

ДЕРЖАВНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ

На правах рукопису

ПЕРЕВОЗЧИКОВ Олександр Ігорович

**РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДЕСУЛЬФУРАЦІЇ
ЧАВУНУ МАГНІЄМ, ВІДНОВЛЕННЯ У РІДКОМУ МЕТАЛІ**

Спеціальність 05. 16. 02. "Металургія чорних металів"

**Автореферат
дисертації на здобуття вченої ступені
кандидата технічних наук**

Дніпропетровськ, 1993

AB 28.281



00810619 (P)

На правах рукопису

2

Робота виконана на кафедрі металургії сталі Дніпропетровського металургійного інституту

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:

доктор технічних наук, професор

БОМЧЕНКО Борис Михайлович

ОФІЦІЙНІ ОПОНЕНТИ:

доктор технічних наук, лауреат премії Ради Міністрів УРСР, державної премії України

ВІХЛЕБЧУК Валерій Антонович

кандидат технічних наук, доцент

ШАТОНА Володимир Іванович

Провідна установа - Дніпровський металургійний комбінат ім. Ф.Е. Дзержинського

Захист відбудеться 28 " 11 " 1993 р. в 12 год. 30 хв. на засіданні спеціалізованої вченої ради К 068.02.01 по присудженню вченої ступені в галузі металургії чорних металів при Державній металургійній академії України (320635, м.Дніпропетровськ, пр.Гагаріна, 4)

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці академії

Автореферат розісланий 18 " 10 " 1993 р.

Вчений секретар спеціалізованої ради канд.техн.наук, доцент

ПАНОТОВ Врія Семенович

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи

Для підвищення якості і зниження собівартості металопродукції необхідно використання в сталеплавильному виробництві чавунів з низьким вмістом сірки. Для зниження вмісту сірки в переробних чавунах в даний час найбільш прогресивними є технології внепічної десульфурації чавуну. Однак, використовувані технології мають ряд недоліків: вимагають коштовних і дефіцитних реагентів, не придатні для обробки "холодних" чавунів; процес десульфурації при цьому супроводжується піроефектом, забрудненням атмосфери.

В цьому зв'язку важливими і актуальними являються дослідження направлені на розробку нових економічних технологій одержання низькосірчастого чавуну і сталі, в тому числі за рахунок використання електрометалургійного відновлення магнієв під шаром рідкого металу із відновлювчої суміші на основі дешевих і недефіцитних матеріалів, таких як обпалений металургійний магнезит і феросиліцій, з застосуванням для підігріву суміші дугового розряду.

Мета роботи.

Метод дисертаційної роботи є дослідження і розробка нової технології десульфурації чавуну магнієм шляхом його одержання під шаром рідкого металу з відновлювчої суміші, що дозволить зменшити коштовність обробки, виключити охолодження чавуну і інші недоліки, властиві відомим технологіям.

В роботі були поставлені і вирішені наступні задачі:

- досліджені умови існування дугового розряду під шаром металу та вплив на них газопроникності і електропровідності відновлювчої суміші;

- вивчені теплофізичні властивості суміші та розроблені принципи положення вибору гранулометричного складу;

- розроблена технологія приготування відновлювчої суміші та формування блоків на основі магнезиту і феросиліцію та вивчені умови досягнення оптимальних показників електропровідності і газопроникності;

- в-изначений вплив різних параметрів процесу на ступінь десульфурації;

- розроблені технологічні основи десульфурації чавуну шляхом одержання магнієв під шаром рідкого металу з відновлювчої суміші;

- розроблена конструкція пристрою для випробування технології в дослідно-промислових умовах.

Наукова новина.

Розроблена та випробувана в дослідно-промислових умовах нова технологія десульфурзації, в якій вперше вирішене питання спільного одержання магнію і десульфурзації, а також можливість регулювання тиску парів магнію електричною потужністю, що забезпечує стабільність процесу в рідкому чавуні. Встановлені фізико-хімічні закономірності процесу.

Розроблена і відпрацьована конструкція і геометричні параметри електродів для підведення електричної потужності і відновлюючого блоку.

Визначений механізм і кінетика процесу відновлення магнію і десульфурзації на основі термодинамічних розрахунків при збільшеному тиску парів магнію.

Практична цінність роботи.

