

УДК 669.162.63

**А. П. Шевченко**<sup>1</sup>, д.т.н., проф., пров.н.с., ORCID 0000-0003-0867-6825**І. О. Маначин**<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с., ORCID 0000-0001-9795-6751**Б. В. Двоскін**<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с., ORCID 0000-0003-2891-7833**С. А. Шевченко**<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с., ORCID 0000-0003-1521-9665**О. М. Башмаков**<sup>2</sup>, к.т.н., провідний спеціаліст<sup>1</sup> *Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України*<sup>2</sup> *ТОВ «Науково-дослідний і проектний інститут титану»*

## РОЗРОБКА НОМОГРАМ ТА РОЗРАХУНКОВИХ МОДЕЛЕЙ ПИТОМИХ ВИТРАТ МАГНІЮ ТА ВМІСТУ СІРКИ В ЧАВУНІ ПРИ РІЗНИХ УМОВАХ ІНЖЕКЦІЙНОЇ ДЕСУЛЬФУРАЦІЇ ЧАВУНУ

**Анотація.** Побудовані та введені в експлуатацію експериментально-промислові та промислові установки і відділення десульфурації чавуну забезпечували в промислових умовах зниження вмісту сірки в чавуні в основі до 0,005-0,010 %. Метою роботи є надійніше прогнозування розрахунку необхідних витрат магнію з різних умов – вихідного вмісту сірки, маси чавуну та заданого кінцевого вмісту сірки для забезпечення скорочення витрат десульфураторів. Крім того важливим є прогнозування поточного вмісту сірки в чавуні залежно від витрат магнію для підвищення надійності досягнутих вмістів сірки в розплаві чавуну. Проведені розробки для оцінки закономірностей процесів позапічної десульфурації чавуна моноінжекцією зернистого магнію дозволили отримати розрахункові моделі для оцінки діючих та новозбудованих потужностей з десульфурації чавуна в ковшах різного розміру (40-350 т) при різних початкових вмістах сірки в чавуні (0,02-0,07 %) і вимогах до кінцевого вмісту сірки в чавуні ( $\leq 0,002-0,015$  %). Наведено розрахункові моделі.

**Ключові слова:** десульфурація, чавун, ківш, моделі, витрата магнію.

**Посилання для цитування:** Розробка номограм та розрахункових моделей питомих витрат магнію та вмісту сірки в чавуні при різних умовах інжекційної десульфурації чавуну / А. П. Шевченко, І. О. Маначин, Б. В. Двоскін, С. А. Шевченко, О. М. Башмаков // *Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії*. 2023. Вип. 37. С. 201-210. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2023-37-201-210>

**Стан питання.** Українська технологія процесу інжекційної десульфурації чавуну зернистим магнієм розроблена Інститутом чорної металургії та Інститутом титану спільно з рядом організацій та підприємств і вперше впроваджена на меткомбінатах "Азовсталь", ММК ім. Ілліча (м. Маріуполь) та "Запоріжсталь" [1, 2, 4-6, 9, 10].

Побудовані та введені в експлуатацію експериментально-промислові та промислові установки і відділення десульфурації чавуну забезпечували в промислових умовах зниження вмісту сірки в чавуні в основі до 0,005-0,010 % [2, 4, 8]. Пізніше цей процес отримав застосування і розвиток на цілому ряді підприємств Китаю, Фінляндії, Росії, України, Тайваню та М'янми, де були побудовані та введені в експлуатацію понад 100 промислових комплексів десульфурації чавуну та видалення шлаку в обсязі модернізованих сталеплавильних виробництв.

Перелік освоєних та застосовуваних комплексів десульфурації чавуну ін'єкційним введенням зернистого магнію подано в таблиці 1.

З таблиці 1 випливає, що практика промислового застосування технології десульфурації чавуну моноін'єкцією магнію включає 43 металургійні підприємства, 50 відділень десульфурації чавуну, 114 стендів десульфурації з загальною потужністю 112,3 млн. т знесірченого чавуну на рік.

