



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **134573** (13) **U**  
(51) МПК  
**C22B 9/22** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

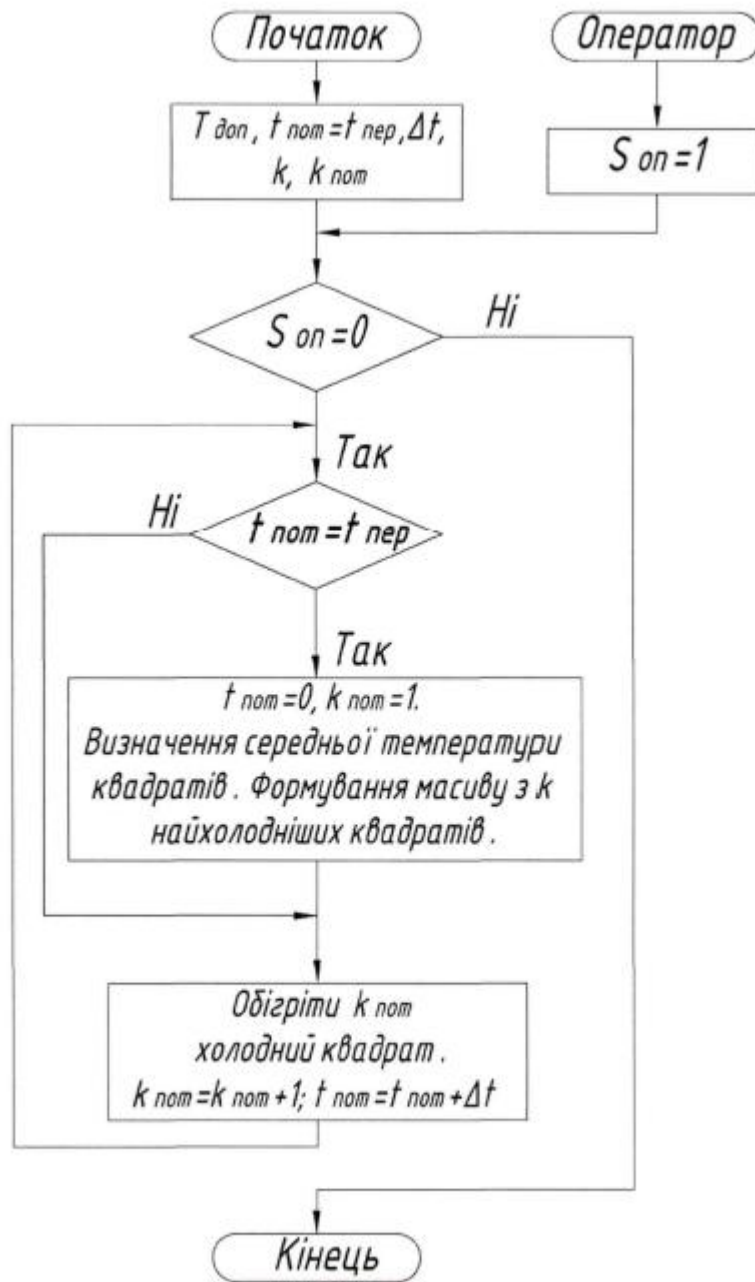
<p>(21) Номер заявки: <b>u 2018 12441</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>14.12.2018</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>27.05.2019</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>27.05.2019, Бюл.№ 10</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Цибрій Юрій Олександрович (UA), Грабовський Георгій Геннадійович (UA), Носко Павло Леонідович (UA), Башта Олександр Васильович (UA), Корнієнко Анатолій Олександрович (UA), Тісов Олександр Вікторович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, просп. Комарова, 1, м. Київ, 03058 (UA)</b></p>
--	---

## (54) СПОСІБ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ОБІГРІВОМ РОЗПЛАВУ МЕТАЛУ ПРИ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВІЙ ПЛАВЦІ

