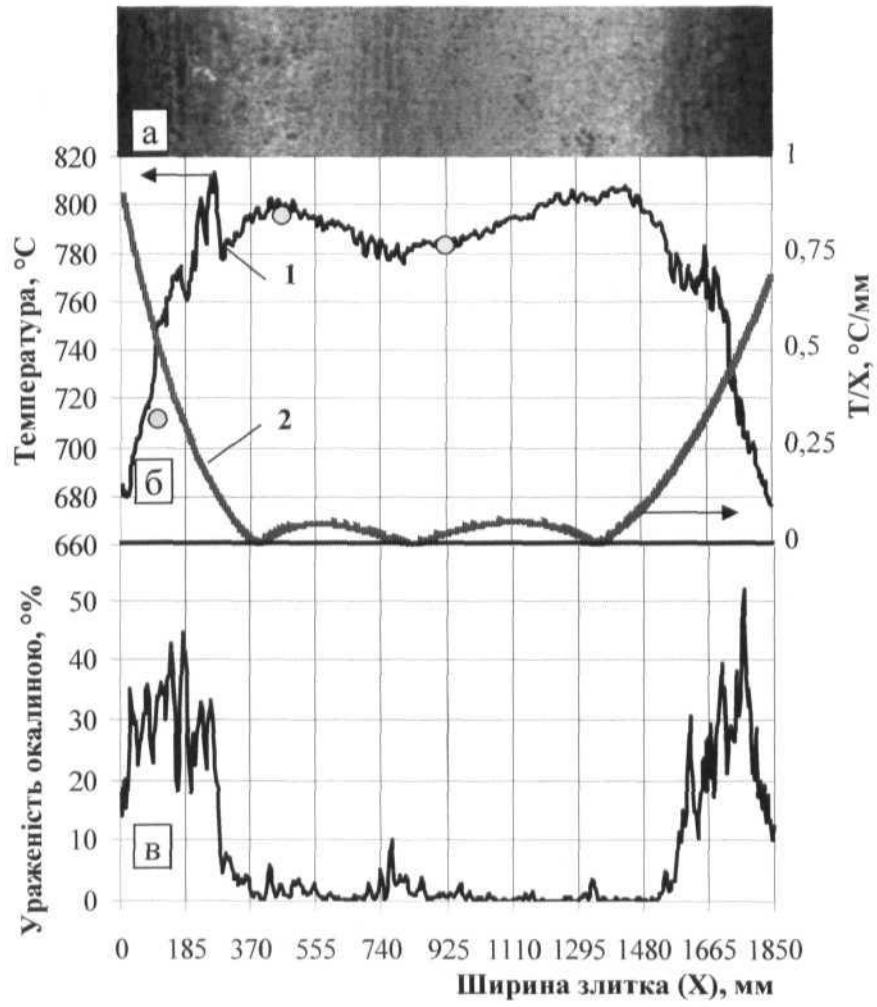
(21) Номер заявки: u 2012 09020	(72) Винахідник(и): Федосов Андрій Васильович (UA), Казачков Євгеній Олександрович (UA), Кислиця В'ячеслав Володимирович (UA), Ісаєв Олег Борисович (UA)
(22) Дата подання заявки: 23.07.2012	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 11.03.2013	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 11.03.2013, Бюл.№ 5	(73) Власник(и): ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД "ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ", вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, Донецька обл., 87500 (UA)

(54) СПОСІБ ОПТИЧНОГО ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВЕРХНІ БЕЗПЕРЕРВНОЛИТИХ ЗЛИТКІВ

(57) Реферат:

Спосіб оптичного вимірювання температури поверхні безперервнолитих злитків включає установку оптичного вимірника з приладом із зарядним зв'язком (ПЗЗ) матрицею на ділянці виходу злитка із зони вторинного охолодження машини безперервного лиття злитків (МБЛЗ) так, щоб нормаль візування була перпендикулярна до поверхні злитка. Як вимірник температури використовують пристрій, оснащений кольоровою ПЗЗ матрицею з високою роздільною здатністю. Визначення температури здійснюють на основі комплексної величини відгуку ПЗЗ матриці за формулою.