Таблиця 1 - Перелік споруджених і освоєних комплексів десульфурації чавуну моноін'єкцією зернистого магнію за українською технологією.

| № з/п     | Назва підприємства, сталеплавильний завод                           | Кіл-сть ВДЧ<br>Кіл-сть стендів | Проекна потужність, млн. т/рік |
|-----------|---|--------------------------------|--------------------------------|
| Україна   |   |                                |                                |
| 1         | МК «Азовсталь» (дослідно-промислова установка)                      | 1/2                            | 0,25                           |
| 2         | МК ім. Ілліча   | 1/5                            | 1,5                            |
| 3         | МК «Запоріжсталь»   | 1/4                            | 1,0                            |
| 4         | МК «Криворіжсталь» 1/2  | 1/2                            | 1,0                            |
| 5         | МК «Азовсталь»  | 1/10                           | 4,0                            |
| 6         | Лутугинський завод прокатних валків, установка модифікування чавуну | 1/1                            | 0,015                          |
| Китайська |   |                                |                                |
| 7         | Уханський МК, сталезавод № 1<br>сталезавод № 3                      | 2/3                            | (3,8+2,4) 6,2                  |
| 8         | Тайюанський МК, новий сталезавод<br>сталезавод № 1                  | 2/4                            | (2,1+2,9) 5,0                  |
| 9         | Пекинський МК, сталезавод № 2                                       | 1/2                            | 2,8                            |
| 10        | Сянтанський МК, сталезавод № 2<br>новий сталезавод                  | 2/4                            | (2,4+2,9) 5,3                  |
| 11        | Ханданський МК, сталезавод № 1                                      | 1/1                            | 1,0                            |
| 12        | Циньянський МК, сталезавод № 1                                      | 1/3                            | 6,0                            |
| 13        | Тангшанський МК, сталезавод № 1<br>сталезавод № 2                   | 2/4                            | (3,0+1,0) 4,0                  |
| 14        | Тяньзинський МК, сталезавод № 1                                     | 1/1                            | 0,8                            |

Продовження табл. 1

| № з/п     | Назва підприємства, сталеплавильний завод              | Кіл-сть ВДЧ<br>Кіл-сть стендів | Проекна потужність, млн. т/рік |
|-----------|--|--------------------------------|--------------------------------|
| 15        | Циндаоский МК, сталезавод № 1<br>сталезавод № 2        | 2/3                            | (1,0+1,0) 2,0                  |
| 16        | Линьюанський МК, сталезавод № 1                        | 1/3                            | 2,0                            |
| 17        | Тонгхуанський МК, новий сталезавод                     | 1/2                            | 3,0                            |
| 18        | Саньминський МК, сталезавод № 1<br>новий сталезавод    | 2/3                            | (1,0+2,6) 3,6                  |
| 19        | Дачжоуський МК, сталезавод № 1                         | 1/1                            | 2,3                            |
| 20        | Лючжоуський МК, новий сталезавод                       | 1/2                            | 2,3                            |
| 21        | Ханчжоуський МК, доменний цех                          | 1/2                            | 2,6                            |
| 22        | Юаньлінський МК, новий сталезавод                      | 1/2                            | 1,0                            |
| 23        | Жичжаоський МК, старий сталезавод,<br>новий сталезавод | 2/4                            | (3,0+1,9) 4,9                  |
| 24        | Сининський МК, новий сталезавод                        | 1/1                            | 0,8                            |
| 25        | Баотоуський МК, сталезавод № 3                         | 1/2                            | 2,2                            |
| 26        | Шаганський МК, новий сталезавод                        | 1/3                            | 3,8                            |
| 27        | Гуофенський МК, новий сталезавод                       | 1/2                            | 2,9                            |
| 28        | Хуайганський МК, новий сталезавод                      | 1/2                            | 2,6                            |
| 29        | Леншуйцяоський МК, новий сталезавод                    | 1/2                            | 1,8                            |
| 30        | Дзинсійський МК, сталезавод № 1                        | 1/2                            | 1,2                            |
| 31        | Наньчанський МК, новий сталезавод                      | 1/2                            | 1,6                            |
| 32        | Дзилінський МК, новий сталезавод                       | 1/2                            | 4,2                            |
| 33        | Сяньмінський МК, сталезавод № 3                        | 1/2                            | 2,4                            |
| 34        | Тяньцзинь-Ляньхэський МК, новий<br>сталезавод          | 1/2                            | 4,2                            |
| 35        | Чуаньянський МК, новий сталезавод                      | 1/2                            | 2,5                            |
| 36        | Тяньцзинь-Юфаський МК, новий<br>сталезавод             | 1/2                            | 2,4                            |
| 37        | Циндаоський МК, новий сталезавод                       | 1/2                            | 2,5                            |
| 38        | Ляньюанганський МК, новий<br>сталезавод                | 1/1                            | 1,3                            |
| Тайвань   |  |                                |                                |
| 39        | Концерн CSC  | 1/2                            | 6,4                            |
| Фінляндія |  |                                |                                |
| 40        | Раутаурський МК  | 1/2                            | 1,5                            |
| Россия    |  |                                |                                |
| 41        | Новолипецький МК                                       | 1/10                           | 4,0                            |
| 42        | МЗ «Свободный Сокол»                                   | 1/2                            | 1,2                            |
| Мьянма    |  |                                |                                |
| 43        | Сталезавод виплавки вуглецьмісного<br>полупродукта     | 1/1                            | 0,2                            |
| Σ         | 43   | 50/114                         | 112,3                          |