### (57) Реферат:

Спосіб автоматизованого керування обігрівом розплаву металу при електронно-променевій плавці, який складається з послідовних операцій електронного променя і відповідно до керуючого сигналу, спрямованого на тепловізор, виявлення плям високої інтенсивності електронного променя на поверхні рідкого металу проміжної ємності, обчислення за допомогою тепловізора та блока керування різниці між фактичним місцем розташування плями високої інтенсивності електронного променя і наперед заданим на початку процесу плавлення, генерації сигналу для корекції вищезгаданої різниці розташування, обчисленої операційним пристроєм, додавання коригуючого сигналу, з метою управління місцем розташування згаданого розташування згаданої плями високої інтенсивності електронного променя, причому використовують алгоритм, що дозволяє за допомогою тепловізора періодично передавати температурне зображення розплавленого металу в проміжній ємності на блок керування, де його розбивають на квадрати і визначають їх середню температуру, після чого видають керуючий сигнал на обігрів квадратів, починаючи з квадрата з найнижчою середньою температурою, а далі в черзі зростання середньої температури квадратів, поки не відбудеться новий аналіз температурного стану розплаву в проміжній ємності.

UA 134573 U



Фіг. 1

Корисна модель належить до галузі металургії, і зокрема до електронно-променевої плавки зливків високореакційних і тугоплавких металів та їх сплавів з однорідною структурою.

Відомий спосіб керування електронно-променевим переплавом металевих зливків [1], який полягає в тому, що електронним пучком нагрівають і плавлять зливков-заготовку, стікаючий метал збирають в водоохолоджуваному кристалізаторі і створюють, впливаючи електронним пучком, рідку металеву ванну, рівень якої відносно верхньої кромки кристалізатора контролюють за допомогою телевізійної системи і формують сигнали управління, при цьому фіксують видиму на тлі рідкої металеві ванни частину верхньої кромки кристалізатора, по якій відтворюють зображення невидимої частини його верхньої кромки, відносно якої контролюють рівень рідкої металеві ванни і формують керуючі сигнали. Недоліком такого способу є відсутність проміжної ємності для розплаву, в якій розплавлений метал додатково прогривається та очищується від шкідливих домішок, які осідають на дно ємності чи випаровуються. В результаті чого зливков отримується з недостатнім ступенем очищення і його необхідно повторно переплавляти, що призводить до значних додаткових енерговитрат.

Відомий спосіб керування обігрівом розплаву металу при електронно-променевої плавці, під час якого оператор для вибору траєкторії руху електронного променя і програмування технологічних режимів управління нагріванням застосовує блок управління гарматами ARME 01 [2], що забезпечує наступні режими роботи електронно-променевої гармати: точка - формування фокусування променів в точці; кільце - в четвертому каналі утворюється кільцеподібна траєкторія променя; нагрів ємності - в третьому каналі формується траєкторія для покриття прямокутного майданчика; нагрів кристалізатора - в четвертому каналі послідовно утворюються кільця різного діаметра для покриття, відповідного траєкторії заповненого кола; частота - вибирається необхідна частота повторення траєкторії променя; розподіл потужності - перерозподіл потужності між двома видами траєкторій (розподіл потужності між траєкторіями вибирають в співвідношенні 25:75, 50:50, 0: 100 і т. п.); скидання - перехід програми контролера в початкове стан; центр - установка променя в центрі. Недоліком такого способу є вплив людського фактора на перебіг технологічного процесу плавки, коли оператор вибирає траєкторію руху електронного променя згідно з власним досвідом та суб'єктивним враженням від вигляду розплавленого металу в проміжній ємності електронно-променевої установки. Втома оператора при тривалій робочій зміні в 2-4 годин призводить до падіння реакції на зміну теплового стану розплаву в проміжній ємності, а також до падіння ефективності плавки.

Відомий найближчий аналог - спосіб керування сигналом розташування електронного променя [3], який складається з послідовних операцій електронного променя і відповідно до керуючого сигналу, спрямованого на тепловізор, виявлення плям високої інтенсивності електронного променя на поверхні рідкого металу проміжної ємності, обчислення за допомогою тепловізора та блока керування різниці між фактичним місцем розташування плями високої інтенсивності електронного променя і наперед заданим на початку процесу плавлення, генерації сигнал для корекції вищезгаданої різниці розташування, обчисленої операційним пристроєм, додавання коригуючого сигналу, з метою управління місцем розташування згаданої розташування згаданої плями високої інтенсивності електронного променя.