UA 78052 U



Корисна модель належить до металургійного виробництва, зокрема до безперервної розливки сталі, і може бути використана для безконтактного встановлення теплового стану поверхні безперервнолитих злитків безпосередньо у процесі їх виливання.

Відомий спосіб автоматичного контролю температури поверхні безперервнолитих злитків [авт. свідоцтво СРСР № 1576228, 5 В22D 11/16, 23.03.88 "Способ автоматического контроля температуры поверхности слитка при непрерывной разливке и устройство для его осуществления" / Бриль Ю.Л., Брам В.М., Кац Г.А. и др.], який включає послідовний вимір температури ділянок поверхні злитка по його ширині пірометром, виконаним з можливістю переміщення по ширині і довжині технологічної осі машини безперервного лиття злитків (МБЛЗ), що дозволяє безперервно сканувати пірометром переріз злитка без зміщення по технологічній осі.

Реалізація цього способу вимагає установки на технологічну вісь МБЛЗ додаткової складної механічної конструкції для переміщення точкового датчика - пірометра, що ускладнює реалізацію методу. Також застосування механічної конструкції переміщення датчика обмежує надійність методу і вимагає частого контролю стану механізмів. Окрім цього, процес виміру розподілу температури по ширині злитків характеризується порівняно великим часовим інтервалом, що впливає на точність отриманих результатів.

Також відомий спосіб постійного збору і обробки інформації про зміну температури поверхні злитка, [Совершенствование системы вторичного охлаждения непрерывнолитой заготовки на основе реальной информации о тепловом состоянии слитка / А.Л. Кузьминов, А.В. Голубев, А.В. Кожевников [и др.] // Металлург.-2009. - № 4. - С. 41-44], яка є системою спеціально розроблених і виготовлених пірометричних датчиків і скануючого пірометра.

Скануючий пірометр, який використовують в способі, дозволяє вимірювати температуру поверхні злитка в декількох зонах по ширині злитка (діапазоном 700-1100 °С). З метою визначення температури за даними спектра випромінювання поблизу довжин хвиль - $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, в конструкції оптичної голівки пірометра застосовується три матриці приладів із зарядним зв'язком (ПЗЗ), що ускладнює конструкцію і збільшує вартість приладу.

Найбільш близьким до технічного рішення, яке заявляється, за результатом, що досягають, є спосіб вимірювання температури поверхні безперервнолитих злитків за допомогою тепловізора [Patent Application Publication US 0236743 A1; Y 22 D 46/00; 12/309,183; 10.24.2007 Apparatus and methods for measuring the surface temperature of continuous casting billets/slab / Z. Xie, Z. Hu, Y. Ci, [e.a.]], що прийнятий за прототип, у якому для виміру температури застосовуються два вимірники - тепловізор і інфрачервоний пірометр. Установка оптичного вимірника з ПЗЗ матрицею робиться на ділянці технологічної осі МБЛЗ в точці виходу злитка із зони вторинного охолодження так, щоб нормаль візування була перпендикулярна до поверхні злитка. Тепловізор використовує монохромну ПЗЗ матрицю, що фіксує випромінювання діапазоном довжин хвиль 760-1000 нм, з високою роздільною здатністю 1300×1024 точки.

Технічним обмеженням цього способу є використання монохромного датчика інтенсивності випромінювання поверхні злитка, що у разі забруднення повітряного простору між датчиком і поверхнею злитка парами води та діоксидом вуглецю послужить причиною значного підвищення погрішності вимірів, що проводяться. Застосування у такому разі пірометрів колірного відношення приведе до значного зменшення роздільної здатності методу до 800×600 точок.

У основу корисної моделі, що заявляється, поставлена задача розробити спосіб оптичного виміру температури поверхні безперервнолитих злитків в процесі їх відливання, в якому досягається суттєве збільшення інформативності даних про тепловий стан їх поверхні, а також зменшується вплив таких негативних чинників як забрудненість атмосфери на точність оптичного методу визначення температури поверхні злитків, що суттєво спрощує і знижує вартість представленого способу.