Умови застосування позапічної десульфуратії чавуну на цих підприємствах досить різноманітні: за масою чавуну в ковшах, за потрібними обсягами десульфуратії, за початковим і необхідним кінцевим вмістом сірки, а також за потрібними та реалізованими циклами процесу десульфуратії. Зазвичай вміст сірки в вихідному чавуні знаходиться в межах 0,03-0,06-0,07 %. Маса чавуну в ковшах становить від 40 до 350 т. Вміст сірки в чавуні після десульфуратії зазвичай знаходиться в основному в межах 0,005-0,010 %, а частина чавуну виробляється з вмістом  $\leq 0,002$  %.

**Мета роботи** полягає в надійному прогнозуванні розрахунку необхідних витрат магнію з різних умов – вихідного вмісту сірки, маси чавуну та заданого кінцевого вмісту сірки для забезпечення скорочення витрат десульфураторів. Крім того важливим є прогнозування поточного вмісту сірки в чавуні залежно від витрат магнію для підвищення надійності досягнутих вмістів сірки в розплаві чавуну.

**Основні результати дослідження.** На підставі отриманих та наявних фактичних показників і параметрів десульфуратії чавуну створена база даних, в якій зібрано понад 3000 контрольних обробок чавуну. Фактичні параметри включають масу чавуну в ковшах, початковий та отриманий кінцевий вміст сірки в чавуні, тривалість процесу десульфуратії та циклу всіх операцій, витрати магнію на одиницю маси чавуну, зміну температур чавуну та ряд інших параметрів. На підставі цих даних розроблені номограми (рис. 1 і рис. 2) питомих витрат магнію, початкових і кінцевих вмістів сірки в ковшах різного розміру, а також емпірико-статистичні розрахункові моделі питомих витрат магнію.

Із діаграми на рисунку 1 випливає, що питомі витрати магнію збільшуються при зростанні початкового вмісту сірки, зменшенні необхідного кінцевого вмісту сірки та зменшенні маси чавуну в ковшах. На основі отриманих фактичних даних номограми на рисунку 1 розроблені розрахункові емпірико-статистичні моделі фактичних (і прогнозованих) питомих витрат магнію за різних умов рафінування чавуну. Ці розрахункові моделі подані у вигляді 12 виразів (1-12), наведених нижче:

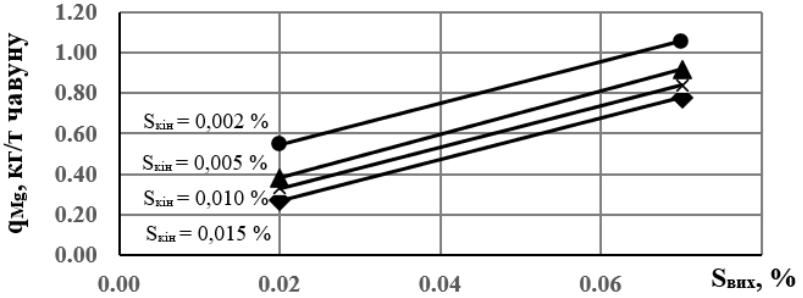
$$q_{Mg}^{40-75; 0,002} = 10,162 \cdot [S]_{\text{вих.}} + 0,3436 \quad (1)$$

