

4. Кузнецов, М. С., Крячко, Г. Ю., Сігарьов, Є. М. Зміни у проектуванні і роботі накопичувальної частини доменних печей в процесі удосконалення технології плавки / Теорія і практика металургії - 2022. - № 1. - С. 5-14.  
<https://doi.org/10.34185/tpm.1.2022.01>

УДК 669.162.63

**І. О. Маначин<sup>1,2</sup>, А. П. Шевченко<sup>1</sup>, О. Є. Меркулов<sup>1</sup>, О. М. Башмаков<sup>3</sup>, Б. В. Двоскін<sup>1</sup>,  
В. Г. Кисляков<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України, Дніпро

<sup>2</sup> Український державний університет науки та технології, Дніпро

<sup>3</sup> «ТІТАНПРОЕКТ», Запоріжжя

### **ОЦІНКА ЗІСТАВЛЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ПОЗАПІЧНОЇ ДЕСУЛЬФУРАЦІЇ ЧАВУНУ ЗА РІЗНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ**

Світова практика виробництва сталі за останні 20 років характеризується широким застосуванням методів позапичної десульфурзації чавуну та його підготовки для конвертерного переділу [1-6]. Аналіз використовуваних методів десульфурзації в ковшах [1-8] показує, що найбільшій популярності набули три технологічні напрямки позапичної десульфурзації чавуну:

- коінжекція суміші вапна та магнію через занурену фурму;
- моноінжекція зернистого магнію без додаткових компонентів;
- KR-процес - механічне перемішування у ковші під синтетичним шлаком (CaO + CaF<sub>2</sub>).

Перші два процеси належать до найбільш сучасних та техніко-економічно ефективних, забезпечуючи зниження вмісту сірки в чавуні до 0,001-0,002% при мінімальних витратах реагенту (0,5-3,5 кг/т) із повним циклом обробки від 20 до 35 хвилин [1,4,6,7,8] (див. Таблиця 1).

KR-процес відноситься до застарілих технологічних методів десульфурзації чавуну і застосовується в основному на підприємствах Китаю [1,7,8], забезпечуючи, зокрема, зниження вмісту сірки в чавуні до  $\leq 0,002\%$ .

## ЛИТВО.МЕТАЛУРГІЯ. 2023

Таблиця 1 - Техніко-економічні показники найбільш застосовуваних у світовій практиці технологій ковшової десульфурзації чавуну

№№ п/п	Показники	Коінжекція (СаО+Mg), Камет-сталь (Україна)	Моноінжекція Mg, Корп. CSC (Тайвань)	KR– процес (СаО+F <sub>2</sub> ). Корп. CSC (Тайвань)
1.	Маса чавуну в ковшах, т	225	260	260
2.	Питомі витрати реагентів, кг/т чавуну:			
	– вапно металургійне	–	–	9,5
	– вапно порошкове молоте	–	–	2,0
	– вапно молоте флюїди-зироване	–	–	3,12
	– плавиковий шпат	–	–	0,5
	– магній зернистий	0,52	0,43	–
	– відходи СаО–вмісні	–	1,0	–
	Всього реагентів	3,64	1,43	12,0
3.	Показник β – витрата реагентів на видалення сірки, кг/кг	10,4	1,25	34,3
4	- D <sub>Mg</sub> (Ст. D/q <sub>Mg</sub> )	11,0	<u>14,1–29,8</u> 22,5	<u>4,8-19,4</u> 10,3
5.	Тривалість операції вдування реагентів (або перемішування), хв.	12,5	6,5	12,0
6.	Температура чавуну:		1327	1332
	- вихідна	1273		
	- після обробки	1261	1319	1290
7.	Втрати температури чавуну протягом періоду десульфурзації., °С	12	8	42
8	- Δt/т, °С/мин	0,82		
9	Додаткове шлакуоутворення в ковші, кг/т чавуну	7,28	3,8	24,0
10.	Втрати чавуну, кг/т чавуну:			
	– з попередньо скачуваним шлаком	–	–	7
	– с додатково утворюваним шлаком	3,62	1,43	12,0
12.	Основні витрати на десульфурзацію чавуну, дол./т чавуну:			
	а) на знесірчуючі реагенти	3,44	1,51	1,95
	б) на втрати чавуну с попередньо скачуваним шлаком	–	–	1,75
	в) на втрати чавуну з додатково утворюваним шлаком	0,91	0,35	3,00
	г) на компенсацію втрат температури чавуну	0,24	0,16	0,84
	д) на вогнетривкі фурми	0,12	0,12	0,09
	е) на скачування шлаку (після десульфурзації) та його транспортування	0,52	0,35	0,70
	ж) витрати по переділу	0,42	0,20	0,30
	Всього витрат на десульфурзацію, дол./т чавуну	5,65	2,75	8,63
13.	Перевищення витрат у порівнянні з моноінжекцією магнію, дол./т чавуну	2,90	–	5,88
14.	Співвідношення витрат	2,05	1	3,14