При реалізації розробленої технології у дослідно-промислових умовах досягнуто зниження вмісту сірки до 0,01 %, що дозволяє випускати чавун з показниками по сірці, відповідаючими якості першої категорії. Одержання такої якості чавуну за іншими технологіями або безпосередньо в доменній печі пов'язано зі значними експлуатаційними затратами, а в ряді випадків взагалі неможливо. Використання доломітно-і вапняноуглецевих сумішей дозволить обробляти також і сталь.

Реалізація результатів роботи.

Результати роботи реалізовані в основних технічних рішеннях реконструкції сталеплавильного виробництва на Запорізькому металургійному комбінаті "Запоріжсталь" в проектуваному киснево-конверторному цеху при виборі заходів для обробки чавуну з метою зниження вмісту сірки.

Апробація роботи.

По матеріалам дисертації зроблені доповіді на республіканській конференції "Повищення ефективності використання топливно-енергетических ресурсів в чорній металургії", на всесоюзній конференції "Екологіческие проблеми литейного производства России", на симпозіумі сталеплавильників, на науково-технічних конференціях Донбаського гірничо-металургійного інституту.

Публікації.

Основні результати роботи викладені у 7 наукових публікаціях та 3 авторських свідоцтвах на винахід.

Обсяг роботи.

Дисертація складається із вступу, 7 розділів, і висновків.

викладена на 149 сторінках машинописного тексту, в тому числі вміщує 11 таблиць, 36 малюнків, 2 додатка та список використаної літератури із 91 найменування.

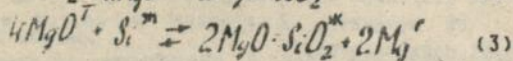
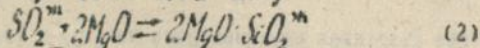
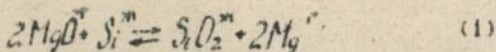
ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У вступі і розділі "Літературний огляд" на основі аналізу вітчизняних і зарубіжних літературних джерел дається короткий огляд існуючих технологійних схем одержання низькосірчистих чавунів в ковші з застосуванням магнію. Всі вони умовно розділяються на дві групи: з використанням металічного магнію і з попереднім його відновленням в ковші. Для обох видів рафінування необхідний перегрів чавуну. Способи з застосуванням металічного магнію дають більш стабільні результати, але вимагають використання кошового металічного магнію. Суміші і способи з попереднім відновленням магнію незручні в роботі і вимагають значного перегріву чавуну (часом на 300 - 400 К) та, як правило, дають нестабільний результат. Тобто в даний час не існує засібу, забезпечуючого глибоку десульфуріацію чавуну без використання металічного магнію і не вимагаючого значного перегріву металу.

В цьому зв'язку уявляється перспективним з точки зору техніко-економічних показників розробка технології введення відновлювчої суміші під шар обробляваного металу та створення дугового розряду безпосередньо в суміші. При цьому вся енергія, яка підводиться в зону дугового розряду, використовується для відновлення магнію і підігріву чавуну, забезпечується добре перемішування металу і значна поверхність контакту фаз. Такий засіб не вимагає складного технологічного обладнання, добре підлягає управлінню і автоматизації.

В розділі "Теоретичні дослідження" розроблені теоретичні основи процесу десульфуріації. Докладно розглянута стадія відновлення магнію феросиліцієм в зоні дугового розряду. Як відомо, дуговий розряд може існувати лише в газовому чи паровому середовищі. Тому під шаром чавуну в відновлювчій суміші повинна викинути порожнина, заповнена газом чи паром. Крім того, газоподібні речовини, які знаходяться в порожнині, повинні бути частично іонізовані.

Термодинамічна оцінка з врахуванням можливості протікання різних паралельних реакцій в процесі відновлення магнію показала, що найбільш імовірними є реакції (1), (2), (3), що приведені далі.



Як показано в роботі, реакція відновлення магнію відноситься до гетерогенних реакцій, протікаючих на твердо-рідкій поверхні з виділенням газоподібних парів магнію.

