



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **91239** (13) **U**  
(51) МПК (2014.01)  
**G01N 29/00**

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2014 00962</b>	(72) Винахідник(и): <b>Замула Анатолій Іванович (UA), Кулик Адольф Андрійович (UA), Вітітньов Юрій Іванович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>03.02.2014</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.06.2014</b>	(73) Власник(и): <b>Замула Анатолій Іванович, вул. XXII партз'їзду, 42, кв. 79, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., 50065 (UA), Кулик Адольф Андрійович, Вечірній бульвар, 3, кв. 106, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., 50076 (UA), Вітітньов Юрій Іванович, вул. Кропивницького, 77, кв. 46, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., 50096 (UA)</b>
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.06.2014, Бюл.№ 12</b>	

## (54) СПОСІБ КОНТРОЛЮ СПІВВІДНОШЕННЯ МІЖ ТВЕРДОЮ І РІДКОЮ ФАЗАМИ РОЗПЛАВУ В КРИСТАЛІЗАТОРІ УСТАНОВКИ БЕЗПЕРЕРВНОГО РОЗЛИВАННЯ СТАЛІ

### (57) Реферат:

Спосіб контролю співвідношення між твердою і рідкою фазами розплаву в кристалізаторі установки безперервного розливання сталі включає використання кристалізатора з зоною охолодження, в яку встановлені датчики акустичної емісії (АЕ) по висоті кристалізатора. Імпульси акустичної емісії підраховують на різній висоті кристалізатора, починаючи з верху від подачі розплаву. Для оцінки величини енергії отриманої з кожного датчика при кристалізації розплаву їх амплітуди, частоти і інших параметрів шляхом підсумовування імпульсів енергії з кожного датчика і суми імпульсів енергії з усіх датчиків кристалізатора. Одночасно відбувається оцінювання товщини "кірочки" зливка по кожному датчику та по сумі показань всіх датчиків акустичної емісії кристалізатора, а також оцінка міцності "кірочки" зливку по кожному датчику та по сумі показань всіх датчиків акустичної емісії кристалізатора або всього зливка перед обтисненням, що, в свою чергу, дає можливість оцінити стан охолодження кристалізатора на висоті кожного встановленого датчика і всього кристалізатора для керування охолодженням і подачею розплаву в кристалізатор.

UA 91239 U



Корисна модель належить до контролю і керування в утворенні твердої фази розплаву з рідкої його фази при кристалізації в установці безперервного розливання сталі (УБРС) з метою виключення прориву твердої кірки зливка при подачі металу для подальшої прокатки.

При затвердінні рідкого металу завдяки пружній напрузі в ділянці фронту кристалізації виникають пружні коливання - акустична емісія. Розчинений в металі газ і тверді включення формують різні гармоніки спектра акустичного сигналу. Контролюючи акустичні коливання можна визначити концентрацію і зміст твердого або газоподібного в металі.

Відомий спосіб для визначення неоднорідності металу і пристрій для його здійснення, що включає виливницю для розплавленого металу з ультразвуковим датчиком, вихід якого сполучений з входом блока реєстрації параметрів акустичної емісії, виконаний у вигляді лічильника імпульсів внутрішньої акустичної емісії остигаючого металу, вихід якого сполучений з входом блока індикації результатів контролю (енергії суми імпульсів) визначення вмісту газу в сплаві [1].

Недоліком способу є недостатня точність визначення вмісту кількості газів.

Одним з найбільш важливих вузлів, що визначають роботу машини безперервного лиття заготовки (МБЛЗ) і оптимальну кількість безперервно литої заготовки, є кристалізатор, в якому за рахунок відведення тепла від розплаву охолоджувальною водою (від 10 % до 30 % усього тепла) відбувається формоутворення заготовки [2].

Визначення закономірностей теплообміну між заготовкою і кристалізатором є актуальним завданням, оскільки від умов теплообміну залежить продуктивність МБЛЗ і якість поверхневих і підповерхневих шарів заготовки.

Знання закономірностей теплообміну між заготовкою і кристалізатором дозволяє оптимізувати конструкцію кристалізатора, дозування подання металу в кристалізатор для конкретного випадку.

Значення товщини кірки зливка, визначене в процесі кристалізації розплаву, визначає керування технологією виробництва сталі в УНРС.

Одним з методів обліку кількості відібраного тепла від розплаву в процесі його кристалізації є вимір кількості імпульсів акустичної емісії в діапазоні частот, що виділилися в процесі охолодження розплаву і його кристалізації, що визначає товщину твердих часток в розплаві.