Для рішення поставленої задачі в способі оптичного вимірювання температури поверхні безперервнолитих злитків, що включає установку оптичного вимірника з ПЗЗ матрицею на ділянці виходу злитка із зони вторинного охолодження МБЛЗ так, щоб нормаль візування була перпендикулярна до поверхні злитка, згідно з корисною моделлю, як вимірник температури використовують пристрій, оснащений кольоровою (ПЗЗ) матрицею з високою роздільною здатністю (3648×2736 пікселів і більше), а визначення температури роблять на основі комплексної величини відгуку ПЗЗ матриці Λ :

$$\Lambda = \frac{(\sqrt{G_\lambda} + 0,05 \cdot R_\lambda)}{\sqrt{R_\lambda}}, \quad (1)$$

де R_λ , G_λ - значення відгуку ПЗЗ матриці, що відповідають інтенсивності випромінювання в двох інтервалах довжин хвиль, а температуру визначають виходячи з рівняння:

$$t = a \cdot \Lambda + b, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2)$$

де a і b - емпіричні коефіцієнти.

Використання як вимірника теплового випромінювання ПЗЗ матриці з високим розділенням полягає у можливості проведення фіксації теплового випромінювання з ділянок поверхні площею до 0,16 мм, що дозволяє отримувати детальну карту розподілу температури по поверхні безперервнолитих злитків. При високій роздільній здатності ПЗЗ матриці розмір осередків такий, що дозволяє не лише отримати детальну карту випромінювання, але і застосовувати прості алгоритми обробки даних при збереженні високої точності вимірів. Велика роздільна здатність ПЗЗ матриці дозволяє розміщувати об'єкт, що візується в центрі кадру і при цьому не заповнювати його периферійні ділянки, що дозволяє зменшити вплив різного роду аберації оптичної системи, тим самим підвищити точність візування.

Реєстрація випромінювання поверхні ведеться по сітці, що умовно накладається на поверхню злитка. Кожен піксель (точка растру) містить інтегральне для відповідного осередку значення інтенсивності випромінювання в трьох інтервалах довжин хвиль - λ_R , λ_G і λ_B . Величина реєстрованої щільності випромінювання дискретизує по 256-рівневій шкалі. Згідно з корисною моделлю для визначення температури на ділянці візування, якій відповідає проекція одного пікселя, використовують інформацію про відношення інтенсивності випромінювання для двох ділянок довжин хвиль.

Використання даних про співвідношення спектральної щільності випромінювання в двох діапазонах довжин хвиль дозволяє зменшити вплив на точність вимірів таких чинників як забрудненість атмосфери між вимірником і поверхнею злитка, різні аберації, які пов'язані з оптичною системою вимірника, а також проводити детальніше вивчення теплової картини поверхні безперервнолитих заготовок.

Проте різна чутливість елементів ПЗЗ матриці до випромінювання приводить до нелінійності передавальної характеристики вимірника, що ускладнює аналіз даних. Тому в даній корисній моделі запропоновано лінеаризуюче рівняння (1) для розрахунку вихідного параметра ПЗЗ матриці, за значенням якого проводиться градування вимірника, що в результаті дозволяє встановити лінійну залежність вихідної величини від температури візованого об'єкта (2).

На основі лабораторної бази ГВУЗ "ПДТУ" було проведено градування вимірника з ПЗЗ матрицею роздільною здатністю 3648×2736 пікселів.

З метою встановлення впливу збурювальних чинників, процес візування проводився з різної відстані і при різній зовнішній освітленості. Аналіз отриманих даних дозволив зробити висновок про відсутність суттєвого впливу цих чинників на результат виміру. Таким чином, в межах одного знімка чутливість вживаного вимірника дозволяє визначати зміну температури діапазоном 300 °C, при нижній межі чутливості від 620 до 1100 °C. Отримані інтервали температур добре підходять для визначення температури поверхні безперервнолитого злитка. Отримана залежність:

$$t = 210,73 \cdot \Lambda + 548,53, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3)$$

діапазон застосування якої відповідає інтервалу температур 680-940 °C.

З метою оцінки точності пропонованого методу у виробничих умовах проведена серія дослідних і контрольних вимірів поверхні безперервнолитого злитка. Виміри проводилися з розливного майданчика. Відстань візування складала 12 м. Відстань від меніска рідкої сталі в кристалізаторі до точки візування 45 м. Візування здійснювалося перпендикулярно до поверхні безперервнолитих злитків.