Така реакція при атмосферному тиску здійснюється при температурі, перебільшувачій 2200 К. І енергія Гіббса (вільна енергія) (4), і рівноважна температура реакції (5), і питомі теоретичні витрати енергії залежать від феростатичного тиску чавуну.

$$\Delta G_r^0 = -482488 + 224,75T - 38,31T \lg P \quad (4)$$

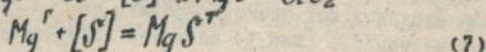
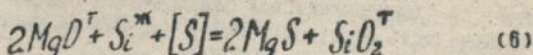
$$T = \frac{12,594}{5,867 - \lg P} \quad (5)$$

Для такої реакції швидкість протікання лімітується швидкістю взаємної молекулярної дифузії, що викликає перегрів суміші і відновлення магнію через дисоціацію компонентів відновлювочої суміші з подальшим утворенням в низькотемпературних зонах тугоплавких фаз. Тобто, відновлення магнію в зоні дугового розряду відбувається за двома механізмами: гетерофазному та іонізаційному. Часткову участь реакцій, протікаючих по гетерофазному та іонізаційному механізмами встановити не представляється можливим.

Визначення вільної енергії реакції гетерофазного відновлення магнію показало, що цей процес з врахуванням феростатичного тиску можливий при температурах 2100 – 3200 К. Термодинамічні розрахунки довели, що середні питомі витрати енергії складають 5,1 кВт.г на один кілограм відновленого магнію, а вихід магнію – 0,2 кг/кг суміші. Для дисоційного відновлення магнію показник теоретичних затрат енергії складас 13,9 кВт.г/кг магнію.

Поряд з процесом відновлення магнію в роботі розглянуті процеси засвоєння магнію чавуном, тобто десульфурація. Десульфурація чавуну відбувається в умовах, відмінних від звичайної десульфурації металічним магнієм. Охолодження парів магнію рідким чавуном здійснюється за частки секунди, і в чавуні з'являються дрібні бульбашки парів магнію, вміщуючі в собі силікати магнію та інші

продукти реакції. Розрахунки вільної енергії та напрямку всіх можливих в даних умовах реакцій показали, що окрім десульфурації парами магнію в чавуні можливе протікання реакції (6) зв'язування сірки безпосередньо диспергованою відновлюючою сумішшю. Але ймовірність цієї реакції невелика із-за малої поверхні контакту фаз. Найбільш термодинамічно ймовірною є реакція зв'язування сірки парами магнію (7) охолодженнями до температури рідкого чавуну. Ця реакція в основному здійснюється через попереднє розчинення магнію в розплаві.



На основі термодинамічних розрахунків визначений оптимальний хімічний склад відновлюючої суміші (табл.1)

Таблиця 1

Склад відновлюючої суміші

Компонент	Вміст, % ваг.	Вміст, моль/кг суміші
Оксид магнію (MgO)	74,430	18,469
Кремній (Si)	12,971	4,615
Залізо (Fe)	4,370	10,780
Діоксид кремнію (SiO_2)	6,000	0,998
Оксид натрію (Na_2O)	2,229	0,36
Разом	100	

Запропоновано формувати суміш в блоки з розміщеними в них електродами. Оскільки від гранулометричного складу залежить площа контакту фаз, а відповідно і швидкість реакції відновлення магнію, в роботі досліджений гранулометричний склад суміші. Цей показник також впливає і на газопроникність суміші, яка в свою чергу визначає ступінь утримування парів магнію в порожнині, а відповідно, і впливає на умови існування дугового розряду. Принцип вибору оптимального гранулометричного складу, забезпечуючого мінімальну

газопроникність і максимальну щільність, ґрунтується на раціональному співвідношенні фракцій. Виведена формула (8) для вибору фракційного складу суміші, яка приведена нижче.

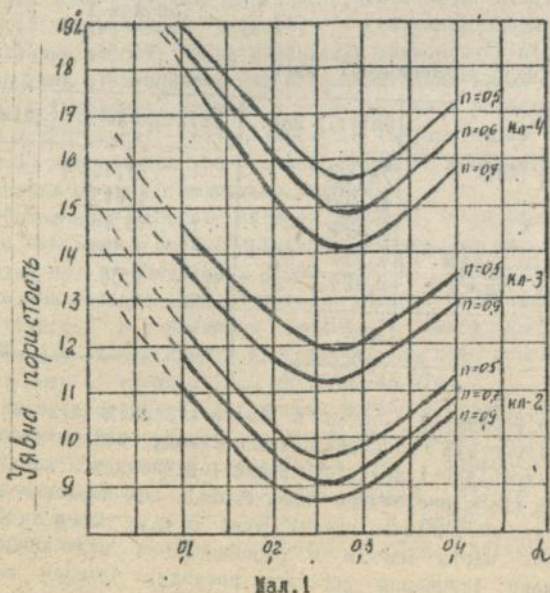
$$y = [2 + (1-2)(d_1/D)^n] 100, \% \quad (8)$$

