



УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **115191**

(13) **U**

(51) МПК

F27B 3/24 (2006.01)

F27D 1/12 (2006.01)

F28F 1/10 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

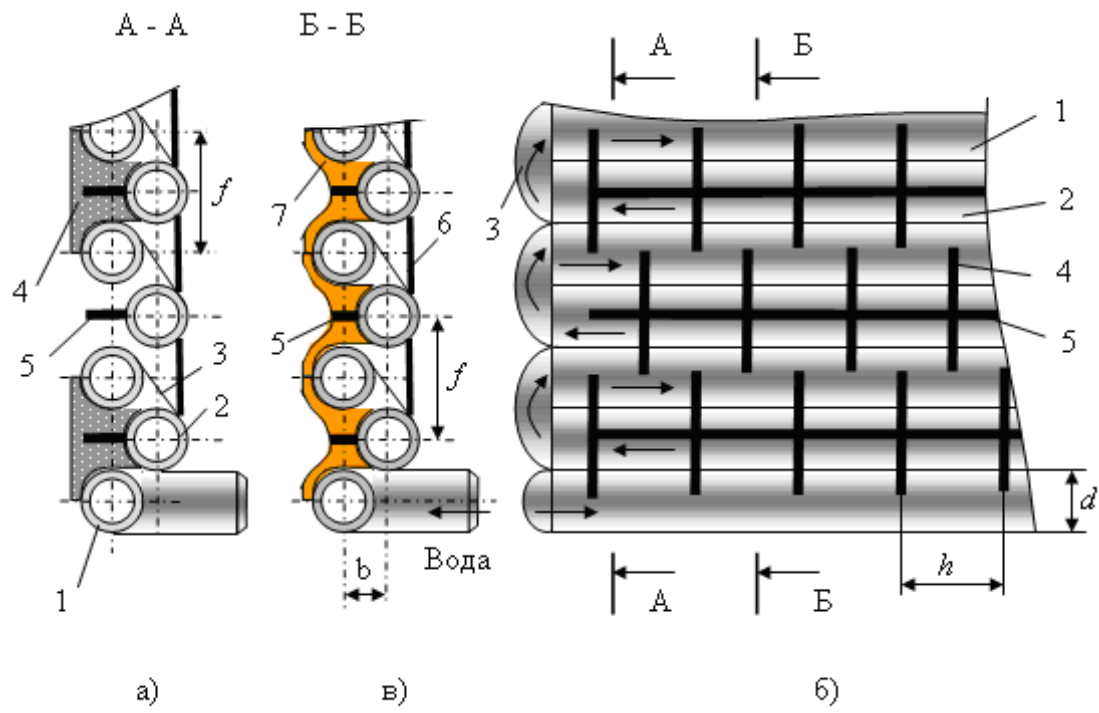
(21) Номер заявки: u 2016 09779	(72) Винахідник(и): Тімошенко Сергій Миколайович (UA)
(22) Дата подання заявки: 23.09.2016	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.04.2017	(73) Власник(и): Тімошенко Сергій Миколайович, вул. Чорновола, 18а, кв. 57, м. Новий Роздіп, Львівська обл., 81652 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.04.2017, Бюл.№ 7	

(54) ВОДООХОЛОДЖУВАНА ПАНЕЛЬ ДУГОВОЇ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ ПЕЧІ

(57) Реферат:

Водоохолоджувана панель дугової сталеплавильної печі містить систему сталевих труб зі зміщеними поздовжніми осями, які формують за допомогою перехідників просторову решітку, з внутрішнім і зовнішнім щодо робочого простору печі рядами труб, розташованих з однаковим кроком, в якій з використанням прикріплених на трубах сталевих елементів виконані комірки для накопичення і підтримання гарнісажу. Крок між трубами становить 1,9-2,1 діаметра труби, відношення кроку між трубами до міжосьової відстані між рядами становить 1,7-4,0, а комірки для накопичення і підтримання сталого шару гарнісажу включають по два ребра, прикріплених кожне до двох труб внутрішнього ряду і до однієї труби зовнішнього ряду в площині, перпендикулярній поздовжній осі труб, і по одній пластині, прикріпленій до труби зовнішнього ряду і двох сусідніх ребер в площині, перпендикулярній ребрам.

UA 115191 U



Корисна модель належить до металургії, зокрема до дугових сталеплавильних печей (ДСП) і технологічних процесів в них.

