



УКРАЇНА

(19) UA (11) 87647 (13) C2
(51) МПК (2009)
C21C 7/10
C21C 1/04 (2009.01)
C22B 9/04 (2009.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) АГРЕГАТ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ МИШ'ЯКУ ІЗ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВОГО РОЗПЛАВУ ПІД ВАКУУМОМ

1

2

(21) а200900532

(22) 26.01.2009

(24) 27.07.2009

(46) 27.07.2009, Бюл.№ 14, 2009 р.

(72) ХАРЛАШИН ПЕТРО СТЕПАНОВИЧ, ІЛЬЯШОВ МИХАЙЛО ОЛЕКСАНДРОВИЧ, ГУКОВ ЮРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ, ЮШКОВ ЄВГЕН ОЛЕКСАНДРОВИЧ, САФОНОВ ВОЛОДИМИР МИХАЙЛОВИЧ, ЯЦЕНКО АНДРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

(73) ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "ГРУПА "ЕНЕРГО"

(56) UA 1246 U, 15.05.2002

SU 370248 A1, 15.02.1973

SU 390158 A1, 11.07.1973

SU 444817 A1, 30.09.1974

SU 943298 A1, 15.07.1982

JP 04000314 A, 06.01.1992

JP 02024715 A, 05.02.1990

JP 62196318 A, 29.08.1987

JP 62196319 A, 29.08.1987

JP 61056228 A, 20.03.1986

(57) 1. Агрегат для видалення миш'яку із залізовуглецевого розплаву під вакуумом, що включає приймальний ківш, герметично з'єднаний з ваку-

ум-камерою, що сполучена з буферною ємністю, й оснащена внутрішньою ємністю з футерувального матеріалу, яка звужується донизу й входить до горловини чавуновозного ковша, приймальний ківш виконаний з фурмою для випуску металу, над фурмою розташована вакуумна вставка, який відрізняється тим, що додатково обладнаний ємністю для подачі нейтрального газу, що з'єднана через вакуумний затвор з вакуум-камерою, а буферна ємність виконана з об'ємом, перевищуючим об'єм вакуум-камери у 15-20 разів, при цьому в частині внутрішньої ємності вакуум-камери, яка звужується, додатково розташовані фурми для подачі окислювача, а фурма для випуску металу з приймального ковша виконана багатосопловою.

2. Агрегат за п.1, який відрізняється тим, що вакуумна вставка має форму зрізаного конуса та виконана з чавуну.

3. Агрегат за п.1, який відрізняється тим, що додатково обладнаний ємністю для осадження парів миш'яку, який міститься в газах, що відходять.

Винахід відноситься до металургійної галузі, а саме, до позапічної обробки рідкого металу.

Відомий пристрій для вакуумування рідкого металу, що виконаний у вигляді двох сполучених посудин, одна з яких з'єднана з вакуум-камерою, а інша – відкрита і обладнана зливальним отвором та стопором.

Крім того, відомий пристрій, в якому проміжна ємність та дозатор поміщені в один корпус, поєднаний з вакуум-камерою [Гершгорн М.А., Конкин В.Д., Клемешов Г.А. Извлечение вредных примесей вакуумированием металла //Доменное производство, М., 1959, стр.130-140].

Недоліками відомих пристроїв є те, що не досягається контакт рідкого металу з вакуумним середовищем та не забезпечується видалення шкідливих домішок сірки й миш'яку вакуумуванням.

Найбільш близьким за технічною сутністю до пристрою, що заявляється, є пристрій для вакуумування рідкого металу, що включає приймальний ківш з вогнетривким стаканом та з фурмою, який встановлений на кришці вакуум-камери, та чавуновозний ківш, при цьому вакуум-камера постачена внутрішньою ємністю з футеровочного матеріалу, що звужується донизу та входить в

(13) C2

(11) 87647

(19) UA

горловину чавуновозного ковша, а кожух вакуум-камери герметично з'єднаний з корпусом приймального ковша [авторське свідоцтво СРСР №608839, кл. C21C5/56, опублікований 30.05.78].

