

Д.М. Тогобицька, д.т.н., проф., зав.відділом, ORSID 0000-0001-6413-482

Л.С. Молчанов, к.т.н., зав.відділом, ORSID 0000-0001-6139-5956

О.С. Вергун, д.т.н., с.н.с., ORSID 0000-0001-5493-9214

В.Г. Кисляков, к.т.н., зав.відділом, ORSID 0000-0002-1775-5050

Ю.М. Ліхачов, н.с.

Н.Є. Ходотова, м.н.с.

Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України

ІНФОРМАЦІЙНО-МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДЕСУЛЬФУРАЦІЇ ЧАВУНУ

Анотація. Створена раніше в Інституті чорної металургії НАН України концепція експертної системи прийняття рішень з управління технологічними процесами передбачає вибір раціональної технології позапічної десульфурації чавуну. Метою даної роботи є подальший розвиток інформаційно-математичного забезпечення експертної системи модулем позапічної обробки чавуну коінжекцією магнію і вапна в рамках виконання цільового проекту зі створення наскрізної технології отримання високоякісної металопродукції. Представлено інтегровану базу даних процесу десульфурації чавуну ряду металургійних підприємств КНР та вітчизняного комбінату ДМК. На основі аналізу технологічних даних отримано емпіричні рівняння для визначення кінцевого вмісту сірки у розплаві чавуну, а також вираз для оцінки питомої витрати металевого магнію в реагенті. Розроблені моделі для розрахунку питомої витрати реагентів покладені в основу алгоритму розрахунку показників процесу десульфурації чавуну з коінжекцією магнію і вапна. Вхідними параметрами є: температура чавуну, маса чавуну, хімічний склад чавуну і шлаку, вміст сірки початковий і кінцевий, частка магнію в реагенті. Поповнення бази даних інформацією щодо технології десульфурації чавуну сумішшю магнію і вапна дозволило уточнити існуючі та отримати описові моделі для даних реагентів. Розроблене інформаційно-математичне забезпечення підсистеми позапічної обробки чавуну «ПОЧ» враховує матеріальні та енергетичні витрати на перелік, забезпечуючи економію ресурсів і необхідну якість металопродукції.

Ключові слова: чавун, десульфурація, експертна система прийняття рішень, модель, магній, вапно

Посилання для цитування: *Тогобицька Д.М., Белькова А.І., Степаненко Д.О., Цюпа Н.О., Ліхачов Ю.М.* Розвиток фізико-хімічних основ, експертної системи контролю та управління шлаковим режимом доменної плавки в сучасних шихтових та технологічних умовах. // «Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії». – 2020. - Вип.34. – С.62-72. (In Ukrainian). DOI 10.52150/2522-9117-2020-34-62-72

Стан питання. Ефективність вирішення стратегічних завдань забезпечення конкурентоспроможності металопродукції в конкретних «Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії». – 2020. – Випуск 34 «Fundamentalnye i prikladnye problemy černoj metallurgii». – 2020. – Выпуск 34 «Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy». – 2020. – Collection 34

промислових умовах у значній мірі визначається ступенем комп'ютеризації виробничих ділянок, наявністю працездатних інформаційно-аналітичних систем, систематизацією, накопиченням фундаментальних фізико-хімічних даних [1] і комплексним аналізом поточних виробничих даних.

Концепція створення інформаційно-аналітичної підсистеми «ПОЧ» в інтегрованому комплексі вибору раціональної наскрізної технології виробництва конкурентоспроможної металопродукції, що забезпечує наскрізну схему виробництва якісного металу «доменна плавка - позапічна обробка чавуну - конвертерна плавка - доведення сталі в ковші» описані нами в статтях [2, 3].

Єдина методологія створення моделей по переділах за модульним принципом, в якому кожен варіант технології представлений відповідним модулем, дозволяють забезпечити їх нарощування в процесі розвитку алгоритмів і здійснити генерацію моделей металургійних процесів в єдину наскрізну модель з метою організації оптимальної схеми виробництва металу заданої якості при мінімальних енергетичних і сировинних витратах.