Характерною рисою сучасної інтенсивної двостадійної технології виплавки сталі в ДСП є широке і безальтернативне застосування водоохолоджуваних елементів (панелей) в робочому просторі печі замість вогнетривкої футерівки стін і зводу. Цей фактор обумовлює підвищення втрат енергії випромінювання з водою, які сягають 14-15 % введеної в піч енергії. Тому актуальною задачею є підвищення енергоефективності ДСП, зокрема, шляхом впровадження водоохолоджуваних панелей зі зниженими втратами тепла.

Відома охолоджувана панель металургійного агрегату (GB, № 2006410A Мкл F27D 1/12, опубл. 02.05.1979). Пристрій являє собою однорядну трубчасту панель, набрану з певної кількості сталевих труб, що за допомогою перехідників формують водоохолоджуваний змійовик, який захищає елементи каркасу металургійного агрегату, зокрема ДСП, поглинаючи тепло випромінювання. Труби в відомому пристрої розташовані між собою щільно, з мінімальним монтажним зазором. На робочій поверхні труб панелі закріплені з певним кроком шипи для утримання теплозахисного шару шлакового гарнісажу, що виникає в процесі плавки.

Недоліком відомого пристрою є значні втрати тепла випромінювання з водою, що охолоджує. Гарнісаж, як правило, стабільно не утримується на поверхні панелі з щільним укладанням труб, незважаючи на наявність шипів, і практично не виконує функцію теплоізолятора. Таким чином, значна частка теплового потоку випромінювання поглинається водою, що охолоджує панелі, і втрачене тепло потребує введення в піч додаткової енергії для забезпечення технологічного процесу. Наслідком є зниження енергоефективності процесу виплавки металу в ДСП.

Відома охолоджувана панель дугової сталеплавильної печі (US, № 5772430A Мкл F27D 1/12, C21B 7/10, опубл. 30.06.1998). У відомому пристрої водоохолоджувана панель включає два ряди трубчастих змійовиків: зовнішній та внутрішній. Зовнішній ряд являє собою змійовик з щільним укладанням труб, а внутрішній ряд, висунутий в робочий простір ДСП і прикріплений до змійовика зовнішнього ряду, являє собою змійовик з розрідженим укладанням труб. В відомому пристрої реалізується задача енергозбереження за рахунок використання властивостей гарнісажу, що виникає в процесі плавки в просторі між рядами і між трубами змійовика внутрішнього ряду. Гарнісаж є додатковим тепловим опором процесу теплопередачі з робочого простору ДСП до води, що протікає в змійовиках панелі, і сприяє зниженню втрат тепла випромінювання.

Разом з тим, фактор зменшення обсягу робочого простору ДСП при використанні дворядних панелей в значній мірі нівелює ефект зниження втрат тепла, оскільки статистично (при розгляді тривалого періоду) піч потребує додаткового прийому завантаження металошихти, а, отже, збільшення часу плавки, щонайменше, на величину цієї "безтокової паузи". Результатом є зменшення продуктивності печі, що означає зростання питомих витрат енергії на одиницю продукції, тобто - зниження енергоефективності процесу виробництва сталі в ДСП. Даний фактор виробничники вважають вкрай несприятним і він практично зводить нанівець можливості енергозбереження при заміні на діючій печі однорядних панелей дворядними.

Найбільш близьким аналогом пристрою, що заявляється, є панель примусового охолодження футерівки металургійної печі (US, № 4455017 Мкл F27D 15/02, опубл. 19.06.1984). Відомий пристрій являє собою систему ексцентрично розташованих водоохолоджуваних труб, з'єднаних у єдиний змійовик перехідниками, причому на поверхні труб діагонально закріплені випуклі виступи, які формують зигзаг на шляху стікання рідкого шлаку по поверхні змійовика панелі. У відомому пристрої реалізується задача енергозбереження за рахунок ексцентричного розташування водоохолоджуваних труб і використання шлакоутримуючих виступів на робочій поверхні труб. Робоча поверхня панелі поглинає тепловий потік випромінювання неоднорідно: поверхня труб, в яких протікає вода, поглинає більшу частку теплового потоку, а западини між трубами, що заповнені гарнісажем, частково відбивають падаючий тепловий потік в робочий простір і акумулюють тепло.

