



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **114435** (13) **U**
(51) МПК (2017.01)
F27B 3/10 (2006.01)
H05B 7/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

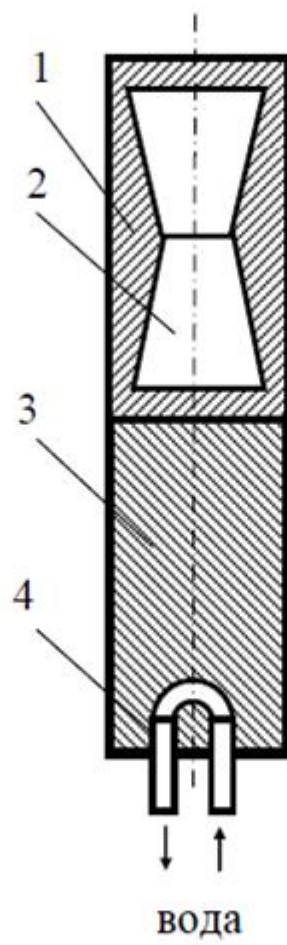
(21) Номер заявки: u 2016 09118	(72) Винахідник(и): Тімошенко Сергій Миколайович (UA)
(22) Дата подання заявки: 30.08.2016	(73) Власник(и): Тімошенко Сергій Миколайович, вул. Чорновола, 18а, кв. 57, м. Новий Розділ, Львівська обл., 81652 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.03.2017	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.03.2017, Бюл.№ 5	

(54) ПОДОВИЙ ЕЛЕКТРОД ДУГОВОЇ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ ПЕЧІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

(57) Реферат:

Подовий електрод дугової сталеплавильної печі постійного струму містить циліндричний сталевий стрижень з порожниною, заповненою проміжним рідкометалевим теплоносієм - алюмінієм, який верхнім торцем контактує з рідкою сталеплавильною ванною і нижнім торцем - з мідною водоохлоджуваною частиною, до якої виконаний струмовідвід. Площу горизонтального перерізу порожнини змінено від максимального значення у верхньому та нижньому торцях до 0,84-0,72 від максимального значення в середині висоти порожнини.

UA 114435 U



Корисна модель належить до металургії, зокрема виплавки сталі в дуговій сталеплавильній печі постійного струму (ДСППС). Для забезпечення енергією технологічного процесу в ДСППС на вторинній обмотці пічного трансформатора створюється електричне коло: верхній графітований електрод (анод) - електрична дуга - рідка сталеплавильна ванна - подовий електрод або система електродів (катод). Серед конструктивних рішень подових електродів найбільш поширені пристрої стрижневого типу.

Відомий подовий електрод для дугової печі постійного струму (Патент US 5651024, кл. H05B7/00, опубл. 22.07. 1997 р.). Подовий електрод являє собою складений стрижень з верхньою сталеву частину, яка контактує з рідкою сталеплавильною ванною, і нижньою мідною водоохолоджуваною частиною, до якої виконаний струмопідвід. Відомий пристрій, встановлений в шарі прилеглої футерівки ДСППС, в робочих умовах передбачає часткове розплавлення сталеву частини складеного стрижня і збереження її певного твердого шару над нижньою мідною частиною складеного стрижня. Наявність твердого сталеву шару, рівноважного при даній щільності теплового потоку, над мідною частиною є запорукою експлуатаційної надійності подового електрода в ДСППС.

Недоліком відомого пристрою є значний опір процесу теплопередачі від рідкої сталеплавильної ванни через подовий електрод до води, що охолоджує, і цей фактор призводить до часткового розплавлення сталеву частини складеного стрижня. Наслідком є низька стійкість прилеглої футерівки ДСППС, яка інтенсивно зношується в умовах електровихрового руху рідкої ванни силами Лоренца. Знос прилеглої футерівки навколо стрижня подового електрода по ходу кампанії печі характеризується терміном "анодна яма", її розвиток може призвести до прориву рідкого металу скрізь подину печі, що загрожує експлуатаційній надійності подового електрода в ДСППС (Liu X., Zhou J., Shi H. et al. Melting mechanism of water-cooled billet-type bottom electrode of direct current arc furnace: a numerical approach /Metallurgical and Materials transactions B. October 2008. -№39B. P.713-724).