У статті [3] нами описана концепція створення підсистеми «ПОЧ» як експертної системи прийняття рішень при виборі раціональної технології позапічної десульфурації чавуну. Особлива увага приділялася розробленій в ІЧМ, як найбільш економічному, раціональному і кращого з усіх застосовуваних в даний час способів десульфурації чавуну - вдування диспергированого (зернистого) магнію без розубоживаючих добавок через занурювані фурми із застосуванням спеціальної системи дозування.

У той же час в умовах підприємств України існують в залежності від різних сировинних і технологічних умов способи використання різних добавок, зокрема вапна і його різних комбінацій з іншими реагентами.

Метою роботи є розвиток інформаційно-математичного забезпечення підсистеми «ВОЧ» модулем позапічної обробки чавуну коінжекцією магнію і вапна.

Основні результати дослідження. Інтегрована База даних про технологічні показники процесу десульфурації чавуну (база даних «ПОЧ»), що включає повні відомості конструкційних характеристик агрегату і використовуваних реагентів ряду металургійних підприємств КНР (Хандан, Шаган, Ухань, Тангшань, Юаньлінь, Жічжао, Дзіньсі, Ліньюань, Циндао), а також комбінату ДМК, поповнена відповідними даними для десульфурації чавуну сумішшю магнію з вапном. Фрагменти документів представлені на рис.1 і рис.2.

У таблицях 1 і 2 представлені фрагменти фактографічних даних технології десульфурації чавуну сумішшю магнію з вапном для зазначених вище заводів.

Документ 14

Ключевые слова Магний, известь

Авторы Thyssen Krupp Polysius

Название

Показатели процесса десульфурации чугуна смесью извести и магнезия способом конжекции по технологии Thyssen Krupp Polysius при промышленных оборотках в заливочных 200 т. ковшах УДЧ Шаганского МК

Издание Данные завода

Реферат Освоена технология десульфурации магнием со снижением содержания серы вплоть до 0,001%

Референт к.т.и. Кисляков В.Г.

Предприятие Шаган - 2006 г.

Методика Данные завода

Емкость ковша 200

Характеристика реагента Mg + CaO

Характеристика газа носителя Азот

Тип фурмы примоточная

Тип ковша заливочный

| № п/п | Масса | Температ | Температ | Расход | Расход | Серр п/п | Серр кол | Испиток |
|-------|-------|----------|----------|--------|--------|----------|----------|---------|
| 1 | 178.1 | 1355 | 1347 | 27 | 84 | 0.013 | 0.01 | 15 |
| 2 | 179.4 | 1307 | 1287 | 106 | 154 | 0.05 | 0.004 | 18 |
| 3 | 178.6 | 1350 | 1333 | 50 | 81 | 0.014 | 0.003 | 16 |
| 4 | 178.4 | 1280 | 1263 | 40 | 55 | 0.049 | 0.029 | 9 |
| 5 | 179.5 | 1384 | 1364 | 90 | 110 | 0.026 | 0.011 | 13 |
| 6 | 177.6 | 1356 | 1334 | 45 | 60 | 0.016 | 0.01 | 10 |
| 7 | 177.7 | 1300 | 1283 | 40 | 47 | 0.034 | 0.027 | 10 |

Рисунок 1 – Документ в базі даних «ПОЧ», десульфурация чавуну сумішшю Mg та CaO на заводі Шаган.