Ексцентричне розташування труб і наявність шлакоутримуючих виступів на трубах є достатньою умовою для створення вогнетривкого шару на панелі шляхом нанесення вогнетривкого покриття спеціальними методами, наприклад торкретуванням. Однак, цього заходу може вистачити лише на кілька плавов. Для підтримки на робочій поверхні водоохолоджуваної панелі стійкого шару гарнісажу, який є продуктом плавки, протягом досить тривалого періоду потрібно розвинений міжтрубний простір, в якому забезпечуються відповідні термічні і механічні умови для виникнення і накопичення гарнісажу, чого немає в відомому пристрої. При експлуатації відомого пристрою в умовах циклічних теплозмін, через суттєву різницю коефіцієнтів лінійного розширення сталі і гарнісажу, між ними утворюється газовий

прошарок. Через низьку теплопровідність газу (приблизно на порядок менше, ніж гарнісажу) різко зростає тепловий опір теплопередачі випромінюванням з робочого простору печі через багат шарову стінку до води. Шар гарнісажу перегрівається і швидко плавиться, стікаючи по діагонально закріпленим опуклим виступам на відкоси печі. При цьому поверхня труб оголюється і панель в значній мірі втрачає функцію енергозбереження. Наслідком є, в кінцевому рахунку, зниження енергоефективності процесу виплавки металу в ДСП.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищення енергоефективності процесу виплавки металу в дуговій сталеплавильній печі за рахунок конструктивних особливостей водоохолоджуваних панелей, які приведуть до зменшення втрат енергії випромінювання з водою, що охолоджує.

Поставлена задача вирішується тим, що у водоохолоджуваній панелі дугової сталеплавильної печі, що включає систему сталевих труб зі зміщеними поздовжніми осями, які формують за допомогою перехідників просторову решітку, з внутрішнім і зовнішнім щодо робочого простору печі рядами труб, розташованих з однаковим кроком, в якій з використанням прикріплених на трубах сталевих елементів виконані комірки для накопичення і підтримання гарнісажу, крок між трубами становить $1,9-2,1$ діаметра труби, відношення кроку між трубами до міжосьової відстані між рядами становить $1,7-4,0$, а комірки для накопичення і підтримання сталого шару гарнісажу включають по два ребра, прикріплених кожне до двох труб внутрішнього ряду і до однієї труби зовнішнього ряду в площині, перпендикулярній поздовжній осі труб, і по одній пластині, прикріпленій до труби зовнішнього ряду і двох сусідніх ребер в площині, перпендикулярній ребрам.

Доцільно, щоб крок між комірками для накопичення і підтримання сталого шару гарнісажу становив $0,7-1,1$ діаметра труби.

Доцільно, щоб ребра і пластини комірок для накопичення і підтримання сталого шару гарнісажу були виконані перфорованими.

Суть пропонованої корисної моделі пояснюється кресленнями, де на Фіг. а) - показано переріз водоохолоджуваної панелі дугової сталеплавильної печі, на б) - фронтальний вид панелі, на в) - вертикальний переріз панелі з накопиченим сталим шаром гарнісажу в процесі експлуатації.

Водоохолоджувана панель дугової сталеплавильної печі включає систему труб зі зміщеними поздовжніми осями, які формують внутрішній щодо робочого простору печі ряд 1 і зовнішній ряд 2, розташованих з однаковим кроком, за допомогою перехідників 3. Ряди труб встановлені на відстані b між осями. Крок між трубами f становить $1,9-2,1$ діаметра труби d , відношення кроку між трубами f до міжосьової відстані між рядами b становить $1,7-4,0$. В просторовій решітці з труб виконані комірки для накопичення і підтримання сталого шару гарнісажу. Комірка складається з двох ребер 4, прикріплених кожне до двох труб внутрішнього ряду 1 і до однієї труби зовнішнього ряду 2 в площині, перпендикулярній поздовжній осі труб, і одної пластини 5, прикріпленій до труби зовнішнього ряду 2 і до сусідніх ребер 4 в площині, перпендикулярній до ребер. Елементи екрану 6 закривають робочий простір ДСП зовні.