Найбільш близьким технічним рішенням до корисної моделі, що заявляється є спосіб дослідження кінетики кристалізації металів з використанням методу акустичної емісії і пристрій для його здійснення заснований на обліку імпульсів акустичної емісії і визначення товщини кірки кристалічного металу при кристалізації розплаву в експериментальній установці, яка містить штатив, на якому розташований пірометр, тигель з досліджуванним розплавленим металом, до якого приєднаний п'єзо перетворювач сигналів акустичної емісії через звукопровід, далі попередній підсилювач сигналів акустичної емісії і далі прилад реєстрації і документування сигналів акустичної емісії [3].

Недоліками даного способу є те, що аналог припускає реєстрацію сигналів для визначення кількості сигналів АЕ (їх суму) до повної кристалізації розплавленого в тиглі металу, а також облік складний і вимагає складного апаратного облаштування для контролю технологічного процесу.

При кристалізації рідкого металу відбувається стрибкоподібна зміна щільності середовища за рахунок межі, що рухається, розділу фаз розплав - кристал, що супроводжується емісією акустичних коливань [4].

Задача корисної моделі - оптимізувати дозування подання розплаву в кристалізатор без проривів і керування роликми, що тягнуть, при вторинному охолодженні зливка, а також зниження втрат металу.

Поставлена задача вирішується тим, що реєструються значення акустичної емісії (АЕ) кристалічного розплаву сталі і підраховуються сумарні значення АЕ, по яких визначають комплексні параметри товщини кірки зливка (заготовки), а отриманні дані використовують для керування швидкістю розливання і охолодження заготівлі.

На кресленні зображено пристрій підрахунку імпульсів акустичної емісії.

В основу способу ставиться задання контролю товщини кірки металу, що кристалізується, в процесі охолодження розплаву в кристалізаторі установки безперервного розливання сталі (УБРС) для безпечного дозування металу в кристалізатор і подальшого просування металу в роликках, що тягнуть, без поривів "кірочки" металу і втрат (аварій) металу в результаті поривів, а також для поліпшення якості прокатаного металу.

Для контролю товщини кірки розплаву, що прокристалізувався, по висоті кристалізатора встановлюються датчики акустичної емісії і з них або через звукопроводи фіксується кількість енергії, що виділилася від кристалів розплаву, що утворилися, по висоті кристалізатора і ця

кількість враховується і підсумовується для визначення гарантованої товщини кірки кристала при подальшій обробці металу в роликах, що тягнуть.

В процесі підрахунку імпульсів акустичної емісії (АЕ) по висоті кристалізатора визначається товщина кірки зливка на вимірюваній висоті кристалізатора в кожен момент часу охолодження розплаву, а також оцінюється правильність дозування розплаву в кристалізатор для забезпечення достатньої кірки розплаву зливка, що містить усередині рідку фазу, при подальшій деформації за допомогою роликів, що тягнуть, при обтисненні розплаву без поривів кірки і забезпечення якісного охолодження центру зливка із заданою структурою розподілу кристалів, що забезпечує якість металу.

Рахунок імпульсів АЕ одночасно на різній висоті кристалізатора дає можливість порівнювати товщину кірки розплаву для кожної висоти, що дозволяє виключити помилку при визначенні товщини кірки для кожної висоти, а збільшення суми імпульсів визначає ріст кірки і стежить за загальною товщиною зовнішньої стінки зливка і контролює міцність заготовлі при подальшій обробці розплаву.

Кількість порохіваних імпульсів АЕ дозволяє визначити товщину кірки зливка з рідкою серединою по сумі імпульсів АЕ і оцінити правильність дози розплаву поданого в кристалізатор для охолодження.

Для конкретної УБРС і заданої марки сталі може бути порохована сума імпульсів АЕ ( $\Sigma AE$ ), що відповідає товщині безпечної "кірочки" зливка, а це, в свою чергу, є гарантією безпечної деформації зливка з рідкою серединою і технологічним режимом, що забезпечує якісне застигання середини зливка без поривів поверхні.

Таким чином імпульси АЕ що поступають на ЕОМ, підраховуються і поступають на блок керування технологічним процесом:

а) для оцінки стану охолодження кристалізатора на висоті кожного встановленого датчика і всього кристалізатора загалом повинно витримуватись співвідношення:

$$\Sigma AE_1 + \Sigma AE_2 + \Sigma AE_3 \geq T_b(70\%),$$

де  $AE_1$  - імпульси датчика  $D_1$  (верхній);

$AE_2$  - імпульси датчика  $D_2$  (середній);

$AE_3$  - імпульси датчика  $D_3$  (нижній);

$T_b(70\%)$  - товщина "кірочки" в кристалізаторі.