Документ 15

Ключевые слова Магний, азот, фурма с испарителем

Предприятие ДМК 2020

Параметры технологии (173.17)

| № п/п | Дата | № | Длительн | Масса | Температ | Температ | Mg | Mg кг/т | CaO | CaO кг/т | Б | Б | Б | Б | Б | Б | Б | Б |
|-------|-----------------------|-------|----------|-------|----------|----------|-----|---------|-----|----------|-------|------|-------|-------|-------|-------|---|---|
| 1 | 1/23/2020 12:00:00 AM | 20353 | 8 | 1298 | 115 | 0.54 | 370 | 1.74 | 485 | 2.29 | 0.052 | 0.06 | 0.01 | 0.01 | | | | |
| 2 | | 20358 | 7 | 218.2 | 1334 | 1328 | 80 | 0.41 | 300 | 1.37 | 390 | 1.79 | 0.034 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | | |
| 3 | | 20359 | 8 | 222.4 | 1267 | 1260 | 110 | 0.49 | 370 | 1.66 | 480 | 2.16 | 0.046 | 0.04 | 0.005 | 0.005 | | |
| 4 | 1/24/2020 12:00:00 AM | 20360 | 8 | 218 | 1306 | 1296 | 115 | 0.53 | 370 | 1.7 | 485 | 2.22 | 0.048 | 0.05 | 0.01 | 0.01 | | |
| 5 | | 20362 | 8 | 219.8 | 1291 | 1280 | 115 | 0.52 | 370 | 1.68 | 485 | 2.21 | 0.049 | 0.05 | 0.01 | 0.027 | | |
| 6 | | 10325 | 8 | 222 | 1276 | 1266 | 115 | 0.52 | 370 | 1.67 | 485 | 2.18 | 0.043 | 0.05 | 0.01 | 0.01 | | |
| 7 | | 10333 | 9 | 222.2 | 1233 | 1232 | 112 | 0.5 | 385 | 1.73 | 497 | 2.24 | 0.1 | 0.105 | 0.05 | 0.06 | | |

Рисунок 2 – Документ в базі даних «ПОЧ», десульфурация чавуну сумішшю Mg та CaO на заводі ДМК.

Таблица 1 – Фактографічні дані технології десульфурации чавуну сумішшю магнію з вапном в 200-т ковшах Шаганського меткомбінату.

| № п/п | Маса чавуну, т | Температура чавуну, °С | | Mg | | CaO | | Вміст сірки, % | |
|-------|----------------|------------------------|------------|---------|------|---------|------|----------------|-------|
| | | до обр. | після обр. | кг/ковш | кг/т | кг/ковш | кг/т | поч. | кін. |
| 1 | 178.1 | 1355 | 1347 | 27 | 0.15 | 84 | 0.47 | 0.013 | 0.01 |
| 2 | 179.4 | 1307 | 1287 | 106 | 0.59 | 154 | 0.86 | 0.05 | 0.004 |
| 3 | 178.6 | 1350 | 1333 | 50 | 0.28 | 81 | 0.45 | 0.014 | 0.003 |
| 4 | 178.4 | 1280 | 1263 | 40 | 0.22 | 55 | 0.31 | 0.049 | 0.029 |
| 5 | 177.5 | 1384 | 1364 | 90 | 0.51 | 110 | 0.62 | 0.026 | 0.011 |

Таблиця 2 – Фактографічні дані технології десульфурації чавуну сумішшю магнія з вапном в 220-т ковшах заводу ДМК

| № | Маса чавуну | Температура чавуну, °С | | Mg | | CaO | | Вміст сірки, % | |
|---|-------------|------------------------|------------|---------|------|---------|------|----------------|-------|
| | | до обр. | після обр. | кг/ковш | кг/т | кг/ковш | кг/т | поч. | кін. |
| 1 | 212.2 | 1306 | 1298 | 115 | 0.54 | 370 | 1.74 | 0.052 | 0.010 |
| 2 | 218.2 | 1334 | 1328 | 90 | 0.41 | 300 | 1.37 | 0.034 | 0.010 |
| 3 | 222.4 | 1267 | 1260 | 110 | 0.49 | 370 | 1.66 | 0.046 | 0.005 |
| 4 | 218.0 | 1306 | 1296 | 115 | 0.53 | 370 | 1.70 | 0.048 | 0.010 |
| 5 | 219.8 | 1291 | 1280 | 115 | 0.52 | 370 | 1.68 | 0.049 | 0.027 |