До недоліків відомого пристрою відносяться неможливість дотримання у вакуум-камері стабільного тиску через недостатній обсяг буферної камери, неможливість забезпечення, при падінні струменя рідкого металу з проміжного ковша, достатньо великої міжфазної поверхні через малу висоту вакуум-камери й недостатнього розкриття струменя металу, що приводить до видалення всього 30-50% миш'яку від початкового вмісту. Крім того, чавунна вакуумна вставка, що розташована над вогнетривким стаканом проміжного ковша, не дозволяє досягти достатнього ступеня ущільнення, а при вакуумуванні рідкого металу відбувається його охолодження, також відсутня подальша конденсація миш'яку, який виділяється у вигляді парів під час вакуумної обробки.

В основу винаходу поставлене завдання удосконалення агрегату для видалення миш'яку із залізуглецевого розплаву під вакуумом, в якому додаткове обладнання ємністю для подачі нейтрального газу, з'єднаною через вакуумний затвор з вакуум-камерою, виконання буферної ємності з об'ємом, перевищуючим об'єм вакуум-камери у 15-20 разів, розташування фурм для подачі окислювача в частині внутрішньої ємності вакуум-камери, що звукується, виконання фурми для випуску металу з приймального ковша багатосопловою, забезпечують можливість дотримання у вакуум-камері стабільного тиску, цим забезпечується підвищення видалення кількості миш'яку з розплаву, зменшення охолодження рідкого металу при його вакумуванні, осадження парів миш'яку, який міститься в газах, що відходять.

Поставлене завдання вирішується тим, що в агрегаті для видалення миш'яку із залізуглецевого розплаву під вакуумом, що включає приймальний ківш, герметично з'єднаний з вакуум-камерою, що сполучена з буферною ємністю, й оснащена внутрішньою ємністю з футеровочного матеріалу, яка звукується донизу та входить до горловини чавуновозного ковша, приймальний ківш постачений фурмою для випуску металу, згідно з винаходом передбачені наступні конструктивні відміни:

- агрегат додатково обладнаний ємністю для подачі нейтрального газу;
- ємність для подачі нейтрального газу з'єднана через вакуумний затвор з вакуум-камерою;
- буферна ємність виконана з об'ємом, що перевищує об'єм вакуум-камери у 15-20 разів;
- в частині, що звукується, внутрішньої ємності вакуум-камери розташовані фурми для подачі окислювача;
- фурма для випуску металу з приймального ковша виконана багатосопловою.

Крім того, вакуумна вставка має форму усіченого конуса та виконана з чавуну, агрегат додатково обладнаний ємністю для осадження парів миш'яку.

Сутність винаходу пояснюється кресленням, де на Фіг. зображений загальний вигляд агрегату для видалення миш'яку із залізуглецевого сплаву під вакуумом, у розрізі.

Агрегат для видалення миш'яку із залізуглецевого розплаву під вакуумом складається з вакуум-камери 1, яка містить внутрішню ємність 2, виконану із футерованого матеріалу, ємність 2 звукується донизу та входить до горловини чавуновозного ковша 3 (типу Клінг), приймального ковша 4, змонтованого на кришці (не показана) вакуум-камери 1 з надійним ущільненням, у днище ковша 4 вставлена фурма 5 для випуску металу з 4-5 соплами, розташованими в строго визначеному порядку для збільшення кута розкриття рідкого металу, що розпильовується у вакуумі та його міжфазної поверхні, над фурмою 5 виконане поглиблення для вакуумної вставки 6, яка має форму усіченого конуса з кутом зазору 15-20° та виконана з чавуну, фланців 7 вакуум-камери, фланців 8 чавуновозного ковша 3, вакуумного затвора 9, який, через буферну ємність (не показана), що у 15-20 разів перевищує об'єм вакуум-камери 1, приєднує вакуумну систему до вакуум-камери 1, кільцевих фурм 10 для подачі окислювача під струмінь рідкого металу, що розташовані у внутрішній ємності 2, що звукується, вакуум-камери 1, гідродократів 11, системи здуву 12, направляючого жолоба 13.