б) для керування швидкістю обтиснення зливка, та його охолодженням без поривів та втрат металу повинно витримуватись співвідношення

$$\Sigma AE_{1Bo} + \Sigma AE_{2Bo} + \dots + \Sigma AE_{nBo} \leq T_{Bo}(30\%),$$

де  $AE_{1Bo}$  - імпульси датчика  $D_{1Bo}$  вторинного охолодження (перший);

$AE_{2Bo}$  - імпульси датчика  $D_{2Bo}$  вторинного охолодження (другий);

$AE_{nBo}$  - імпульси датчика  $D_{nBo}$  вторинного охолодження (останній);

$T_{Bo}(30\%)$  - товщина "кірочки" технології вторинного охолодження.

Бібліографічний список

1. Пат. 2345355 С1 Россия, МПК G01N29/00. Способ определения неоднородности металла и устройство для его осуществления (варианты)/ Конев С.Ф., Мазуренко В.Г. - № 2007134312/28; Заявл. 17.09.2007; опубл. 27.01.2009, бюл. № 3. - 12 с.

2. Емельянов В.А. Тепловая работа машин непрерывного литья заготовок. - М.: Металлургия, 1988. - 43 с.

3. Урбах А.И. Использование метода акустической эмиссии для исследования кинетики плавления и кристаллизации легкоплавких металлов. [Электронный ресурс]/ А.И. Урбах, М.Д. Баннов, С.М. Дорошко, Е.Н. Гарбуз, Ю.В. Фещук // Матеріали X міжнародної науково-технічної конференції "ABIA-2011". - К.: НАУ, 2011. - Режим доступа: [http://avia.nau.edu.ua/doc/2011/1/avia2011\\_1\\_10.pdf](http://avia.nau.edu.ua/doc/2011/1/avia2011_1_10.pdf). - Загл. с экрана.

4. Гапонов В.Л. Причина возникновения акустической эмиссии в процессе роста и растворения кристаллов [Электронный ресурс]/ В.Л. Гапонов, Д.М. Кузнецов, О.О. Баранникова // Электронный научно-технический журнал ФГБОУ ВПО "Кубанский государственный технологический университет" - Электрон. журнал. - Краснодар: КГТУ, вып.7. - 2009. - Режим доступа к журн.: <http://th.kubstu.ru/fams/issues/tissue07/st0706.pdf>. - Загл. с экрана. - ISSN 1819-5830.

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб контролю співвідношення між твердою і рідкою фазами розплаву в кристалізаторі установки безперервного розливання сталі, що включає використання кристалізатора з зоною охолодження, в яку встановлені датчики акустичної емісії (АЕ) по висоті кристалізатора, який **відрізняється** тим, що імпульси акустичної емісії підраховують на різній висоті кристалізатора, починаючи з верху від подачі розплаву, для оцінки величини енергії отриманої з кожного датчика при кристалізації розплаву їх амплітуди, частоти і інших параметрів шляхом підсумовування імпульсів енергії з кожного датчика і суми імпульсів енергії з усіх датчиків кристалізатора, причому одночасно відбувається оцінювання товщини "кірочки" зливка по кожному датчику та по сумі показань всіх датчиків акустичної емісії кристалізатора, а також оцінка міцності "кірочки" зливку по кожному датчику та по сумі показань всіх датчиків акустичної емісії кристалізатора або всього зливка перед обтисненням, що, в свою чергу, дає можливість оцінити стан охолодження кристалізатора на висоті кожного встановленого датчика і всього кристалізатора для керування охолодженням і подачею розплаву в кристалізатор відповідно співвідношенню:

$$\Sigma AE_1 + \Sigma AE_2 + \Sigma AE_3 \geq T_b(70\%),$$

де  $AE_1$  - імпульси датчика  $D_1$  (верхній);

$AE_2$  - імпульси датчика  $D_2$  (середній);

20  $AE_3$  - імпульси датчика  $D_3$  (нижній);

$T_b(70\%)$  - товщина "кірочки" в кристалізаторі.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що при досягненні 70 % величини кристалізації розплаву включають обтискові ролики для поступового переміщення зливка з рідкою серцевиною при вторинному охолодженні для керування швидкістю обтиснення зливка, та його охолодження без поривів та втрат металу з використанням підрахування кількості імпульсів АЕ при поступовому просуванню зливка з товщиною рідкої фази з 30 % до 0 % по всій довжині вторинного охолодження відповідно співвідношенню:

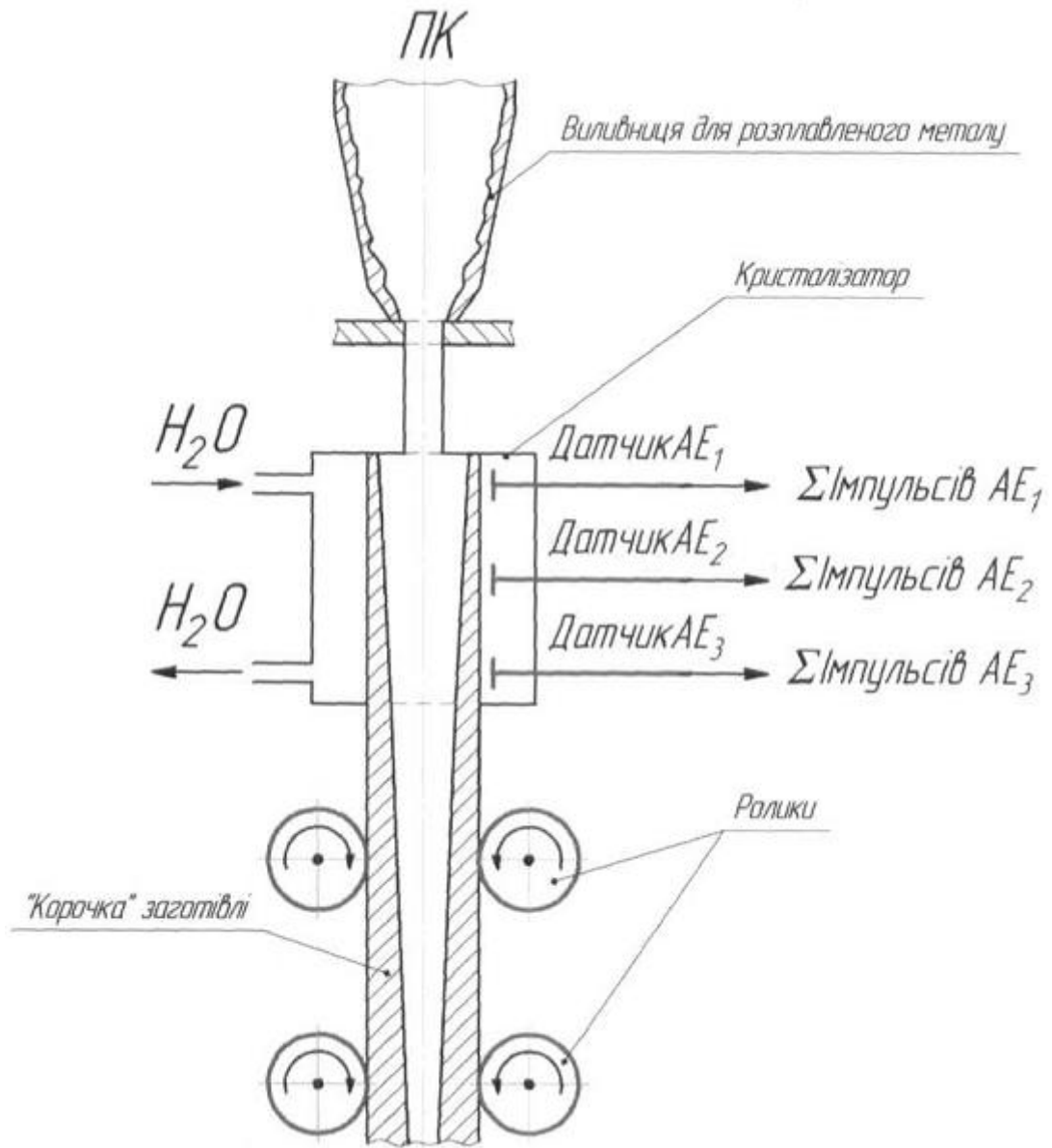
$$\Sigma AE_{1Bo} + \Sigma AE_{2Bo} + \dots + \Sigma AE_{nBo} \leq T_{Bo}(30\%),$$

де  $AE_{1Bo}$  - імпульси датчика  $D_{1Bo}$  вторинного охолодження (перший);

30  $AE_{2Bo}$  - імпульси датчика  $D_{2Bo}$  вторинного охолодження (другий);

$AE_{nBo}$  - імпульси датчика  $D_{nBo}$  вторинного охолодження (останній);

$T_{Bo}(30\%)$  - товщина "кірочки" технології вторинного охолодження.



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