Для кількісної оцінки витрат реагентів і їх співвідношень для технологічних умов ДМК десульфурації чавуну коінжекцією вапна і магнію на основі аналізу технологічних даних отримані наступні емпіричні рівняння:

$$S_{\text{кін.}} = 0,012 + 0,538S_{\text{поч.}} - 0,049Mg \quad R=0.81 \quad (1)$$

$$S_{\text{кін.}} = 0,015 + 0,517S_{\text{поч.}} - 0,0144CaO \quad R=0.77 \quad (2)$$

$$S_{\text{кін.}} = 0,015 + 0,434S_{\text{поч.}} - 0,009(Mg + CaO) \quad R=0.77 \quad (3)$$

$$S_{\text{кін.}} = 0,005 + 0,323S_{\text{поч.}} - 0,023\left(\frac{Mg}{CaO}\right) \quad R=0.61 \quad (4)$$

На рис.3 представлена картограма оцінки витрат реагентів для забезпечення необхідного вмісту кінцевої сірки.

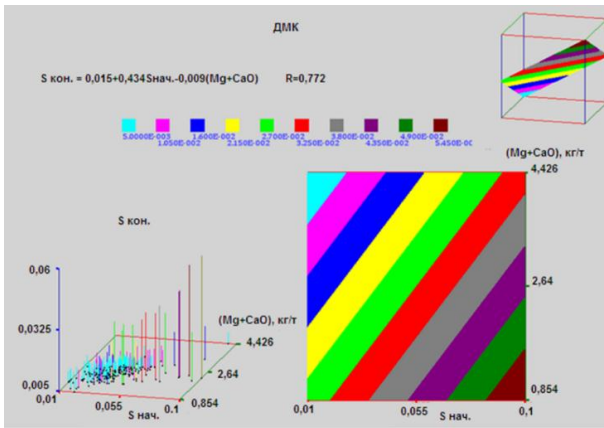


Рисунок 3. – Картограма витрат реагентів для забезпечення необхідного вмісту кінцевої сірки

Як показало тестування моделей десульфурзації чавуну зернистим магнієм, складова X3 в загальній моделі витрат магнію зажадала уточнення з позицій врахування механізму десульфурзації.

З огляду на зміну енергії Гіббса в зазначених умовах (рис.3) найбільш імовірним є механізм десульфурзації чавуну шляхом видалення сірки по спорідненості взаємодії парів магнію з розплавом. З урахуванням градієнта зростання енергії Гіббса зі зростанням температури в моделі для прогнозування питомої витрати магнію було введено аналітичний вираз такого вигляду:

$$X3 = \frac{(T_{\phi} - 1325)}{100} \cdot \left(\frac{-159,397 - (0,076 \cdot T_{\phi} - 188,085)}{-159,397} \right) \quad (5)$$

де: T_{ϕ} і 1325 – температура обробки фактична і стандартна для ядра моделі $X1 = 10,5475 \cdot S_{нач} + \frac{0,00095}{S_{конеч}}$, кг/т.ч. відповідно, °C;

-159,397 і $(0,076T_{\phi} - 188,085)$ – значення енергії Гіббса для температури чавуну 1325°C і T_{ϕ} відповідно, КДж/моль.

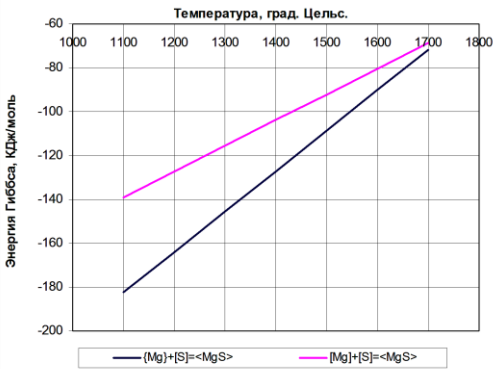


Рисунок 4 – Залежність енергії Гіббса від температури для можливих хімічних рівнянь десульфурзації чавуну в 50-т ковшах із застосуванням погрузної фурми з випарником