Пропонована корисна модель використовується в такий спосіб. Водоохолоджувана панель встановлюється в дуговій сталеплавильній печі і підключається до напірної і зливної магістралей системи водопостачання. Рух води в панелі показано стрілками на Фіг. б. Панель торкретують вогнетривким матеріалом, який заповнює комірки для накопичення і підтримання сталого шару гарнісажу, і висушують. В процесі роботи печі вогнетривкий матеріал частково заміщується гарнісажем 7, який утворюється з продуктів плавки і накопичується в просторовій решітці між внутрішнім 1 і зовнішнім 2 рядами труб в відповідних комірках. Виступаючі в робочий простір печі елементи комірок для накопичення і підтримання сталого шару гарнісажу - ребра 4 і пластини 5 по ходу технологічного процесу частково оплавляються разом з гарнісажем до певного рівноважного розміру, який, завдяки сприятливій структурі панелі, зберігається протягом кампанії водоохолоджуваних панелей печі. При експлуатації пристрою при заявлених параметрах в умовах циклічних теплових змін, шар гарнісажу також циклічно перегрівається і плавиться через суттєву різницю коефіцієнтів лінійного розширення сталі комірок і гарнісажу, коли між ними утворюється газовий малотеплопровідний прошарок, але одразу ж твердне, не витікаючи повністю з комірок. При цьому більша частка поверхні труб періодично не оголюється і панель не втрачає функцію енергозбереження, що є запорукою підвищення енергоефективності процесу виплавки металу в дуговій сталеплавильній печі.

Для поліпшення функції енергозбереження водоохолоджуваної панелі дугової сталеплавильної печі доцільно, щоб крок між комірками накопичення і утримання сталого шару гарнісажу h становив $0,7-1,1$ діаметра труб d , і щоб ребра 4 і пластини 5 комірок для накопичення і утримання сталого шару гарнісажу були перфоровані.

Якщо крок між трубами f становить менше ніж $1,9$ діаметра труб d , сталеві частка робочої поверхні водоохолоджуваної панелі починає критично переважати над часткою, представленою гарнісажем і втрати тепла з водою, що охолоджує, зростають відносно умовного мінімуму, що досягається при заявлених параметрах корисної моделі. Це спричиняє зниження

5 енергоефективності процесу виплавки металу в дуговій сталеплавильній печі.

Якщо крок між трубами f перевищує $2,1$ діаметра труб d , ефект екранування трубами внутрішнього ряду міжрядного простору і зовнішнього ряду труб від випромінювання з робочого простору ДСП суттєво спадає. При цьому рівноважна з діючим тепловим потоком товщина гарнісажу, що накопичується в комірках, зменшується. При циклічних теплових навантаженнях

10 гарнісаж, оплавляючись згідно раніше розглянутого механізму, перестає вчасно замінюватися новим шаром і таким чином підтримуватись, що призводить до оголювання труб не тільки внутрішнього, а й зовнішнього рядів. Наслідком є зниження енергоефективності процесу виплавки металу в дуговій сталеплавильній печі.

Якщо відношення кроку між трубами f до міжосьової відстані між рядами труб b становить менше ніж $1,7$, просторова решітка панелі не отримує необхідного розвитку. Комірки для накопичення і підтримання сталого шару гарнісажу при цьому не забезпечують виконання своєї

15 функції - теплоізоляції панелі і зменшення втрат тепла з водою, що охолоджує. Як результат, знижується енергоефективність процесу виплавки металу в дуговій сталеплавильній печі.

Якщо відношення кроку між трубами f до міжосьової відстані між рядами труб b перевищує $4,0$, суттєво зменшується екранування трубами внутрішнього ряду міжрядного простору і зовнішнього ряду від випромінювання з робочого простору ДСП. При цьому рівноважна з тепловим потоком товщина гарнісажу, що накопичується в комірках, зменшується, що при циклічних теплових навантаженнях, згідно раніше розглянутого механізму, веде до зниження енергоефективності процесу виплавки металу в дуговій сталеплавильній печі.

20 Якщо крок між комірками накопичення і утримання сталого шару гарнісажу h становить більш, ніж $1,1$ діаметру труб d , гарнісаж посередині між ребрами в значній мірі оплавляється під дією теплового потоку випромінювання, характерного для інтенсивної технології плавки в ДСП, що призводить до часткової втрати теплоізоляції панелі. Наслідком є зниження енергоефективності процесу виплавки металу в дуговій сталеплавильній печі.

Якщо крок між комірками накопичення і утримання сталого шару гарнісажу h становить менше, ніж $0,7$ діаметру труб d , втрачається раціональність даного рішення, тому що зростає обсяг і ускладнюється виконання зварювальних робіт без підвищення ефективності теплоізоляції труб панелі гарнісажем, тобто без підвищення енергоефективності процесу виплавки металу в дуговій сталеплавильній печі.