Найбільш близьким аналогом пристрою, що заявляється, є подовий електрод для дугової печі постійного струму (Подовый электрод с жидкометаллическим теплоносителем для дуговой печи постоянного тока Тищенко П.И., Тимошенко С.Н., Пасечник С.Ю. и др. /Сборник трудов ДонНТУ. Металлургия. Выпуск 12. Донецк, 2010 г., с. 164-170). Він містить циліндричну сталеву оболонку, заповнену проміжним рідкометалевим теплоносієм, в якій між торцями осесиметрично встановлений центральний сталевий стрижень зі змінною по повздовжній осі площею поперечного перерізу, а концентрично сталеву стрижня встановлено водоохолоджуваний змійовик. Верхній торець циліндричної сталеву оболонки контактує з рідкою сталеплавильною ванною, а до нижнього її торцю виконано струмопідвід. Як проміжний теплоносіє застосовано алюміній, який в умовах експлуатації подового електрода в ДСППС знаходиться в рідкому стані.

При роботі відомого пристрою в шарі проміжного рідкометалевого теплоносія, який знаходиться в сталевій оболонці, завдяки розтіканню електричного струму, виникає електровихровий рух, обумовлений силами Лоренца. Він забезпечує суттєве збільшення ефективного коефіцієнта теплопровідності рідкометалевого теплоносія, і тим самим, сприяє зменшенню опору теплопередачі від рідкої сталеплавильної ванни через подовий електрод до води, що охолоджує.

Очікуваним результатом інтенсифікації теплопередачі через подовий електрод мало б бути зменшення анодної ями та зносу прилеглої футерівки, підвищення експлуатаційної надійності подового електрода в ДСППС. Але конструктивні недоліки відомого пристрою перешкоджають цьому. Протікання електричного струму частково через центральний сталевий стрижень, який шунтує рідку ванну проміжного теплоносія, що знаходиться в циліндричній сталевій оболонці, зменшує інтенсивність електровихрового руху рідкометалевого теплоносія. Водоохолоджуваний змійовик, встановлений безпосередньо в порожнині сталеву оболонки з проміжним рідкометалевим теплоносієм, сприяє охолодженню проміжного теплоносія, що веде до підвищення його динамічної в'язкості і, відповідно, зменшення інтенсивності електровихрового руху. Як результат, підвищується опір процесу теплопередачі від рідкої сталеплавильної ванни через подовий електрод до води, що охолоджує. Крім того, фактор шунтування електричного кола викликає нагрів центрального сталеву стрижня теплом Джоуля, що підсилює негативний ефект зниження ефективної теплопровідності проміжного теплоносія на тепловий стан подового електрода. Всі означені фактори призводять до часткового розплавлення центрального стрижня, затікання рідкої сталі в порожнину з проміжним теплоносієм, формування анодної ями, що в кінцевому рахунку зменшує стійкість прилеглої футерівки та експлуатаційну надійність подового електрода в ДСППС.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення подового електрода дугової сталеплавильної печі постійного струму, в якому за рахунок конструктивних особливостей забезпечується зниження опору теплопередачі від рідкої сталеплавильної ванни через подовий електрод до води, що охолоджує, і таким чином, зменшення об'єму анодної ями в прилеглій футерівці, збільшення стійкості футерівки та експлуатаційної надійності подового електрода в ДСППС.

Поставлена задача вирішується тим, що в подовому електроді дугової сталеплавильної печі постійного струму, що містить циліндричний сталевий стрижень з порожниною, заповненою проміжним рідкометалевим теплоносієм - алюмінієм, який верхнім торцем контактує з рідкою сталеплавильною ванною, і нижнім торцем - з мідною водоохлоджуваною частиною, до якої виконаний струмопідвід, згідно з корисною моделлю, площу горизонтального перерізу порожнини змінено від максимального значення у верхньому та нижньому торцях до 0,84-0,72 від максимального значення в середині висоти порожнини.