Оцінка впливу відхилення фактичної маси чавуну при обробці від стандартної для ядра моделі проводилася, виходячи з закону «Збереження маси». При цьому аналітичний вираз для обліку цього параметру має наступний вигляд:

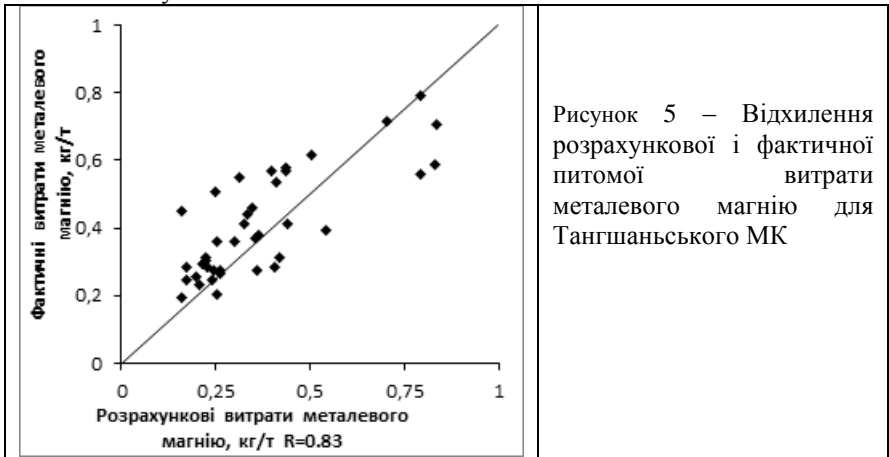
$$\Delta G = (-67185 + 18,18 \cdot T) \cdot \frac{4,18}{1000} - 208,833 + 0,076 \cdot T \quad (6)$$

Таким чином, остаточний вираз для оцінки питомої витрати металевого магнію в реальних умовах роботи установки позапічної десульфурзації чавуну має вигляд:

$$M_{Mg}^* = X1 \cdot (X2 + X3 + X4 - X5 - X6) \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{де: } X1 &= 10,5475 \cdot S_{\text{поч.}} + \frac{0,00095}{S_{\text{кін.}}}; & X2 &= \frac{M_{\text{чав.}}^{\phi}}{52,4}; \\ X3 &= \frac{(T_{\phi} - 1325)}{100} \cdot \left(\frac{-159,397 - (0,076 \cdot T_{\phi} - 188,085)}{-159,397} \right); & X4 &= (I_{\phi} - 5,26) \cdot 0,0979; \\ X5 &= (H_{\phi} - 1,86) \cdot \left(\frac{-108,63}{0,00004 \cdot H_{\phi}^2 - 0,0005 \cdot H_{\phi} - 108,63} - 1 \right); \\ X6 &= (q_{\text{шл}}^{\phi} - 2,8) \cdot 0,019; \end{aligned}$$

На рисунку 5 представлений графік відхилення розрахункової і фактичної питомої витрати металевого магнію для Тангшаньського меткомбінату.



Для прогнозу питомої витрати магнію при обробці сумішами Mg-CaO в 250-т заливних ковшах ДМК при заданому співвідношенні витрат реагентів Mg і CaO виведено вираз:

$$M^*_{Mg} = \left(6,5 \cdot S_{\text{начал}} + \frac{0,001}{S_{\text{конец}}} \right) \cdot \left(\frac{\frac{M_{\text{члз}}}{220} + \frac{(T_{\text{члз}} - 1300)}{1300} \cdot \left(\frac{239,88514 + 0,0868186 (273 + T_{\text{члз}}) - 376,4508}{239,88514} \right) + \left(\frac{-239,88514}{-99,899283} \left(\frac{M_{Mg}}{M_{CaO}} - 0,25 \right) \right)}{1} \right) \quad (8)$$