Результати визначення температури поверхні слябової заготовки: а - зразок візування; б - температура (1) і температурні градієнти (2) поверхні сляба; у - ураженість поверхні сляба окалиною; о - контрольні виміри пірометром представлені на кресленні.

Для оцінки адекватності отриманих результатів паралельно з процесом виміру температури за допомогою способу, що заявляється, проводилися контрольні виміри оптичним інфрачервоним пірометром "Cyclops 100" з класом точності 0,5. Для контролю вимірювалася температура в трьох точках, що лежать на відстані 1/15, 1/4 і 1/2 ширини заготовки від лівого ребра грані малого радіусу на відстані 45 м від меніска рідкої сталі. Виміри робилися при

розливанні заготовки на різних МБЛЗ, при різних вживаних перерізах і марках сталей. Результати вимірів представлені в таблиці.

Таблиця

Експериментальні дані про температуру поверхні безперервнолитих заготовок

№	Марка сталі	Ширина сляба, мм	Швидкість розливання, м/хвил.	Замірювання в точці 1/10 ширини заготовки, °С		Замірювання в точці 1/4 ширини заготовки, °С		Замірювання в точці 1/2 ширини заготовки, °С	
				Вимірник з ПЗЗ матрицею	Замірювання пірометром	Вимірник з ПЗЗ матрицею	Замірювання пірометром	Вимірник з ПЗЗ матрицею	Замірювання пірометром
1	У-40	1550	0,7	702	696±4*	750	759±4	755	748±4
2	АН-32	1850	0,7	727	735±4	809	799±4	798	789±4
3	РО-41	1550	0,7	701	692±4	776	769±4	778	786±4
4	Х 70	1850	1,1	867	873±4	902	894±4	916	909±4

* - діапазон температур, приведений після значень виміру пірометром, відповідає погрішності вживаного пірометра.

- 5 Аналіз даних, представлених в таблиці свідчить про те, що розбіжність між результатами вимірів, зроблених за допомогою оптичного вимірника з кольоровою ПЗЗ матрицею і пірометра не перевищує 20 °С, що складає при вимірюваних температурах 2 %.

Спосіб виконується наступним чином.

- 10 Растрове зображення, отримане в результаті візування вимірником, є набором яскравісних характеристик в трьох інтервалах довжин хвиль спектра випромінювання.

Проте можливі відмінності оптичної системи вимірників і технології виготовлення ПЗЗ матриць визначають індивідуальність залежності вихідних характеристик приладу від температури випромінювання поверхні металу. Тому необхідною умовою є проведення калібрування вимірника з метою побудови його колірного профілю і стандартизації вихідних параметрів.

- 15 Для вимірника визначаються оптимальні параметри візування для оптичних систем (експозиція, фокусна відстань, діафрагма). За умови збереження цих параметрів проводиться градування вимірника. Для градування вимірника можна використовувати будь-який еталон абсолютно чорного тіла (АЧТ), для якого відома залежність інтенсивності випромінювання від температури, при фіксованому значенні довжини хвилі випромінювання. Наприклад, світловимірювальна лампа СІ-16 (596 нм).

- 20 В процесі градування використовуючи рівняння (1) визначається лінійна залежність (2). Користуючись отриманою залежністю, як наприклад рівнянням (3), можна проводити обробку растра, отриманого за допомогою вимірника при візуванні поверхні безперервнолитих злитків за умови незмінності оптичних параметрів в процесі експерименту.

- 25 Для отримання якісних результатів необхідно врахувати деякі особливості процесу візування, пов'язані з аберацією використовуваної оптичної системи. Найбільш суттєві з них - це геометричні спотворення і ефект віньєтування. Геометричні спотворення можуть бути у вигляді циліндричного спотворення близько 1,0 %, і подушкоподібне спотворення близько 0,2 %. Ефект віньєтування характеризується неправильною передачею яскравості по краях зображення, проте велика площа в центрі зображення залишається неспотвореною. Усі ці спотворення проявляються на краях кадру, тому, для підвищення точності виміру, рекомендується візувати об'єкт так, щоб його зображення не займало площу, близьку до країв кадру.

- 30 Окрім цього при оптичній реєстрації температури на отримані результати чинить великий вплив кут візування до поверхні випромінювання. Тому рекомендується проводити виміри перпендикулярно до поверхні злитка.

