

**РОЗРОБКА РОЗРАХУНКОВИХ МОДЕЛЕЙ ПИТОМИХ ВИТРАТ МАГНІЮ ТА
ВМІСТУ СІРКИ В ЧАВУНІ ПРИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ
ІНЖЕКЦІЙНОЇ ДЕСУЛЬФУРАЦІЇ ЧАВУНУ**

¹Шевченко А.П., ²Маначин І.О., ¹Двоскін Б.В.,

³Башмаков О.М., ²Рибальченко М.О.

¹ Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України, м. Дніпро, Україна

² Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро, Україна

³ ТОВ «Науково-дослідний і проектний інститут титану», м. Запоріжжя, Україна

Анотація. Метою роботи є надійний прогноз та розрахунок 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 дозволили отримати розрахункові моделі для оцінки закономірностей процесів позапічної десульфуратії чавуна моноінжекцією зернистого магнію для оцінки витрат магнію для діючих та новозбудованих потужностей з десульфуратії 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 ($\leq 0,002-0,015$ %) для застосування у АСУ процесом позапічної обробки чавуну.

Ключові слова: десульфуратія, чавун, ківш, моделі, витрата магнію.

Стан питання. Українська технологія процесу інжекційної десульфуратії чавуну зернистим магнієм розроблена Інститутом чорної металургії та Інститутом титану спільно з рядом організацій та підприємств [1, 2, 4-6, 9, 10]. Побудовані та введені в експлуатацію експериментально-промислові та промислові установки і відділення десульфуратії чавуну забезпечували в промислових умовах зниження вмісту сірки в чавуні в основі до 0,005-0,010 % [2, 4, 8]. 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

десульфурації. 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 десульфурації зазвичай знаходиться в основному в межах 0,005-0,010 %, а частина чавуну виробляється з вмістом $\leq 0,002$ %.

Мета роботи - розрахунок 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 десульфурації чавуну створена база даних, в якій зібрано понад 3000 контрольних обробок чавуну. Фактичні параметри містять масу чавуну в ковшах, початковий та отриманий кінцевий вміст сірки в чавуні, тривалість процесу десульфурації та циклу всіх операцій, витрати магнію на одиницю маси чавуну, зміну температур чавуну та ряд інших параметрів. На підставі цих даних впливає, 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, 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

$$q_{Mg}^{140-350; 0,00z} = 9,0982 \cdot [S]_{\text{вих}} + 0,1480 \quad (9)$$

$$q_{Mg}^{140-350; 0,00s} = 8,8800 \cdot [S]_{\text{вих}} + 0,0724 \quad (10)$$

$$q_{Mg}^{140-350; 0,01o} = 8,5876 \cdot [S]_{\text{вих}} + 0,0189 \quad (11)$$

$$q_{Mg}^{140-350; 0,01s} = 8,5703 \cdot [S]_{\text{вих}} - 0,0199 \quad (12)$$

Індекси вгорі маса чавуну в ковші; кінцева сірка.

Ці дані представлені на рис. 1 і відповідних розрахункових моделях 13-32.

$$= 0,0615 \cdot e^{-5,731 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (13)$$

$$= 0,204 \cdot e^{-7,177 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (14)$$

$$= 0,4021 \cdot e^{-7,058 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (15)$$

$$= 0,7741 \cdot e^{-6,941 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (16)$$

$$= 1,4565 \cdot e^{-6,826 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (17)$$

$$= 2,6802 \cdot e^{-6,712 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (18)$$

$$= 0,1024 \cdot e^{-9,575 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (19)$$

$$= 0,173 \cdot e^{-8,649 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (20)$$

$$= 0,2663 \cdot e^{-7,885 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (21)$$

$$= 0,3823 \cdot e^{-7,246 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (22)$$

$$= 0,5197 \cdot e^{-6,702 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (23)$$

$$= 0,6769 \cdot e^{-6,234 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (24)$$

$$= 0,0905 \cdot e^{-11,43 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (25)$$

$$= 0,1872 \cdot e^{-10,55 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (26)$$

$$= 0,4664 \cdot e^{-10,6 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (27)$$

$$= 0,9702 \cdot e^{-10,22 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (28)$$

$$= 1,9193 \cdot e^{-9,872 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (29)$$

$$= 3,6282 \cdot e^{-9,545 \cdot q_{Mg}}, \% \quad (30)$$

Індекси вгорі маса чавуну в ковші; вихідна сірка.