Суть корисної моделі пояснюється кресленням, де представлений вертикальний переріз пристрою. Пристрій складається з циліндричного сталевго стрижня 1, що містить порожнину 2, заповнену проміжним рідкометалевим теплоносієм - алюмінієм. Стрижень верхнім торцем контактує з рідкою сталеплавильною ванною, а нижнім торцем - з мідною частиною 3, яка охолоджується водою, що проходить через канал 4. Порожнина 2, заповнена проміжним теплоносієм - алюмінієм, має площу горизонтального перерізу, яка змінюється від максимального значення у верхньому та нижньому торцях до 0,84-0,72 від максимального значення в середині висоти порожнини.

Пристрій працює наступним чином. При експлуатації подового електрода проміжний теплоносій - алюміній, що знаходиться в порожнині 2 циліндричного сталевго стрижня 1, під дією теплового потоку від сталеплавильної ванни через верхній торець стрижня 1 та тепла Джоуля, яке виділяється в провіднику електричним струмом, що проходить по колу: верхній графітований електрод - електрична дуга - рідка сталеплавильна ванна - подовий електрод з проміжним рідкометалевим теплоносієм, переходить в рідкий стан. Рідкий проміжний теплоносій, циркулюючи у порожнині 2 завдяки електровихровому руху, забезпечує підвищення ефективного коефіцієнта теплопровідності рідкого проміжного теплоносія і, відповідно, зменшення опору процесу теплопередачі від рідкої сталеплавильної ванни через подовий електрод до води, що охолоджує. Найбільш сприятливі умови циркуляції рідкометалевого теплоносія забезпечуються при виконанні порожнини 2 з площею горизонтального перерізу, яка змінюється від максимального значення у верхньому та нижньому торцях до 0,84-0,72 від максимального значення в середині висоти порожнини. Запропоновані конструктивні рішення подового електрода забезпечують підвищення стійкості прилеглої футерівки завдяки зменшенню анодної ями і експлуатаційної надійності подового електрода в ДСППС.

Виконання порожнини з площею горизонтального перерізу в середині висоти порожнини більш ніж 0,84 від максимального значення у верхньому та нижньому торцях значно знижує інтенсивність електровихрового руху проміжного рідкометалевого теплоносія в порожнині, що призводить до збільшення опору теплопередачі від сталеплавильної ванни через подовий електрод до води, що охолоджує, тим чином сприяє росту анодної ями, зменшенню стійкості прилеглої футерівки і експлуатаційної надійності подового електрода в ДСППС.

Зменшення площі горизонтального перерізу порожнини в середині висоти порожнини менш, ніж до 0,72 його максимального значення у верхньому та нижньому торцях суттєво знижує інтенсивність електровихрового руху проміжного рідкометалевого теплоносія в тілі подового електрода завдяки росту гідравлічного опору руху в середині порожнини, що сприяє підвищенню опору теплопередачі - основного фактора, що забезпечує стійкість прилеглої футерівки, а також експлуатаційну надійність подового електрода в ДСППС.

Приклад.

Пристрій випробувано на гарячій фізичній моделі ДСППС, яка була реалізована на базі печі для електрошлакового кокільного лиття. Піч була обладнана подовим електродом - анодом запропонованої конструкції, а катодом служив верхній графітований електрод. Анод встановлювали в набивній футерівці подини тиглю, робочим шаром якої був магнетитовий порошок на сполуці з рідкого скла. Верхній торець сталевго стрижня подового електрода знаходився на одному горизонті з шаром футерівки. Для здійснення типового енерготехнологічного режиму циліндричну обрізь сталі марки ст.3 розплавляли під флюсом АНФ-6. Тепловий і електричний режими печі, а також тривалість експериментів і геометричні параметри подового електрода підтримували на практично постійному рівні на всіх плавках: маса рідкого металу в тиглі 55-56 кг; сила електричного струму 1,1-1,15 кА; електрична напруга 60-62 В; температура рідкої сталеплавильної ванни 1630-1635 °С; витрати води, що охолоджує