де: 0,25 – середнє значення відношення M_{Mg}/M_{CaO} ;

$(6,5S_{\text{поч}} + 0,001/S_{\text{кін}})$ – статистичне ядро моделі, отримане при обробці масиву експериментальних даних;

220 – середня маса чавуну, т;

239,88514 – енергія Гіббса для десульфурзації чавуну по реакції

«Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії». – 2020. – Випуск 34

«Fundamental'nye i prikladnye problemy černoj metallurgii». – 2020. – Vypusk 34

«Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy». – 2020. – Collection 34

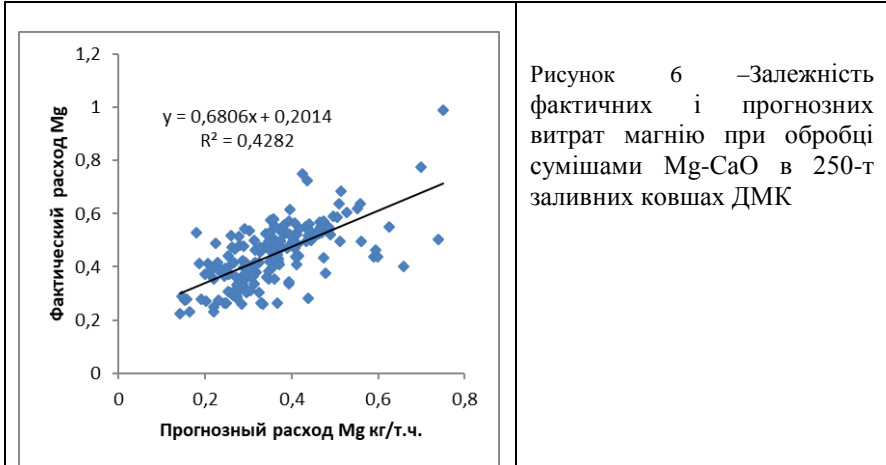
$[Mg] + \langle CaO \rangle + [S] \rightarrow (CaS) + (MgO)$ для температури 1300°C;

$0,0868186(273 + T_{чз})$ – вираз для розрахунку енергії Гіббса для реакції

$[Mg] + \langle CaO \rangle + [S] \rightarrow (CaS) + (MgO)$ для заданої температури;

-99,899283 – значення енергії Гіббса для процесу десульфурації чавуну по реакції $1/2[S] + \langle CaO \rangle + [S] \rightarrow 1/2(SiO_2) + (CaS)$ для температури 1300°C.

На рис.6 представлений порівняльний аналіз розрахункових по моделі (8) і фактичних даних плавок десульфурації чавуну для умов ДМК.



Представлені вище моделі для розрахунку питомої витрати реагентів покладені в основу алгоритму підсистеми розрахунку показників процесу десульфурації чавуну з коінжекцією магнію і вапна.

Вхідними параметрами є: температура чавуну, маса чавуну, хімічний склад чавуну і шлаку, вміст сірки початковий і кінцевий, частка магнію в реагенті.

В даний час співробітниками ВФХП і ПОЧ розробляються критерії оптимізації процесу десульфурації чавуну в конкретних технологічних умовах - мінімізація вартості, наприклад, при заданих технологічних обмеженнях та ін.

Нижче представлений відеокADR роботи програми «ПОЧ» в режимі коінжекції чавуну магнієм і вапном (рис.7, 8)

Ввод данных **Настройка** **Выход**

Ковш

(магний) (магний-кальций) Результат расчета

Вид ковша: чугуновозный

Температура чугуна (град С°): Масса чугуна (т)

Глубина погружения фурмы(м) Ввод магния-кальция(отношение)

Состав чугуна (%):

| Si | Mn | S | P | C |
|------|------|------|-------|-----|
| 0.71 | 0.29 | 0.06 | 0.065 | 4.2 |