де:

- α - коефіцієнт, залежачий від типу компонентів (ср);
- n - показник, характеризувачий розподілення вузьких фракцій між грубозернистою складовою суміші і враховувачий відношення грубозернистої та тонкодисперсної складових в суміші ($n=0,5-0,9$);
- d_1 - розмір будь-якої проміжної раніше заданої фракції, мм;
- D - розмір найкрупнішої фракції суміші, мм.

Одержана залежність (мал.1) дозволяє вибрати оптимальний склад суміші із існуючих на конкретному підприємстві порожків.

Залежність уявної пористості суміші блоків від значень коефіцієнтів α та n



Мал. 1

В роботі проведений теоретичний аналіз умов існування дугового розряду, оскільки для реалізації розробленої технології необхідна його стабільна наявність в порожнині під шаром чавуну. Оскільки стовб дугового розряду механічно нетривкий провідник, він може або притягуватись струмом до поверхні суміші та шунтуватись її електропровідністю, або відтовхуватись полем струму протікаючого по електродах, із дугової порожнини. Обидва явища небажані для проведення процесу, тому для їх усунення в роботі вивчена електропровідність розігрітої суміші та рідкої плівки на стінках дугової порожнини. Найдений оптимальний її показник, який дорівнює $0,8 - 1,1 \text{ Ом} \cdot \text{см}$, показана можливість задання необхідної електропровідності гранулометричним складом та концентрацією силікату натрію.

В розділі "Експериментальні дослідження по розробці технології десульфурзації чавуну магнієм, відновленим в рідкому металі" на базі теоретичних припущень виконані лабораторні дослідження по вивченню теплофізичних характеристик відновлювочої суміші в залежності від гранулометричного складу при заданому хімічному складі. Одержані залежності, які дають можливість підібрати гранулометричний склад (табл. 2) з заданою газопроникністю.

Визначений оптимальний тиск пресування відновлюваних блоків з використанням пресового обладнання (30 - 90 МПа). Встановлено, що недопустимо при складанні суміші використовувати фракції крупністю більш 4 мм. Експериментально підібране для відновлювочої суміші зв'язуваче (низькомодульне рідке скло).

Оскільки температура реакції відновлення магнію перевищує температуру плавлення більшості конструкційних матеріалів, після проведення лабораторних дослідів, як електроди було запропоновано використати електротехнічний графіт, а для запобігання надмірного розігріву графітового електрода по довжині, розміщати графіт в товстостінні сталеві трубки.

Розроблена методика розрахунку геометричних розмірів відновлювочого блоку, діаметра графіта та зовнішнього діаметра Дн сталеві трубки (9).

Таблиця 2

Змінення основних характеристик відновлювчої суміші в залежності від гранулометричного складу

№ суміші	Компоненти	Клас	Вміст, %	Характеристика суміші
1	Магнезит	3-1	30	Густина 1910 кг/м ³ . Газопроникність - 84 Міцність в затвердженому стані висока
	обпалений МО	1-0	32.5	
	Феросиліцій ФС 75	2-0	15	
	Рідке скло	модуль 2.2	22.5	
2	Магнезит	1-0	62.5	Густина 1720 кг/м ³ . Газопроникність - 46. Міцність в затвердженому стані висока. Тріщини
	обпалений МО	1-0	15	
	Феросиліцій ФС 75	1-0	15	
	Рідке скло	модуль 2.2	22.5	
3	Магнезит	0,3-0	62.5	Густина 1910 кг/м ³ . Газопроникність - 32. Тріщини. Міцність в затвердженому стані невисока
	обпалений МО	1-0	15	
	Феросиліцій ФС 75	1-0	15	
	Рідке скло	модуль 2.2	22.5	
4	Магнезит	3-1	64.5	Густина 1690 кг/м ³ . Газопроникність - 74. Тріщини. При вийманні руйнується
	обпалений МО	1-0	15	
	Феросиліцій ФС 90	2-0	15	
	Рідке скло	модуль 2.2	22.5	

$$D_n = \sqrt{\frac{3121 \cdot 10^{-8} J W^2 + \pi D_k^2}{\pi}} \quad (9)$$

де:
 J - робочий струм, А;
 T - час обробки, с;
 D_n - діаметр графітового електроду, м.