Дослідження показали, що використання алюмінієвих вставок для герметизації вакуум-камери не приводить до необхідного результату, через високу швидкість їх плавлення. Було встановлено, що найкращими характеристиками володіють чавунні вставки товщиною 1,5-2,5 см (менша товщина не забезпечує належної герметизації, більша - не ефективна через збільшення часу плавлення).

Пристрій працює наступним чином.

До робочого положення агрегат переходить автоматично. Під час роботи вакуум-камера 1 автоматично, за допомогою гідродократів 11 займає два положення: підготовче та робоче. У підготовчому положенні опускається вставка 6, яка розміщена над фурмою 5 приймального ковша 4. Пароелектричний насос працює на буферну ємність, створюючи граничне розрідження в буферній ємності, вакуумний затвор 9 закритий.

Обсяг буферної ємності, який перевищує обсяг вакуум-камери 1 у 15-20 разів, дозволяє швидко створити у вакуум-камері 1 робочий тиск перед надходженням до неї чавуну з приймального ковша 4.

В робочому положенні вакуум-камери 1 відбувається з'єднання її з чавуновозним ковшем 3, при цьому перед ущільненням виконується пневмодув пилу з похилого опорного фланця 7 системою 12. Герметизація досягається за рахунок ущільнення жароміцної гуми під дією сили ваги вакуум-камери 1, а після надходження рідкого металу до агрегату, ущільнюється рідким металом. Перші порції рідкого металу, які попадають у зазор між прийомним ковшем і чавунною вставкою, "заморожуються", утворюючи герметичність вакуум-камери 1, після плавлення чавунної ваку-

умної вставки 6 (розплавлення якої відбувається за $(0,9-1,2) \cdot 10^2$ с) й до кінця випуску, рідкий метал служить затвором, герметизуючим вакуум-камеру 1.

Чавун з доменної печі жолобом 13 надходить до приймального ковша 4 і заповнює його до початкового рівня, автоматично відкривається вакуумний затвор 9, який з'єднує буферну ємність з камерою 1, відбувається вирівнювання тиску, до моменту розплавлення вставки 6 в системі встановлюється робочий тиск 1 мм рт.ст., і струмінь, розкриваючись, подає униз чавун та енергійно розпилюється у вакуум-камері 1, при цьому досягається, за рахунок кращого розпилення й більшої висоти падіння, збільшення контакту між металом та вакуумним середовищем. За допомогою фурм 10, окисний газ (кисень) порційно через 2-3 хвилини на 15-20 с подається до вакуум-камери 1 під струмінь рідкого металу, в результаті чого відбувається окислювання домішок чавуну (кремнію, вуглецю), а тепло, що виділяється, дозволяє підтримувати температуру рідкого металу в чавуновозному ковші 3 на заданому рівні, не допускаючи її зниження. У цей час вакуумний затвор 9 відтинає подачу вакууму до вакуум-камери 1 до закінчення продувки киснем, що дозволяє стабілізувати температуру металу й знизити вміст кремнію в чавуні. При зливі із приймального ковша останніх порцій рідкого металу до вакуум-камери 1 виникає перепад тисків, внаслідок чого відбувається інтенсивне засмоктування повітря у вакуум-камеру 1. З цієї метою при закінченні випуску рідкого металу із приймального ковша 3, для недопущення аномальних явищ і різкого окислювання рідкого металу та для вирівнювання тиску за допомогою вакуумного затвора 9, припи-

няється відкачування газу з вакуум-камери 1 та вона заповнюється нейтральним газом (аргон, азот), після чого вакуум-камера 1 займає підготовче положення.

Гази, що виділяються під час вакуумування, надходять до системи конденсації миш'яку (не показана), обладнаною пристроєм осадження, що включає кілька ярусів залізної губки, в результаті чого миш'як, який міститься в газах, осідає в додатковій ємності.