Количество шлака в ковше (%)

Состав шлака (%):

| CaO | SiO2 | MnO | FeO | S | MgO | Fe2O3 | Al2O3 | CaO-SiO2 |
|-------|------|------|-----|-------|------|-------|-------|----------|
| 18.96 | 28.6 | 3.59 | 4.4 | 0.082 | 7.65 | 1.56 | 20.66 | 0.66 |

Сера фактическая в чугуне после обработки(%)

Рисунок 7 – Меню вводу «магний-кальций» програми «ПОЧ»

Ввод данных **Настройка** **Выход**

Ковш

(магний) (магний-кальций) Результат расчета

Удельный массовый расход реагента (кг/т): 1.1526

Количество образующегося шлака (кг/т): 0.6078

Количество металла в шлаке(кг/т): 0.2552

Снижение температуры чугуна в процессе обработки(град С°): 3.4

Масса чугуна после обработки(т): 169.3568

Масса шлака после обработки(т): 15.6078

Состав чугуна:

| Si | Mn | S | P | C |
|------|------|------|-------|-----|
| 0.71 | 0.29 | 0.04 | 0.065 | 4.2 |

Состав шлака:

| CaO | SiO2 | MnO | FeO | S | MgO | Fe2O3 | Al2O3 | CaO-SiO2 |
|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|----------|
| 18.06 | 27.24 | 3.42 | 4.19 | 1.68 | 11.31 | 1.49 | 19.68 | 0.63 |

Рисунок 8 – Результаты работы програми «ПОЧ» для десульфуратції чавуну магнієм і вапном

Висновки.

1. Поповнення бази даних інформацією технології десульфуратції чавуну сумішню магнію і вапна дозволило уточнити існуючі та отримати описові моделі для даних реагентів.

2. Розроблене інформаційно-математичне забезпечення підсистеми «ПОЧ» враховує матеріальні та енергетичні витрати на переділ, забезпечуючи економію ресурсів і необхідну якість металопродукції.

Перелік посилань

1. Приходько Э.В., Тогобицкая Д.Н., Хамхотко А.Ф., Степаненко Д.А. Прогнозирование физико-химических свойств окисленных систем. Днепропетровск: Пороги, 2013.– 344 с.
2. Тогобицкая Д.Н. Формирование интегрированной базы экспериментальных данных о составе и технологических параметрах технологии десульфурации зернистым магнием /Д.Н.Тогобицкая, Л.С. Молчанов, А.С. Вергун, В.Г. Кисляков, Ю.М. Лихачев // Литье. Metallurgiya. 2019: Материалы XIV МНПК, Запорожье, 21-23 мая 2019. – Запорожье: «ЗТПП». – 2019. –С.360-362.
3. Тогобицкая Д.Н. Подсистема «ВОЧ» в решении задач выбора рациональной технологии получения качественной металлопродукции в сложившихся сырьевых и технологических условиях /Д.Н.Тогобицкая, А.С.Вергун, Л.С.Молчанов, В.Г.Кисляков, Ю.М.Лихачев, Н.Е.Ходотова //Сб.н.тр. ИЧМ «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии». – Днепр. -2019. – Вып.33.

References.

1. Prikhodko E.V., Togobitskaya D.N., Khamkhotko A.F. & Stepanenko D.A. (2013). *Prognozirovaniye fiziko-khimicheskikh svoystv oksislennykh sistem [Prediction of the physicochemical properties of oxidized systems]*. Dnepropetrovsk: Porogi, 2013, 344. [In Russian].
2. Togobitskaya D.N., Molchanov L.S., Vergun A.S., Kislyakov V.G., & Likhachev YU.M. (2019). *Formirovaniye integrirovannoy bazy eksperimentalnykh dannykh o sostave i tekhnologicheskikh parametrah tekhnologii desulfuratsii zernistym magniyem [Formation of an integrated database of experimental data on the composition and technological parameters of desulfurization technology with granular magnesium]*. *Litye. Metallurgiya. Materialy XIV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (21-23 maya 2019g) [Casting. Metallurgy. Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference]*, Zaporozhye: «ZTPP», 2019, 360-362. [In Russian].

«Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії». – 2020. – Випуск 34
 «Fundamentalnye i prikladnye problemy chernoј metallurgii». – 2020. – Выпуск 34
 «Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy». – 2020. – Collection 34

3. Togobitskaya D.N., Vergun A.S., Molchanov L.S., Kislyakov V.G., Likhachev YU.M. & Khodotova N.Ye. (2019). Podsystema «VOCH» v reshenii zadach vybora ratsionalnoy tekhnologii polucheniya kachestvennoy metalloproduksii v slozhivshikhsya syryevykh i tekhnologicheskikh usloviyakh [Subsystem "VOCH" in solving the problems of choosing a rational technology for obtaining high-quality metal products in the existing raw materials and technological conditions]. *Sb.nauch.tr. ICHM «Fundamentalnyye i prikladnyye problemy chernoy metallurgii» [Collection of scientific papers ISI "Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy"]*, Dnepr, 2019, 33. [In Russian].

D.N. Togobitskaia, Dr. Sci, professor, Head of Department, ORSID 0000-0001-6413-4823

L.S. Molchanov, Ph.D., Head of Department, ORSID 0000-0001-6139-5956

A.S. Vergun, Dr. Sci, Senior Research Scientist, ORSID 0000-0001-5493-9214

V.G. Kislyakov, Ph.D., Head of Department, ORSID 0000-0002-1775-5050

Y.M. Likhachov, Researcher,

N.E. Khodotova, Junior Researcher

Iron and Steel Institute named after Z.I. Nekrasov of the NAS of Ukraine

Information and mathematical support of cast iron desulfurization technology

Summary. The concept of the expert decision-making system for technological process management, created earlier at the Iron and Steel Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, provides for the choice of a rational technology for out-of-furnace desulfurization of cast iron. The purpose of this work is the further development of information and mathematical support of the expert system module for out-of-furnace processing of cast iron by co-injection of magnesium and lime in the framework of the target project to create end-to-end technology for high quality metal products. An integrated database of cast iron desulfurization process of a number of metallurgical enterprises of the People's Republic of China and the domestic DMK plant is presented. Based on the analysis of technological data, empirical equations were obtained to determine the final sulfur content in the cast iron melt, as well as the expression for estimating the specific consumption of metallic magnesium in the reagent. The developed models for calculating the specific consumption of reagents are the basis of the algorithm for calculating the indicators of the process of desulfurization of cast iron with co-injection of magnesium and lime. The input parameters are: temperature of cast iron, mass of cast iron, chemical composition of cast iron and slag, sulfur content initial and final, the proportion of magnesium in the reagent. Replenishment of the database with information on the technology of desulfurization of cast iron with

a mixture of magnesium and lime allowed to clarify the existing and obtain descriptive models for these reagents. The developed information and mathematical support of the subsystem of out-of-furnace processing of pig-iron takes into account material and energy costs for redistribution, providing resource savings and the required quality of metal products.

Keywords: cast iron, desulfurization, expert decision-making system, model, magnesium, lime

For citation: *Tohobyts'ka D.M., Molchanov L.S., Verhun O.S., Kyslyakov V.H., Likhachov YU.M., Khodotova N.YE.* Informatsiyno-matematychnе zabezpechennya tekhnolohiyi desul'furatsiyi chavunu. [Information and mathematical support of cast iron desulfurization technology.]. «*Fundamental'nye i prikladnye problemy černoj metallurgii*». [Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy] 2020, 34. 62-72. (In Ukrainian). DOI 10.52150/2522-9117-2020-34-62-72

*Стаття надійшла до редакції збірника 14.10.2020 року,
пройшла внутрішнє і зовнішнє рецензування.
(Протокол засідання редакційної колегії №3 від 22 грудня 2020 р.)*