Визначена необхідна електрична потужність для здійснення процесу, падіння потенціалу дугового стовба та тривалість обробки, що відповідно складають 30-35 МВт/м² торця блоку, (11-14) * 10² В/м, 10-15 хв. Розрахована методом кінцевих різностей (табл. 3) температура розігріву електродів тепловим потоком (10) (температура внутрішньої поверхні) від обробляемого чавуну та зроблені висновки про стійкість електродів.

Таблиця 3

Змінення температури в середині блоку при обробці металу

Час		Температура поверхні шарів						Т елек. К
Δt	с	0 Δг 0,00	1 Δг 0,024	2 Δг 0,048	3 Δг 0,072	4 Δг 0,096	5 Δг 0,12	
1	2	3	4	5	6	7	8	
0	0,0	1698	298	298	298	298	298	298
1	105,1	1698	648	298	298	298	298	420
2	210,2	1698	648	429	298	298	298	542
3	315,3	1698	746	429	353	298	298	664
4	420,4	1698	746	500	353	322	298	785
5	525,5	1698	800	500	396	322	309	908
6	630,6	1698	800	613	396	347	309	1030
7	735,7	1698		613	458	347	326	1152
8	840,8	1698			458	384	326	1274
9	945,8	1698				384	349	1396

$$t_{d,m} = \frac{t_{вн} \lambda_{ст} \Delta t_{вн} + t_{с} m (\rho_{ст} - \rho_{ч} \alpha \Gamma)}{\lambda_{ст} \Delta t_{вн} + \lambda (\rho_{ст} - \rho_{ч} \alpha \Gamma)} \quad (10)$$

- $t_{вн}$ температура в шари $n = 1$ в момент m
- $t_{с}, \lambda_{ст}$ температура середовища та коефіцієнт тепловіддачі всередині циліндру ($\lambda = 14 \text{ Вт/м}^2\text{К}$);
- $\rho_{ч} = 1$ для пустотілого циліндру.

З врахуванням теоретичних припущень та результатів попередніх лабораторних експериментів виконані дослідження по десульфурзації чавуну по запропонованій технології на Лутугінському вальце-ливарному заводі. При проведенні досліджень використовували дослідно-промисловий пристрій, з допомогою якого обробляли чавун в 5-т ковші. Відновлювач суміш оптикального гранулометричного складу (табл. 2 суміш N 1) формували в блоки вагов 25-26 кг. з розміщеними в них електродами зовнішнього діаметра сталеві трубки 18 мм. за допомогою спеціального пресового обладнання. Для спрощення запуску блоки формували з пусковими порожинами, а для зменшення витіку струму в об'ємі блоку - зі щілинов між електродами та сумішшю. Після формування блоки висушували при температурі 650-700 К на протязі 3,5-4 годин. Готові відновлювачі блоки за допомогою спеціального пристрою краном вводили в ковш (мал. 2) і на них подавали електричну потужність 140-160 кВт, в результаті чого виникав дуговий розряд з напругою 180-210 В і струмом 800 А. Заглиблення блоків у ковш складало 600-700 мм., а час обробки - 10-20 хв. Під час досліджень реєстрували температуру чавуну, струм і напругу, змінювали час обробки, визначали витрати відновлювачої суміші, забирали клинову пробу, а також пробу для визначення залишкового вмісту сірки. Основні технологічні параметри обробки чавуну в 5-т ковші, а також її результати приведені в табл. 4. Аналіз експериментальних даних дав можливість одержати залежності ступеня десульфурзації від зниження температури обробляемого чавуну, питомої витрати суміші та енергії, часу обробки та ступеня засвоєння магнію (мал. 3,4,5).

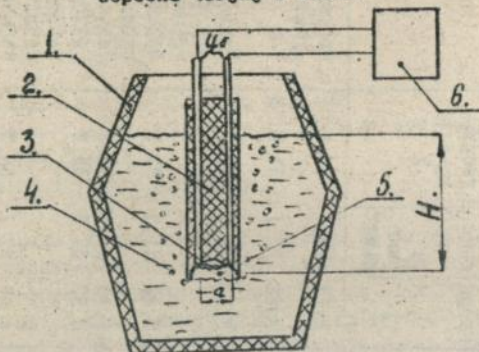
Приведені залежності показують, що зміна ступеня десульфурзації обернено пропорційна зниженню температури чавуну, прямо пропорційна з великим коефіцієнтом крутизни питомим затратам суміші та енергії, а також часу обробки. Одержані залежності добре погоджуються з кінетичними закономірностями протікаючих процесів.