Час вакуумування в запропонованому агрегаті становить 30-35 хвилин, що достатньо для досягнення поставленої мети.

Лабораторні дослідження, що виконані на установці по визначенню поверхневих властивостей розплавів показали, що при малому вмісті кисню миш'як різко знижує поверхневий натяг розплавів, що обумовлює значну адсорбцію миш'яку на поверхнях розділу метал-газ і метал-шлак. Максимум адсорбції миш'яку Γ_{\max} досягається при атомній частці його в металі $\sim 6,8\%$ і становить $6,65 \cdot 10^{-10}$ моль/см². Адсорбуючись у поверхневому шарі, сірка й фосфор витісняють з нього миш'як, знижуючи ступінь його впливу на поверхневу активність всієї системи Fe-As-C-S-P. Збільшення концентрації сірки й фосфору підсилює їхній спільний вплив і знижує ступінь використання миш'яком своєї поверхневої активності.

У зв'язку з тим, що парціальний тиск парів миш'яку вище тиску парів фосфору при однакових температурах і вмісту їх у залізі, миш'як легше й більшою мірою, ніж фосфор, улетючується при вакуумуванні чавуну й сталі. Отримані експериментальні дані з дослідження кінетики випару миш'яку у вакуумі з розплавів із різним вмістом миш'яку наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Випар компонентів розплавів Fe-As при температурі 1600°C і залишковому тиску $6,7 \cdot 10^{-3}$ Па (маса вихідного сплаву $1,5 \cdot 10^{-2}$ кг, час витримки у вакуумі $6,0 \cdot 10^2$ с)

Масова частка у сплаві As, %	Маса компонента сплаву, що випарувався, $m \cdot 10^3$, кг		Молярна частка миш'яку (середнє значення за час експерименту)	
	As	Fe	розплав	пар
30,5	1,2975	0,1334	0,2135	0,8785
25,0	1,0690	0,1507	0,1755	0,8410
15,0	0,6676	0,1799	0,1010	0,7340
10,0	0,5686	0,2565	0,0631	0,6230
4,0	0,1658	0,1864	0,0262	0,3910
3,0	0,0832	0,1171	0,0205	0,3460
1,0	0,0225	0,0922	0,0069	0,1540
0,5	0,0078	0,0648	0,0035	0,0822
0,3	0,0025	0,0335	0,0022	0,0526

Оцінку ступеня випару миш'яку із залізомиш'якових розплавів при вакуумуванні на підставі отриманих даних, виконували за допомогою розрахунку коефіцієнта летючості α , що визначає поведінку домішкового компонента розплаву, який перебуває в кінетичному режимі. Використовуючи формулу Ленгмюра для швидкості моле-

кулярного випару компонентів розплаву, ця залежність виражається рівнянням:

$$\alpha_i = \frac{p_i}{p_{\text{осн}}} \left(\frac{M_{\text{осн}}}{M_i} \right)^{1/2} \quad (1),$$

де p_1 і $p_{\text{осн}}$ - парціальні тиски пар i-ї домішки й розчинника (тобто основного компонента) від-

повідно при заданій температурі; M_i і $M_{\text{оч}}$ - молекулярні маси.

Чисельне значення α_{As} при температурі 1600 °C і залишковому тиску $6,7 \cdot 10^{-3}$ Па виявилося в межах від 24 до 27 [5], що свідчить про можливість випару значної кількості миш'яку з розплавів Fe-As (для сірки коефіцієнт летючості дорівнює 33-37).