$$q_{Mg}^{40-75; 0,005} = 10,659 \cdot [S]_{\text{вих.}} + 0,1693 \quad (2)$$

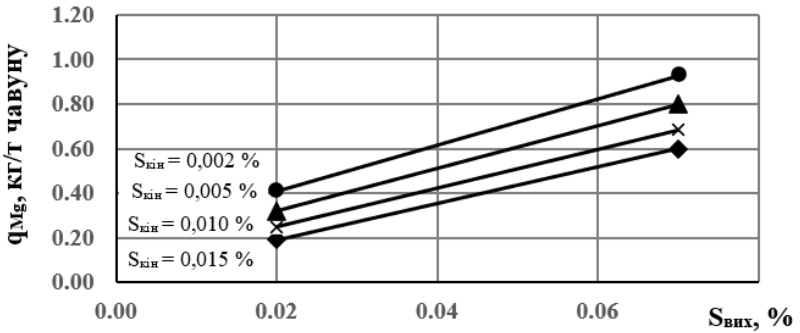
$$q_{Mg}^{40-75; 0,010} = 10,197 \cdot [S]_{\text{вих.}} + 0,1253 \quad (3)$$

$$q_{Mg}^{40-75; 0,015} = 10,197 \cdot [S]_{\text{вих.}} + 0,0652 \quad (4)$$

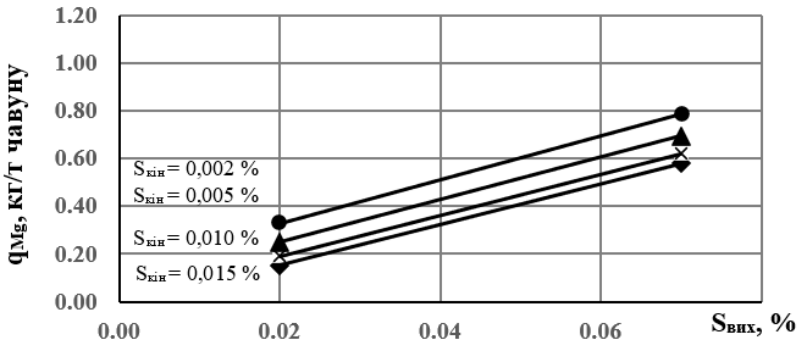
$$q_{Mg}^{80-120; 0,002} = 10,380 \cdot [S]_{\text{вих.}} + 0,2024 \quad (5)$$



а)



б)



в)

Рисунок 1 – Номограми залежності питомих витрат магнію (кг/т чавуну) від змінного початкового вмісту сірки ( $S_{\text{вих}}$ ) у чавуні та необхідних кінцевих вмістів сірки в чавуні (цифри біля кривих) в ковшах різного розміру: а) маса чавуну в ковші  $\leq 75$  т; б) маса чавуну в ковшах 80-120 т; в) маса чавуну в ковшах 140-350 т.

$$q_{Mg}^{80-120; 0,005} = 9,600 \cdot [S]_{\text{вих}} + 0,1280 \quad (6)$$

$$q_{Mg}^{80-120; 0,010} = 8,6667 \cdot [S]_{\text{вих}} + 0,0767 \quad (7)$$

$$q_{Mg}^{80-120; 0,015} = 8,1579 \cdot [S]_{\text{вих}} + 0,0289 \quad (8)$$

$$q_{Mg}^{140-350; 0,002} = 9,0982 \cdot [S]_{\text{вих}} + 0,1480 \quad (9)$$

$$q_{Mg}^{140-350; 0,005} = 8,8800 \cdot [S]_{\text{вих}} + 0,0724 \quad (10)$$

$$q_{Mg}^{140-350; 0,010} = 8,5876 \cdot [S]_{\text{вих}} + 0,0189 \quad (11)$$

$$q_{Mg}^{140-350; 0,015} = 8,5703 \cdot [S]_{\text{вих}} - 0,0199 \quad (12)$$

Індекси вгорі маса чавуну в ковші; кінцева сірка.

Розраховані за розробленими номограмами розрахункові моделі споживання магнію при фіксованих вимогах до кінцевого вмісту сірки у чавуні ( $\leq 0,002$  %;  $0,005$  %;  $0,010$  %;  $0,015$  %) перевірені у широкій практиці на діючих комплексах десульфурації чавуна вдуванням магнію та при створенні нових комплексів ін'єкційного рафінування чавуна магнієм, забезпечуючи ступінь надійності  $95$  % і більше.