Таблиця 4

Результати хімічного аналізу по десульфурації чавуну та технологічні параметри процесу

№ досліду	Вміст сірки, %		Ступінь десульфурації %	Температура чавуну		Час обробки, с.	Струм А	Напруга В	Витрати енергії кДж/т чавуну (кВт.г/т)	Витрати суміші кг/т чавун	Ступінь задоволення суміші (магніт) %	Енергетичний КПД процесу десульфурації, %	Примітки
	До обробки	Після обробки		До обробки, К	Після обробки, К								
1	0,062	0,012	64,52	1625	1580	600	600	185	13320(3,7)	3,23	60,4	60,0	Обробка протікає спокійно
2	0,080	0,011	86,25	1640	1608	900	600	190	20520(5,7)	3,68	73,1	53,9	Тех саме
3	0,051	0,022	56,86	1675	1635	600	580	180	12528(3,48)	3,32	34,1	37,1	Витік частини парів магнію через тріщини
4	0,058	0,013	77,59	1662	1620	900	590	210	22302(6,20)	3,42	51,3	32,2	Обробка протікає спокійно
5	0,56	0,009	83,93	1654	1625	900	600	205	22140(6,16)	3,13	58,55	34,0	Тех саме
6	0,078	0,01	87,18	1658	1630	1200	610	205	30012(8,34)	3,87	68,5	36,2	Горіння частини парів магнію в кінці обробки
7	0,078	0,014	87,18	1658	1620	1200	580	185	25752(7,15)	4,02	62,1	39,7	Обробка протікає спокійно
8	0,082	0,011	86,59	1638	1610	1200	600	190	27360(7,60)	4,03	68,7	41,5	Тех саме

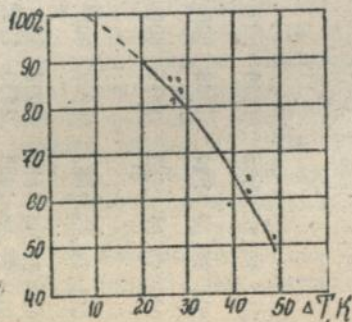
Обробка чавуну в ковті



- 1-чугуновозний ковч; 2-блок для десульфурзації чавуну; 3-дуговий розряд; 4-бульбашки відновленого магнію; 5-дугова порожнина; 6-джерело живлення (пічний трансформатор)

Мал. 2

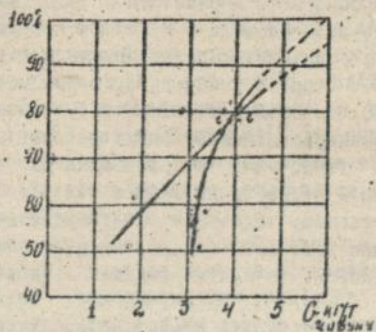
Залежність ступеня десульфурзації від зниження температури оброблюваного чавуну



Зниження температури чавуну під час обробки

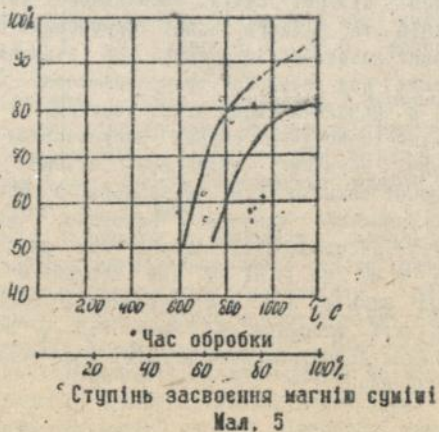
Мал. 3

Залежність ступеня десульфурації від
питомих витрат суміші та енергії



* Питомі витрати суміші
 $\frac{Q_{\text{кВт}}}{G_{\text{т суміші}}}$
 * Питомі витрати енергії
 Мал. 4

Залежність ступеня десульфурації від часу
обробки та ступеня засвоєння магнію



Окрім того, виконані дослідження показали високу стабільність другого розряду під шаром рідкого чавуну в визначених умовах, що підтверджує правильність вибору всіх параметрів.