30 Якщо крок між комірками накопичення і утримання сталого шару гарнісажу h становить менше, ніж $0,7$ діаметру труб d , втрачається раціональність даного рішення, тому що зростає обсяг і ускладнюється виконання зварювальних робіт без підвищення ефективності теплоізоляції труб панелі гарнісажем, тобто без підвищення енергоефективності процесу виплавки металу в дуговій сталеплавильній печі.

Перфорування ребер і пластин, з яких складаються комірки для накопичення і утримання сталого шару гарнісажу, сприяє кращому закріпленню гарнісажу в комірках панелі, зокрема при циклічних теплових навантаженнях, що, згідно вище розглянутого механізму, забезпечує підвищення енергоефективності процесу виплавки металу в дуговій сталеплавильній печі.

Приклад.

Водоохолоджувана стінова панель встановлена в 50-т ДСП, яка працює з використанням сучасної інтенсивної технології двостадійним процесом (виплавка в ДСП напівпродукту з доведенням до заданої марки сталі засобами позапічної обробки). Панель виконана із стандартної труби зовнішнім діаметром $d=73$ мм і товщиною стінки 10 мм, матеріал сталь Ст20К. Згідно з пропонованими параметрами корисної моделі, крок між трубами становить $f=146$ мм,

45 тобто $2 d$. Міжосьова відстань між внутрішнім та зовнішнім рядами становить $b=48$ мм, а відношення f / b становить $3,04$. Комірки для забезпечення сталого теплозахисного шару гарнісажу, що включають ребра і пластини, виконані із листу товщиною 12 мм, матеріал - сталь Ст3. Крок між означеними комірками складає $h=50$ мм, тобто $0,68d$. Ребра і пластини, з яких складаються комірки, рівномірно перфоровані отворами діаметром 12 мм.

Панель перед встановленням в піч торкретують розчином магнезитового порошку фракції $1-2$ мм на рідкому склі щільністю 1200 кг/м^3 (до $10-12$ % по масі) і сушать газовим факелом при температурі до 400 °C впродовж 24 годин.

Панель в печі охолоджується водою, яка циркулює в змійовику з витратою $16 \text{ м}^3/\text{год}$. В процесі експлуатації панелі впродовж $2-3$ плавок торкрет-маса з боку робочого простору у великій мірі замінюється гарнісажем. Гарнісаж є продуктом плавки і виникає при конденсації на поверхні панелі оксидних возгонів з зони горіння електричної дуги, а також при налипанні бризок металу і пічного шлаку, що утворюються під час продування ванни киснем через надзвукову фурму згідно технології. Гарнісаж, який завдяки конструктивним рішенням панелі самоутворюється у вигляді сталого шару, виконує функцію теплоізолятора, сприяє тим самим

зменшенню втрат тепла з водою, що охолоджує панелі, і забезпечує при використанні пропонованого пристрою підвищення енергоефективності процесу виплавки металу в ДСП.

- З метою оцінки ефективності запропонованого пристрою, для розглянутого прикладу проведено зіставлення результатів аналізу втрат тепла з використанням як стінової панелі найбільш близького аналога, які наведені в таблиці.

Наведені в табл. дані свідчать про помітні технічні переваги пропонованого пристрою перед відомим відносно втрат енергії випромінювання з водою (менше на 12 %).

Таблиця

Порівняльні технічні характеристики водоохолоджуваної панелі дугової сталеплавильної печі.

Характеристика	Одиниця виміру	Величина для конструктивного варіанту панелі	
		Корисна модель	Найбільш близький аналог
Діаметр труби зовнішній/товщина стінки	мм	73/10	73/10
Крок між трубами	мм	146	93
Відстань між рядами труб	мм	48	23
Втрати енергії випромінювання з водою на 1м ² поверхні панелі	відносні одиниці	1	1,12