У практиці створення та впровадження процесу десульфурації чавуна вдуванням магнію потрібне надійне прогнозування очікуваних значень кінцевого вмісту сірки в чавуні при зміні початкового вмісту сірки в чавуні, споживання магнію на одиницю ваги чавуна та розміру ковшів, в яких відбувається десульфурація чавуна. З цією метою, використовуючи отриманий набір фактичних даних обробки чавуна в ковшах та встановлені функціональні зв'язки згідно з номограмами (рис. 1) і розрахунковими моделями 1-12, були розроблені номограми (рис. 2) і моделі 13-31 для прогнозування параметрів необхідних витрат магнію та кінцевого вмісту сірки в чавуні при змінюваних або поточних значеннях початкового вмісту сірки в чавуні, змінюваному споживанні магнію, різниці мас чавуна в ковшах.

Ці дані представлені на рис. 2 і відповідних розрахункових моделях 13-32.

$$S_{\text{кін}}^{40-75; 0,02} = 0,0615 \cdot e^{-5,731 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (13)$$

$$S_{\text{кін}}^{40-75; 0,03} = 0,204 \cdot e^{-7,177 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (14)$$

$$S_{\text{кін}}^{40-75; 0,04} = 0,4021 \cdot e^{-7,058 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (15)$$

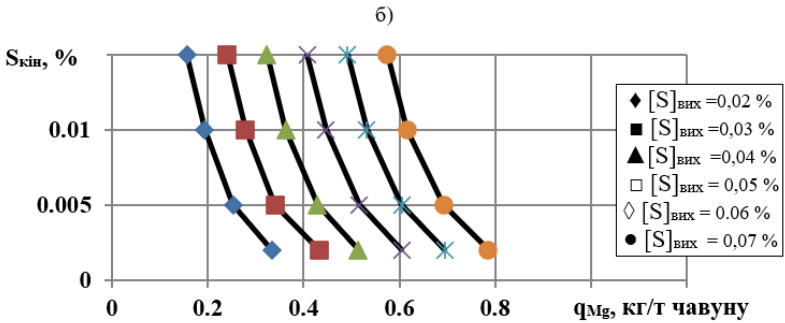
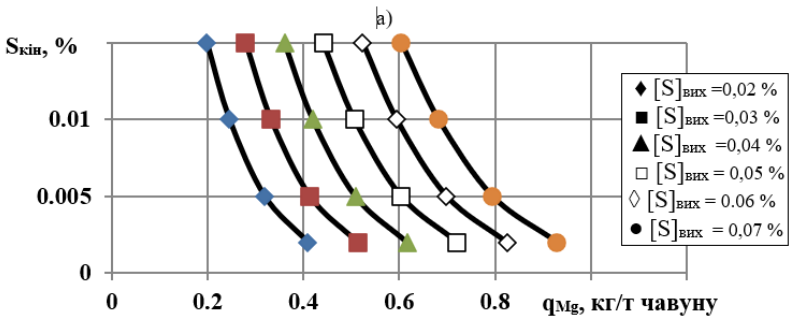
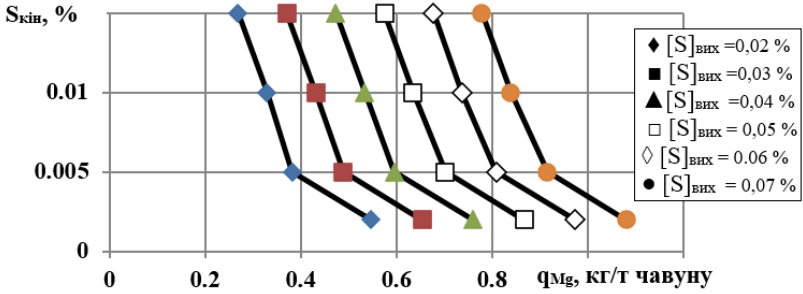
$$S_{\text{кін}}^{40-75; 0,05} = 0,7741 \cdot e^{-6,941 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (16)$$

$$S_{\text{кін}}^{40-75; 0,06} = 1,4565 \cdot e^{-6,826 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (17)$$

$$S_{\text{кін}}^{40-75; 0,07} = 2,6802 \cdot e^{-6,712 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (18)$$

$$S_{\text{кін}}^{80-120; 0,02} = 0,1024 \cdot e^{-9,575 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (19)$$

$$S_{\text{кін}}^{80-120; 0,03} = 0,173 \cdot e^{-8,649 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (20)$$



в)