Отримані експериментальні дані дають можливість приблизно розрахувати максимальний ступінь дезарсенації розплавів на основі заліза по величині мінімальної концентрації миш'яку $[\% \text{As}]_{\text{min}}$, при якій відносна летючість його стає рівною одиниці й тому його вміст при вакуумуванні розплаву не буде змінюватися. Для розрахунку $[\% \text{As}]_{\text{min}}$ перетворимо рівняння (1), застосувавши закон Рауля для основного компонента, тобто заліза, і закон Генрі для розчиненого в ньому миш'яку. Тоді, приймаючи активність заліза α_{Fe} і коефіцієнт активності миш'яку f_{As} у розплаві рівними одиниці, одержимо:

$$\alpha_{\text{As}} = \frac{K_{\text{As}} \cdot [\% \text{As}]}{p_{\text{Fe}}^0} \left(\frac{M_{\text{Fe}}}{M_{\text{As}}} \right)^{1/2} = R_{\text{As}} [\% \text{As}] \quad (2),$$

де K_{As} - величина, зворотна константі Генрі Γ_{As} ;

p_{Fe}^0 - тиск пари чистого заліза при температурі вакуумування [6].

При відомому з експериментальних даних значенні α_{As} по рівнянню (2) визначають величи-

ну R_{As} , знаючи середній вміст миш'яку в розплаві за час експерименту, після чого знаходять $[\% \text{As}]_{\text{min}}$ за тих самих умов вакуумування зі співвідношення:

$$[\% \text{As}]_{\text{min}} = 1/R_{\text{As}} \quad (3).$$

При використанні середньоарифметичного значення $\alpha_{\text{As}} = 25$ і вважаючи пари миш'яку такими, що складаються тільки з молекул As_2 ($M_{\text{As}} = 150$ кг/кмоль), розраховано, що при вакуумуванні розплаву Fe-C-As з вихідною масовою часткою миш'яку 0,184% при температурі 1600 °C і залишковому тиску $6,7 \cdot 10^{-3}$ Па можна досягти вмісту миш'яку в розплаві $\sim 0,005$ %, тобто видалити з розплаву 97,3 % As.

Дослідження з вакуумування синтетичних залізуглецевих розплавів при різних температурах і тисках показали, що швидкість випару миш'яку з розплаву збільшується не тільки з підвищенням температури, але й зі зниженням залишкового тиску. Так, якщо при 1550°C та залишковому тиску $6,7 \cdot 10^{-3}$ Па, концентрація миш'яку в розплаві за $3,6 \cdot 10^{-3}$ з вакуумуванням знижується на 80,5 %, то при залишковому тиску $0,2 \cdot 10^{-2}$ Па - тільки на 45%, при практично однаковому початковому вмісті миш'яку в обох розплавах.

Вплив тиску, температури й часу вакуумування на вміст миш'яку в синтетичних залізуглецевих розплавах наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Температура, °C	Залишковий тиск у вакуум-камері, Па	Початкова масова частка компонентів у сплаві, %						Масова частка миш'яку в розплаві, %, після вакуумування, на протязі t, c						Константа швидкості випарування миш'яку $K_{\text{As}} \cdot 10^3$ м/с
		C	Si	Mn	P	S	As	600	1200	1800	2400	3000	3600	
1550	$4,0 \cdot 10^{-2}$	3,35	0,35	0,950	0,450	0,035	0,192	0,178	0,166	0,152	0,144	0,138	0,131	1,13
1550	$1,3 \cdot 10^{-2}$	3,55	0,50	0,750	0,055	0,029	0,092	0,085	0,078	0,072	0,068	0,064	0,060	1,28
1600	$0,2 \cdot 10^{-2}$	3,10	0,69	0,035	0,035	0,060	0,164	0,142	0,128	0,109	0,100	0,091	0,070	2,09
1550	0,33	3,00	0,25	0,050	0,040	0,040	0,140	0,115	0,097	0,082	0,067	0,056	0,048	3,07
1600	$6, \cdot 10^{-3}$	3,50	0,45	0,640	0,350	0,042	0,184	0,136	0,099	0,074	0,056	0,044	0,035	4,87

Видалення миш'яку з рідкого металу при вакуумуванні засновано на падінні струменя у вакуумі з його дробленням і утворенням краплинної зони, що охоплює центральну щільну зону й складається із крапель діаметром $(0,3-1,5) \cdot 10^{-3}$ м, що приводить до збільшення міжфазної поверхні тим більш значної, чим з більшої висоти стікає струм і чим, отже, триваліший вплив на нього вакууму. Так, при тиску $(1,3-1,7) \cdot 10^2$ Па зі збільшенням висоти падіння струму рідкого металу з 2,8 до 6,5 м питома величина його міжфазної по-

верхні збільшується майже в 5 разів: з 56 до 271 м/т сталі.