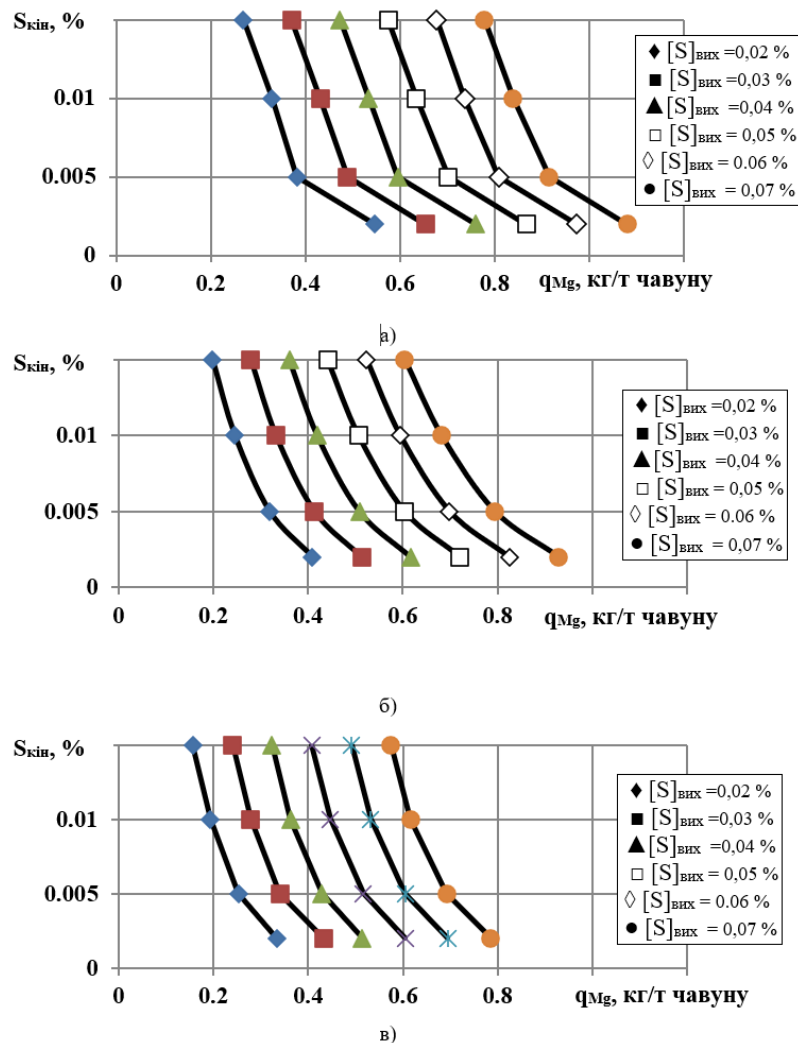


Рисунок 1 – Номограми залежності кінцевого вмісту сірки ($S_{кін.}$) від питомих витрат магнію (q_{Mg}) при різних початкових вмістах сірки (цифри біля кривих) в ковшах різного розміру: а) маса чавуна в ковші ≤ 75 т; б) маса чавуна в ковшах 80-120 т; в) маса чавуна в ковшах 140-350 т

Висновки

Проведені розробки для оцінки закономірностей процесів позапічної десульфуратії чавуна моноінжекцією зернистого магнію дозволили отримати розрахункові моделі для оцінки діючих та новозбудованих потужностей з десульфуратії 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 %).

ЛІТЕРАТУРА / REFERENCE

- Voronova, N. A. (1982). *Lesulfuratsiya chuhuna mahnyem*. Metallurhyzdat.
- Shevchenko, A. F., Manachyn, Y. A., Verhun, A. S. et al. (2017). *Vnepechnaia desulfuratsiya chuhuna v kovshakh. Tekhnolohiya, yssledovanyia, 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 bolshehruznykh kovshakh*. Naukova dumka
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. (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). Tekhnolohyy vnepechnoi desulfuratsyy chuhuna. *Cherneye metally*, (3),18-23

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

Shevchenko A., Manachyn I., Dvoskin B., Bashmakov O., Rybalchenko M.

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.*

Keywords: *desulfurization, cast iron, ladle, models, magnesium consumption.*