- 35 Отримані в результаті візування значення інтенсивності випромінювання в двох інтервалах довжин хвиль - R_{λ} , G_{λ} підставляються в рівняння (1), за допомогою якого визначається комплексна величина Λ , яка у свою чергу є змінною в отриманому в процесі градування рівнянні (3) (при зміні умов візування і типу (ПЗЗ) матриці необхідно проводити градування по рівнянню (2)). В результаті підстановки Λ в рівняння (3) набуваємо значення температури для

точки растру, проекція якої відповідає певній ділянці візованої поверхні безперервнолитого злитка.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

5

Спосіб оптичного вимірювання температури поверхні безперервнолитих злитків, що включає установку оптичного вимірника з приладом із зарядним зв'язком (ПЗЗ) матрицею на ділянці виходу злитка із зони вторинного охолодження машини безперервного лиття злитків (МБЛЗ) так, щоб нормаль візування була перпендикулярна до поверхні злитка, який **відрізняється** тим, що як вимірник температури використовують пристрій, оснащений кольоровою ПЗЗ матрицею з високою роздільною здатністю 3648×2736 пікселів і більше, а визначення температури здійснюють на основі комплексної величини відгуку ПЗЗ матриці Λ :

10

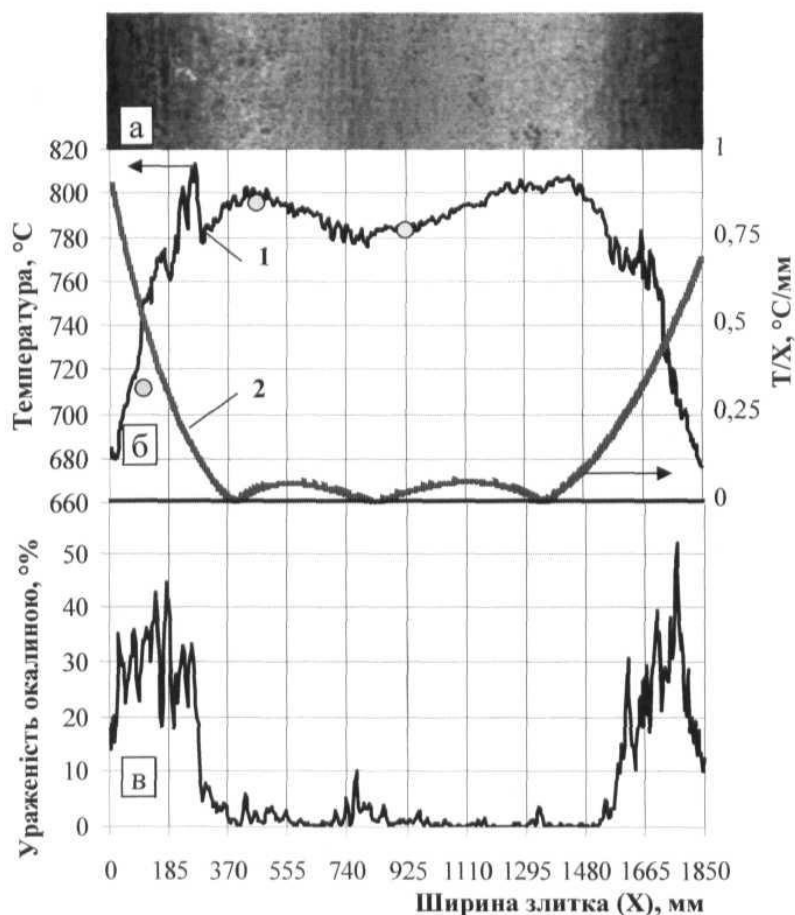
$$\Lambda = \frac{(\sqrt{G_\lambda} + 0,05 \cdot R_\lambda)}{\sqrt{R_\lambda}}, \quad (1)$$

де R_λ , G_λ - значення відгуку ПЗЗ матриці, відповідні інтенсивності випромінювання в двох інтервалах довжин хвиль, а температуру визначають, виходячи з виразу:

15

$$t = a \cdot \Lambda + b, \quad ^\circ\text{C}, \quad (2)$$

де a і b - емпіричні коефіцієнти.



Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601