Однак, такий спосіб забезпечує тільки можливість збереження непошкодженою поверхні проміжної ємності під час плавлення і не впливає на розподіл потужності обігріву розплавленого металу в проміжній ємності і не враховує зміни траєкторії руху електронного променя у випадку потрапляння в розплав нерозплавлених шматків шихти, а вибір режиму руху електронного променя гармати як для попереднього аналогу вибирається оператором суб'єктивно.

В основу корисної моделі поставлено задачу зниження впливу людського фактора на процес електронно-променевої плавки металу, шляхом автоматизації вибору траєкторії руху електронного променя згідно з алгоритмами керування на основі аналізу розподілу температури розплавленого металу по поверхні проміжної ємності, що дозволяє підвищити ефективність обігріву розплавленого металу в проміжній ємності та раціонально розподіляти потужності обігріву по поверхні проміжної ємності.

Розв'язання поставленої задачі досягається тим, що в запропонованому способі використовують алгоритм керування із застосуванням тепловізора як датчика зворотного зв'язку по температурі для вибору траєкторії руху електронного променя згідно з алгоритмом керування

Суть корисної моделі пояснюється кресленням (Фіг. 1). Керування обігрівом розплаву в проміжній ємності відбувається наступним чином. В початковий момент часу чи коли поточний час після останнього виміру температури  $t_{\text{пот.}}$  дорівнює заданому часу періоду між вимірами температури поверхні розплаву  $t_{\text{пер.}}$  ( $t_{\text{пот.}}=t_{\text{пер.}}$ ), і відсутній сигнал від оператора про припинення роботи установки ( $S_{\text{оп.}}=0$ ), за допомогою тепловізора передають температурне зображення

поверхні проміжної ємності на блок керування, де його розбивають на квадрати і визначають середню температуру кожного квадрата. Після цього формують масив  $k$  найхолодніших квадратів з їх координатами та присвоюють  $t_{\text{пот.}}=0$  і змінній номеру поточного квадрата обігріву  $k_{\text{пот.}}=1$ . На електронно-променевої гармату видають керуючий сигнал обігріву  $k_{\text{пот.}}$  квадрат з масиви найхолодніших квадратів  $k$  протягом часу  $\Delta t$ . Після цього, відбудеться обігрів наступного холодного квадрата ( $k_{\text{пот.}}=k_{\text{пот.}}+1$ ), а час після останнього виміру температури стане рівним  $t_{\text{пот.}}=t_{\text{пот.}}+\Delta t$ . В момент часу коли  $t_{\text{пот.}}=t_{\text{пер.}}$  будуть обігріті всі найхолодніші квадрати масиви  $k$  (оскільки  $t_{\text{пер.}}=k\Delta t$ ) і відбувається наступний температурний аналіз поверхні розплаву в проміжній ємності.

У випадку нестандартної ситуації чи припинення технологічного процесу подають сигнал від оператора  $S_{\text{оп.}}=1$  про завершення роботи електронно-променевої гармати та механізму подачі шихти.

Запропонований спосіб керування обігрівом розплаву металу при електронно-променевої плавці дозволяє знизити вплив людського фактора на перебіг технологічного процесу, підвищити ефективність та продуктивність технологічного процесу, розподіляти потужність обігріву для витримки розплавленого металу в необхідному заданому температурному діапазоні, а також оперативно розплавляти шматки шихти, які потрапляють в проміжну ємність, до того як вони стечуть в кристалізатор.

Джерела інформації:

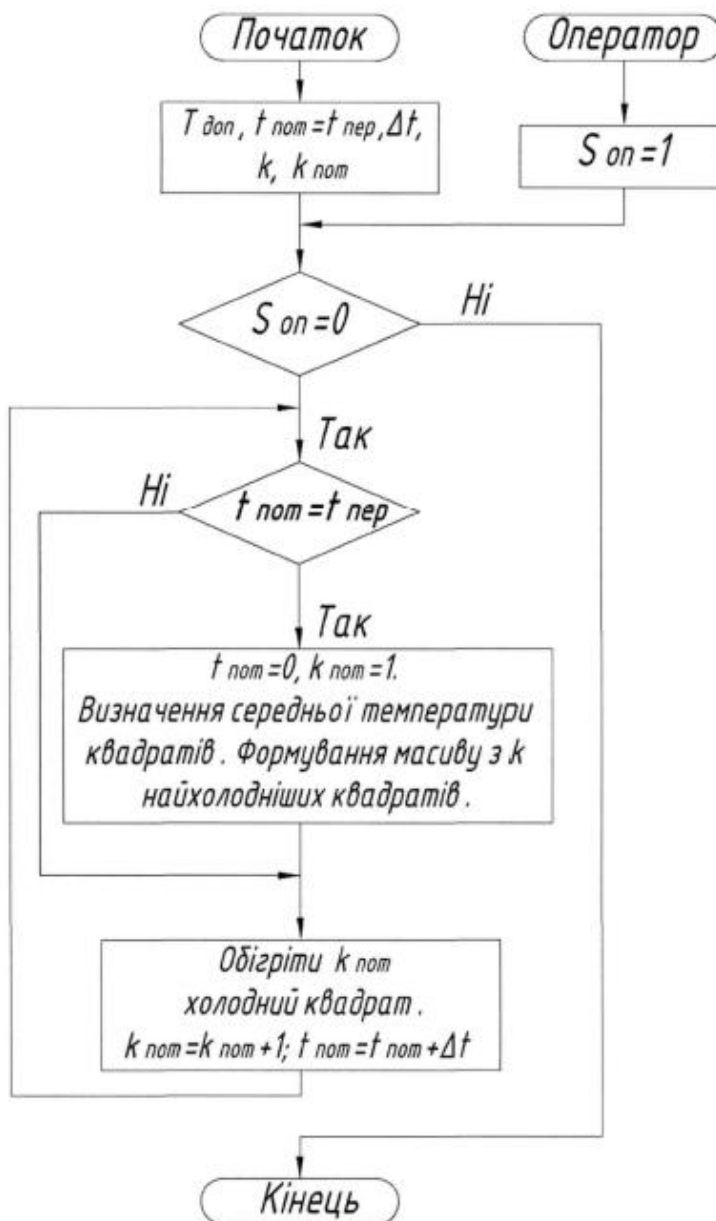
1. А. с. 1786157 СССР, МКл С22 В9 /22. Способ управления электроннолучевым переплавом и устройство для его осуществления /Тихоновский А.Л., Николаев Ю.В., Ланкин Ю.Н., Пастушенко Ю.И., Довженко А.Г., Семенов Г.С.; заявитель и патентообладатель Институт электросварки им. Е.О. Патона, производственно-технический кооператив "Камет" при Институте электросварки им. Е.О. Патона.; - 4885126; заявл. - 26.11.1990; опубл. 07.01.1993, Бюл. № 1, 1993.

2. Мушегян В.О. Формирование оптимальных режимов электроннолучевого нагрева при плавке молибдена в установке МВ-1 /В.О. Мушегян, А.А. Тарасюк //Современная электрометаллургия. - 2010. - № 4. - С. 16-19.

3. Патент № 0002634102 Японії, МПК С22В 9/22, С22В 34/12. Електронно-променевої плавильна піч і спосіб її експлуатації /Сіракі Такасі, Ода Такасі, Танака Хісамуне; заявник і патентовласник Тохо Титаніум Ко., ЛТД. - RU 2634102; заявл. 23.10.2017; опубл. 20.01.2018.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб автоматизованого керування обігрівом розплаву металу при електронно-променевої плавці, який складається з послідовних операцій електронного променя і відповідно до керуючого сигналу, спрямованого на тепловізор, виявлення плям високої інтенсивності електронного променя на поверхні рідкого металу проміжної ємності, обчислення за допомогою тепловізора та блока керування різниці між фактичним місцем розташування плями високої інтенсивності електронного променя і наперед заданим на початку процесу плавлення, генерації сигналу для корекції вищезгаданої різниці розташування, обчисленої операційним пристроєм, додавання коригуючого сигналу, з метою управління місцем розташування згаданого розташування згаданої плями високої інтенсивності електронного променя, який **відрізняється** тим, що використовують алгоритм, що дозволяє за допомогою тепловізора періодично передавати температурне зображення розплавленого металу в проміжній ємності на блок керування, де його розбивають на квадрати і визначають їх середню температуру, після чого видають керуючий сигнал на обігрів квадратів, починаючи з квадрата з найнижчою середньою температурою, а далі в черзі зростання середньої температури квадратів, поки не відбудеться новий аналіз температурного стану розплаву в проміжній ємності.



Фіг. 1