Дані хімічного аналізу проб обробленого металу говорять про те, що в середньому в усіх спробах вміст сірки знизився від 0,07% до 0,012%, тобто на 0,6 кг/т. Ступінь десульфурзації при цьому дорівнює 85-90%. Із цього витікає, що згідно стехіометрії рівняння реакції десульфурзації (8) повинно використатись 0,45кг/т магнію, або 2,25 кг на ковш. Порівнявши з теоретично розрахованим з врахуванням стехіометрії рівняння реакції відновлення магнію (3), її кінетики та коефіцієнта засвоєння магнію, одержано підтвердження вірності теоретично вибраної фізико-хімічної моделі процесу. При цьому коефіцієнт використання енергії та суміші складає відповідно 50-55% та 80-85%.

В розділі "Розробка конструкції основних вузлів пристрою та технології десульфурзації чавуну" на основі проведених досліджень розроблена технологічна схема пристрою та вузлові моменти його конструкції. Технологічна схема передбачає наявність дільниці приготування сумішей та формування блоків, на якій розміщені розмольно-змінювачі вальці, віброоснастка та сушильна камера; дільниці обробки чавуну з пристроєм для введення блока в ковш, оснащеним системою енергопостачання.

Розроблені основні моменти технології де-сульфурації, суть якої полягає в виготовленні цільної суміші обпаленого металургійного магнетиту, феросиліцію та рідкого скла, формуванні блоків та їх спаленні в чавуновоїх ковшах шляхом подачі на відновлювачі блоки електричної потужності від пічного трансформатора. Обов'язковою операцією технології є усунення впазу після обробки.

В розділі "Техніко-економічна оцінка застосування технології десульфурзації чавуну магнієм" здійснена оцінка економічної ефективності розробленої технології у порівнянні з існуючими при виробництві низькосірчастих чавунів. Показано, що загальна економічна ефективність десульфурзації чавуну при зниженні вмісту сірки в ньому від 0,07 до 0,01 % для теплового КПД 0,5 та коефіцієнта засвоєння магнію 0,3 при потужності обладнання 1,7 млн.т/р і коефіцієнті загрузки по часу 0,5 у порівнянні з технологією інжектування гранульованого магнію, буде складати 1576 тис.крб/р в цінах 1990 року.

ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень розроблений та випробуваний в дослідно-промислових умовах новий спосіб десульфурзації металургійних розплавів магнієм, відновленим під шаром рідкого металу феросиліциєм із обпаленого металургійного магнеситу в зоні дугового електричного розряду та технологія для його здійснення. Найважливішими особливостями методу є поєднання процесів відновлення магнію при підвищеному тиску та десульфурзації чавуну, а також можливість регулювання витрат парів магнію електричною потужністю, що забезпечує стабільність процесу десульфурзації.

При цьому установлено наступне.

1. Відновлення магнію в зоні дугового розряду здійснюється за двома механізмами: гетерофазному та дисоційному.

2. Найбільш термодинамічно імовірною є десульфурация чавуну шляхом зв'язування сірки парами магнію та охолодження до температури рідкого чавуну. Ця реакція в основному протікає через попереднє розчинення магнію в розплаві.

3. Оптимальний хімічний склад відновлювочої суміші визначається термодинамічними розрахунками і є наступним, %: обпалений металургійний магнесит марки МО - 62,5, феросиліцій 75 % - 15, рідке скло з модулем 2,2 - 22,5.

4. Оптимальний гранулометричний склад визначений, виходячи із значення необхідної газопроникності (2,8 - 3,0 лив.од.) та електропровідності суміші (0,8 - 1,1 Ом.см), а також недопустимості використання фракції крупністю більшою як 4 мм і складас, %: магнесит обпалений класу 3-1 - 30, класу 1-0 - 32,5, феросиліцій 75 % класу 2-0 - 15.

5. Відновлювчу суміш необхідно формувати в блоки з розміщенням в них електродани з електротехнічного графіту, запресованого в товстостінні сталіні трубки зовнішнього діаметру 18 мм.

6. Оптимальним тиском пресування блоків при використанні пресової оснастки є 30-30 МПа.