Рисунок 2 – Номограми залежності кінцевого вмісту сірки ( $S_{кин}$ ) від питомих витрат магнію ( $q_{Mg}$ ) при різних початкових вмістах сірки (цифри біля кривих) в ковшах різного розміру: а) маса чавуна в ковші  $\leq 75$  т; б) маса чавуна в ковшах 80-120 т; в) маса чавуна в ковшах 140-350 т

$$S_{\text{кін}}^{80-120; 0,04} = 0,2663 \cdot e^{-7,885 \cdot qMg}, \% \quad (21)$$

$$S_{\text{кін}}^{80-120; 0,05} = 0,3823 \cdot e^{-7,246 \cdot qMg}, \% \quad (22)$$

$$S_{\text{кін}}^{80-120; 0,06} = 0,5197 \cdot e^{-6,702 \cdot qMg}, \% \quad (23)$$

$$S_{\text{кін}}^{80-120; 0,07} = 0,6769 \cdot e^{-6,234 \cdot qMg}, \% \quad (24)$$

$$S_{\text{кін}}^{140-350; 0,02} = 0,0905 \cdot e^{-11,43 \cdot qMg}, \% \quad (25)$$

$$S_{\text{кін}}^{140-350; 0,03} = 0,1872 \cdot e^{-10,55 \cdot qMg}, \% \quad (26)$$

$$S_{\text{кін}}^{140-350; 0,04} = 0,4664 \cdot e^{-10,6 \cdot qMg}, \% \quad (27)$$

$$S_{\text{кін}}^{140-350; 0,05} = 0,9702 \cdot e^{-10,22 \cdot qMg}, \% \quad (28)$$

$$S_{\text{кін}}^{140-350; 0,06} = 1,9193 \cdot e^{-9,872 \cdot qMg}, \% \quad (29)$$

$$S_{\text{кін}}^{140-350; 0,07} = 3,6282 \cdot e^{-9,545 \cdot qMg}, \% \quad (30)$$

Індекс вгори маса чавуну в ковші; вихідна сірка.

Розроблені номограми та розрахункові моделі були практично перевірені на всіх діючих комплексах десульфурації чавуна. Підтверджена їхня правомірність. Ці результати роботи та дослідження стали невід'ємною частиною технічних та технологічних регламентів як діючих, так і новозбудованих потужностей з десульфурації чавуна.

### Висновки

Проведені розробки для оцінки закономірностей процесів позапічної десульфурації чавуна моноінжекцією зернистого магнію дозволили отримати розрахункові моделі для оцінки діючих та новозбудованих потужностей з десульфурації чавуна в ковшах різного розміру (40-350 т) при різних початкових вмістах сірки в чавуні (0,02-0,07 %) і вимогах до кінцевого вмісту сірки в чавуні ( $\leq 0,002-0,015$  %).

### Перелік посилань

1. Воронова Н. А. *Лесульфурация чугуна магнием*. М.: Metallurgizdat, 1982. 239 с.
2. *Внепечная десульфурация чугуна в ковшах. Технология, исследование, анализ, совершенствование* / Шевченко А. Ф., Маначин И. А., Вергун А. С. и др. Днепро : Днепро-ВАЛ, 2017. 252 с.
3. Смирнов А. Н., Зборщик А. М. *Внепечная обработка чугуна и стали*. Донецк : ДонНТУ. 237 с.
4. Кудрин В. А. *Внепечная обработка чугуна и стали*. М.: Metallurgizdat, 1992. 335 с.
5. Шевченко А. Ф., Большаков В. И., Башмаков А. М. *Технология и оборудование десульфурации чугуна магнием в большегрузных ковшах*. Киев : Наукова думка, 2011. 207 с.
6. Shevchenko A. F., Bashmakov A. M., Vergun A. S., Manachin I. A., Kislyakov V. G., Trotsenko É. A., Yie, Liu Dong, Rui, Yang Jia. *Modern High-Performance Complexes of Extra-Deep Desulphurization of Cast iron by Mono-*



Injection of Magnesium. *Metallurgist*. 2019. Vol. 62. P. 965–973.

7. Оценка и промышленная проверка показателей процесса ковшевой десульфурации чугуна различными реагентами. *Вестник КГИУ*. 2022. № 3. С. 12-28.

8. Шевченко А. Ф., Маначин И. А., Шевченко А. М. Технологии внепечной десульфурации чугуна. *Черные металлы*. 2015. № 3. С. 18-23.