Застосування запропонованого агрегату для видалення миш'яку із залізуглецевого розплаву під вакуумом дозволить збільшити ступінь видалення миш'яку з рідкого заліза до 70-80%, забезпечити стабільність температури металу після вакуумування та сконденсувати миш'як, що міститься в газах, які випаровуються під час вакуумування.

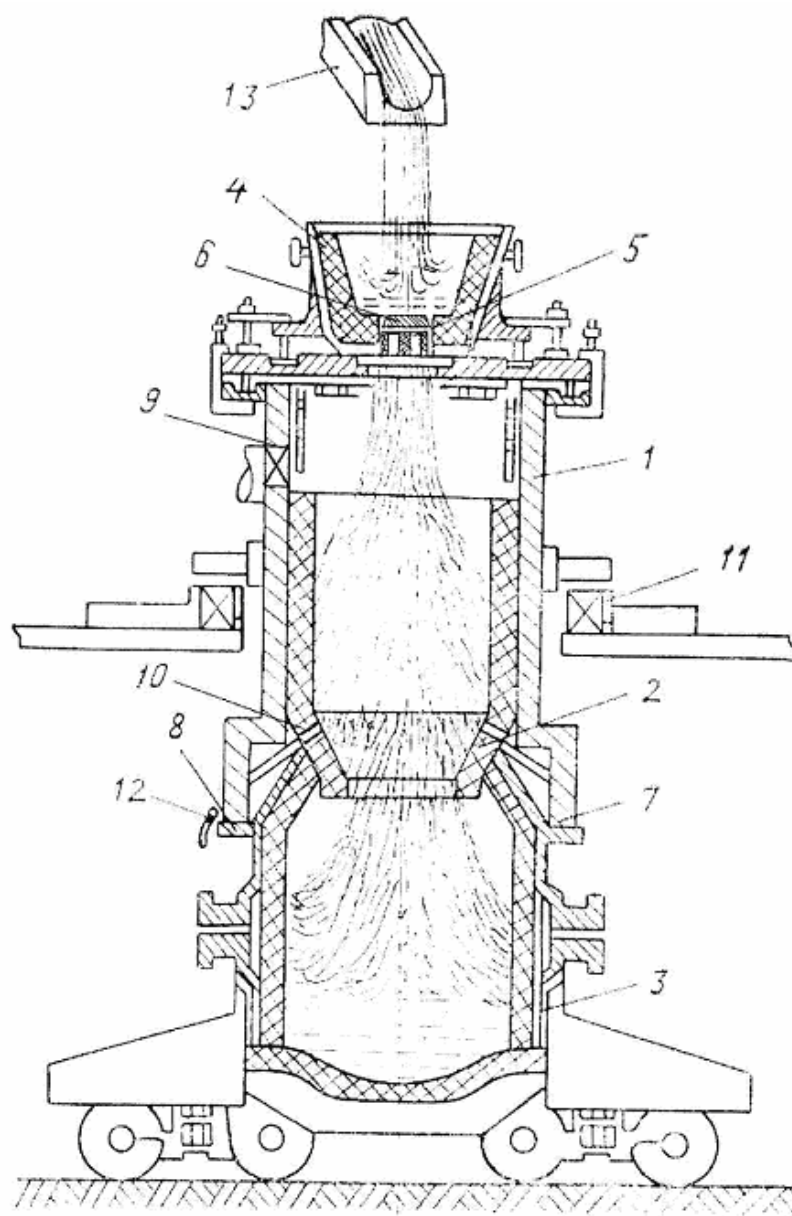


Fig.