7. Умови існування дугового розряду забезпечуються відповідним вибором гранулометричного складу суміші. Необхідні для здійснення процесу електрична потужність, падіння потенціалу дугового стовба із час обробки чавуну в ковші складають відповідно 30-35 МВт/м² торця блоку, $(11-14) \cdot 10^4$ В/м, 10-15 хв. Необхідно формувати блоки з можливістю заглиблення їх на дно ковша.

8. В процесі експериментальних досліджень та випробувань в дослідно-промислових умовах досягнуто високої стабільності дугового розряду під шаром рідкого чавуну в вибраних умовах та

значних результатів у зниженні вмісту сірки в чавуні (з 0,07 до 0,01 %),

9. При цьому коефіцієнти використання суміші та електроенергії складають відповідно 60-65 %, 50-55 %.

10. Ступінь десульфурзації обернено пропорційна зниженню температури чавуна та прямо пропорційно залежить від питомих витрат суміші та енергії, а також часу обробки.

11. При використанні доломітно- та вапняно-вуглецевих сумішей можливе застосування технології для обробки сталі.

Намічене впровадження технології в новому киснево-конверторному цеху на металургійному комбінаті "Запоріжсталь".

Основний зміст дисертації відображено в наступних роботах:

1. Перевозчиков А.И. и др. Термодинамические закономерности процесса восстановления магния ферросилицием/ А.И. Перевозчиков, Б.И. Бойченко, В.М. Дробный/ Донбас. горно-металлург. ин-т.-Алчевск, 1993.-12 с.; ил.-Деп. в ГНТБ Украины 26.05.93, № 1030-Ук93.

2. Перевозчиков А.И. и др. О взаимодействии высокотемпературной газо-паровой фазы с расплавом при десульфурации способом глубинного восстановления/ А.И. Перевозчиков, Б.И. Бойченко, С.В. Перевозчикова/ Донбас. горно-металлург. ин-т, Алчевск, 1993.-9 с.-Деп. в ГНТБ Украины 30.03.93. № 620-Ук93.

3. Перевозчиков А.И. и др. Высокоэкономичная экологически чистая технология повышения качества металлов при внепечной обработке/ А.И. Перевозчиков, С.Б. Эссельбах, В.М. Кравченко: республ. конф. "Повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов в черной металлургии": Тез. докл., сентябрь 1989.-Днепропетровск.

4. Перевозчиков А.И. и др. Электродуговое рафинирование и модифицирование чугуна/ А.И. Перевозчиков, С.Б. Эссельбах, В.М. Кравченко/ Известия вузов// Черная металлургия.-1990.-№ 7.- С. 104.

5. Перевозчиков А.И., Перевозчикова С.В. Высокоэкономичная экологически чистая технология десульфурации чугуна магнетитовой восстановительной смесью: всесоюз. конф. "Экологические проблемы литейного производства России": Тез. докл., июнь 1991 г.-Пенза.

6. Полож. реш. 4329188, Способ обработки чугуна/ А.И. Перевозчиков, С.Б. Эссельбах, Е.Б. Теплицкий, В.Н. Дорофеев (СССР); Коммунар. горно-металлург. ин-т (СССР).-Опубл. 17.11.87.

7. Перевозчиков А.И. и др. Десульфурация чугуна магнезитовой восстановительной смесью / А.И. Перевозчиков, С.Б. Эссельбах, В.М. Крайченко // Литейное производство. - 1990. - № 5. - С. 5-6.

8. Способ обработки чугуна / Перевозчиков А.И. Информ. листок, 1989, Ворошиловг. тер. центр науч.-технич. инф.

9. А.с. 1724695 СССР, МКИ С21 С1/00. Устройство для десульфурации чугуна / А.И. Перевозчиков, И.И. Кригульский, В.И. Жаворонков (СССР); Запорож. идустр. ин-т (СССР). - № 4226361/02, Заявлено 03.07.89; Оpubл. 07.04.92, Бвл. № 13 - 3 с.; ил.

10. А.с. 1663942 СССР, МКИ С21 С1/00, В 22Д 27/20. Способ получения чугуна с шаровидным графитом и устройство для его осуществления / А.И. Перевозчиков, С.Б. Эссельбах, Н.А. Будагьянц (СССР); Коммунар. горно-металлург. ин-т (СССР). - № 4273740/31-02; Заявлено 01.07.87; Оpubл. 15.03.91, Бвл. № 44.р.