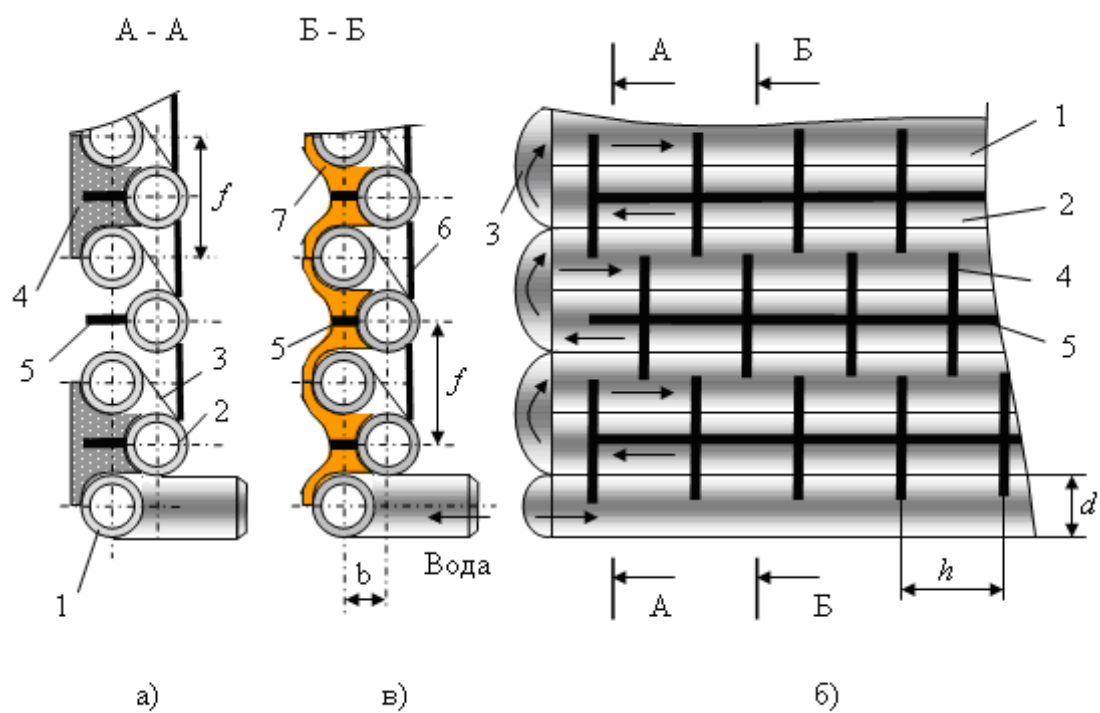
- Для оцінки техніко-економічних показників запропонованого рішення слід взяти до уваги усереднені показники енергобалансу сучасної дугової сталеплавильної печі при двостадійній технології (Toulouevski Yu.N., Zinurov I.Y. Innovation in Electric Arc Furnaces. Scientific Basis for Selection: © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010. - 258p): питома витрата енергії 610 кВт·г/т сталі; частка втрат енергії з водою, що охолоджує 15 % введеної в піч енергії, частка стінових панелей в загальних втратах енергії з водою 40 %

- Для розглянутого вище прикладу при річному виробництві сталі на 50-т ДСП обсягом 550 тисяч тон і поточному тарифі на електроенергію в промисловості 2,16 грн. за 1 кВт·год. з ПДВ (Постанова НКРЕКУ № 1442 від 19.08.2016 р.) оцінка очікуваної економічної ефективності пропонованої корисної моделі становить: $610 \times 0,15 \times 0,12 \times 0,4 \times 550 = 2416$ тис. грн. на рік.

- Таким чином, аналіз запропонованого технічного рішення водоохолоджуваної панелі дугової сталеплавильної печі показує, що поставлена задача корисної моделі - підвищення енергоефективності виплавки сталі в ДСП - досягається.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- Водоохолоджувана панель дугової сталеплавильної печі, що містить систему сталевих труб зі зміщеними поздовжніми осями, які формують за допомогою перехідників просторову решітку, з внутрішнім і зовнішнім щодо робочого простору печі рядами труб, розташованих з однаковим кроком, в якій з використанням прикріплених на трубах сталевих елементів виконані комірки для накопичення і підтримання гарнісажу, яка **відрізняється** тим, що крок між трубами становить 1,9-2,1 діаметра труби, відношення кроку між трубами до міжосьової відстані між рядами становить 1,7-4,0, а комірки для накопичення і підтримання сталого шару гарнісажу включають по два ребра, прикріплених кожне до двох труб внутрішнього ряду і до однієї труби зовнішнього ряду в площині, перпендикулярній поздовжній осі труб, і по одній пластині, прикріпленій до труби зовнішнього ряду і двох сусідніх ребер в площині, перпендикулярній ребрам.
- Водоохолоджувана панель за п. 1, яка **відрізняється** тим, що крок між комірками для накопичення і підтримання сталого шару гарнісажу становить 0,7-1,1 діаметра труби.
- Водоохолоджувана панель за п. 1, яка **відрізняється** тим, що ребра і пластини комірок для накопичення і підтримання сталого шару гарнісажу виконані перфорованими.



Комп'ютерна верстка Т. Вахричева

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

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