## References

1. Voronova, N. A. (1982). *Lesulfuratsyia chuhuna mahnyem*. Metallurhyzdat.
2. Shevchenko, A. F., Manachyn, Y. A., Verhun, A. S. et al. (2017). *Vnepechnaia desulfuratsyia chuhuna v kovshakh. Tekhnolohyia, yssledovaniya, analiz, sovershenstvovanye*. Dnepro-VAL
3. Smyrnov, A. N., & Zborshchuk, A. M. *Vnepechnaia obrabotka chuhuna y staly*. DonNTU
4. Kudryn, V. A. (1992). *Vnepechnaia obrabotka chuhuna y staly*. Metallurhyzdat
5. Shevchenko, A. F., Bolshakov, V. Y., & Bashmakov, A. M. (2011). *Tekhnolohyia y oborudovanye desulfuratsyy chuhuna mahnyem v bolshehriznykh kovshakh*. Naukova dumka
6. Shevchenko, A. F., Bashmakov, A. M., Vergun, A. S., Manachin, I. A., Kislyakov, V. G., Trotsenko, E. A., Yie, Liu Dong, Rui, Yang Jia. (2019). Modern High-Performance Complexes of Extra-Deep Desulphurization of Cast iron by Mono-Injection of Magnesium. *Metallurgist*, 62, 965–973
7. Otsenka y promyshlennaia proverka pokazatelei protsessa kovshevoi desulfuratsyy chuhuna razlychnymy reahentamy. (2022). *Vesnyk KHYU*, 12-28
8. Shevchenko, A. F., Manachyn, Y. A., & Shevchenko, A. M. (2015). *Tekhnolohy y vnepechnoi desulfuratsyy chuhuna*. *Chernye metally*, (3), 18-23

**A. P. Shevchenko**<sup>1</sup>, D. Sc. (Tech.), Professor, Leading Researcher, ORCID 0000-0003-0867-6825

**I. O. Manachin**<sup>1</sup>, Ph. D. (Tech.), Senior Researcher, ORCID 0000-0001-9795-6751

**B. V. Dvoskin**<sup>1</sup>, Ph. D. (Tech.), Senior Researcher, ORCID 0000-0003-2891-7833

**S. A. Shevchenko**<sup>1</sup>, Ph. D. (Tech.), Senior Researcher, ORCID 0000-0003-1521-9665

**O. M. Bashmakov**<sup>2</sup>, Ph. D. (Tech.), Leading Specialist

<sup>1</sup> *Iron and Steel Institute of Z. I. Nekrasov National Academy of Sciences of Ukraine*

<sup>2</sup> *LLC «Research and Design Titanium Institute»*

## DEVELOPMENT OF NOMOGRAMS AND CALCULATIVE MODELS FOR SPECIFIC MAGNESIUM CONSUMPTION AND SULFUR CONTENT IN IRON UNDER DIFFERENT CONDITIONS OF INJECTION HOT METAL DESULFURIZATION

**Abstract.** Built and put into operation experimental industrial and industrial installations and cast iron desulfurization departments ensured a reduction of sulfur content in cast iron to 0.005-0.010% in industrial conditions. The purpose of the work is to reliably predict the calculation of the necessary consumption of magnesium from various conditions - the initial sulfur content, the mass of cast iron and the given final

sulfur content to ensure the reduction of desulfurization costs. In addition, it is important to predict the current content of sulfur in cast iron depending on the consumption of magnesium in order to increase the reliability of the achieved content of sulfur in molten iron. The developments carried out to assess the regularities of the processes of out-of-furnace desulfurization of cast iron by monoinjection of granular magnesium made it possible to obtain calculation models for the assessment of existing and newly built capacities for desulfurization of cast iron in ladles of different sizes (40-350 t) at different initial sulfur contents in cast iron (0.02-0.07 %) and requirements for the final content of sulfur in cast iron ( $\leq 0.002-0.015\%$ ). Calculation models are presented.

**Key words:** desulfurization, cast iron, ladle, models, magnesium consumption.

**For citation:** Shevchenko, A. P., Manachin, I. O., Dvoskin, B. V., Shevchenko, S. A., & Bashmakov, O. M. (2023). Development of nomograms and calculative models for specific magnesium consumption and sulfur content in iron under different conditions of injection hot metal desulfurization. *Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy*, 37, 201-210. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2023-37-201-210>

*Стаття надійшла до редакції збірника 10.10.2023 р.  
Рекомендовано до друку редколегією збірника (Протокол № 9 від 19.12.2023 р.)*