подовий електрод 0,35 м³/год.; тривалість експерименту 50-52 хв; діаметр та висота циліндричного сталевго стрижня 75 та 120 мм відповідно; діаметр та висота порожнини, заповненої проміжним рідкометалевим теплоносієм - алюмінієм 50 та 70 мм відповідно. Для порівняння результатів було використано також подовий електрод згідно з найбільш близьким аналогом.

Перед закінченням плавки сталевим щупом заміряли глибину зносу футерівки та сталевго стрижня при проведенні плавки. Бажаним результатом вважалося мінімальне значення параметру. Позначка (-) в колонці результатів випробувань означає, що розплав "намерзав" на верхньому торці сталевго стрижня, тобто ефективність охолодження завдяки використанню пропонованого пристрою була значною. Результати експериментів зведено в табл. 1.

Таблиця 1

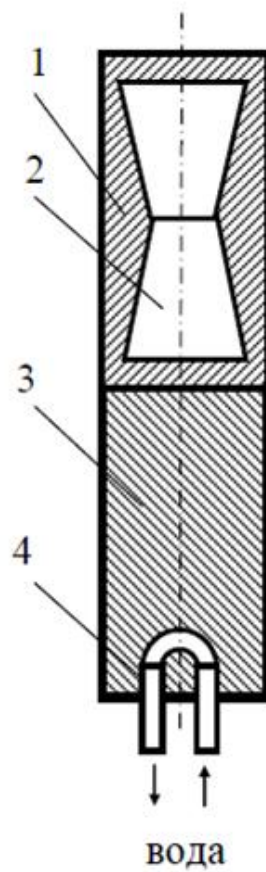
Результати випробування
подового електрода дугової сталеплавильної печі постійного струму

№ випробування	Площа горизонтального перерізу в середині висоти порожнини в долях від максимального значення	Результати випробування	
		Глибина розплавлення сталевго стрижня, мм	Глибина зносу прилеглої футерівки, мм
1	0,60	13	38
2	0,70	10	13
3	0,72	3	5
4	0,74	2	4
5	0,76	-1	2
6	0,80	-1	3
7	0,82	0	3
8	0,84	2	5
9	0,86	7	15
10	0,88	22	26
11	0,90	22	29
12	Пристрій відповідно найбільш близького аналога	54 (прорив рідкої сталі в порожнину)	83

Згідно з наведеними в таблиці даними, найкращі результати отримані в випробуваннях № 3-8, у яких площа горизонтального перерізу змінюється від максимального значення у верхньому та нижньому торцях до 0,84-0,72 від максимального значення в середині висоти порожнини. У випробуваннях № 1-3, 9-11, де відношення площі горизонтального перерізу порожнини посередині її висоти до максимальної величини площі в торцях порожнини знаходилась за оптимальними межами, що заявлені, отримано значно гірший результат щодо зносу прилеглої футерівки. У випробуванні № 12 з використанням пристрою, виконаного згідно з прототипом, виникла аварійна ситуація, пов'язана з розплавленням сталевго оболонки подового електрода й проривом рідкої сталі в порожнину, який призвів до віткання проміжного рідкометалевго теплоносія і формуванню анодної ями в прилеглій футерівці.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Подовий електрод дугової сталеплавильної печі постійного струму, що містить циліндричний сталевий стрижень з порожниною, заповненою проміжним рідкометалевим теплоносієм - алюмінієм, який верхнім торцем контактує з рідкою сталеплавильною ванною і нижнім торцем - з мідною водоохлоджуваною частиною, до якої виконаний струмопідвід, який **відрізняється** тим, що площу горизонтального перерізу порожнини змінено від максимального значення у верхньому та нижньому торцях до 0,84-0,72 від максимального значення в середині висоти порожнини.



Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

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