Достоїнством цієї технології є її простота, хоча це може здатися обманливим, оскільки ця технологія вимагає:

- обов'язкового переднього видалення шлаку;
- використання плавикового шпату ( $\text{CaF}_2$ ) - матеріалу, що екологічно заборонений;
- дуже великих витрат реагенту - до 10-14 кг/т чавуну;
- значної тривалості циклу операцій десульфурації чавуну - до 40-60 хвилин;
- значного додаткового утворення шлаку та втрат чавуну разом з цим шлаком (понад 20 кг/т та понад 10 кг/т відповідно);
- суттєвих втрат температури чавуну ( $40^\circ\text{C}$  і більше);
- з точки зору тривалості циклу десульфурації чавуну, KR-процес не вписується в цикл конвертерного плавлення;
- найвищих експлуатаційних та капітальних витрат при використанні KR-процесу.

Зазначені і інші недоліки KR-процесу в решті-решт призводять до того, що він на практиці є одним із найбільш витратних та неефективних технологічних і технічних рішень. Це пояснює те, що в останні роки найбільше поширення отримують технології інжекційної десульфурації чавуну, і KR-процес практично не використовується в країнах Європи, Америки та Африки.

### Список літератури

1. Шевченко А.Ф., Маначин И.А., Вергун А.С. и др. Внепечная обработка чавуну в ковшах. Технологи, исследование, анализ, совершенствование. – Днепр. – 2017. – 252 с.
2. Смирнов А.Н., Зборщик А.М. Внепечная обработка чавуну и стали. - Донецк. ДНТУ. – 2013. -183 с.
3. Кудрин В.А. Внепечная обработка чавуну и стали. - Москва: Metallurgizdat. – 1993. – 335 с.
4. Шевченко А.Ф., Большаков В.И., Башмаков А.М. Технология и оборудование десульфурации чавуну магнием в большегрузных ковшах. Киев. Наукова думка. – 2011. – 207 с.
5. Воронова Н.А. Десульфурация чавуну магнием. Москва, Metallurgizdat. – 1982. – 239 с.
6. Зборщик А.М., Куберский С.В., Косолап А.В. Эффективность использования реагентов в современных процессах внепечной десульфурации чавуну. Бюлл. Черная металлургия. – Москва, Черметинформация. – 2011. - № 12. – С. 35-41.
7. Шевченко А.Ф., Маначин А.И., Двоскин Б.В. и др. Оценка и промышленная проверка показателей процессов ковшевой десульфурации чавуну различными режимами. - Сборник научных трудов «Вестник КГИУ». - 2022. – С. 10-28.

8. Шевченко А.Ф., Маначин И.А., Шевченко А.М. Процессы внепечной десульфурации чавуну. Черные металлы. – 2015. - № 3. - С.9-15.

УДК 669.162.63

**І. О. Маначин<sup>1,2</sup>, А. П. Шевченко<sup>1</sup>, М. О. Рибальченко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України, Дніпро

<sup>2</sup>Український державний університет науки та технології, Дніпро

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ ОКСИДУ КАЛЬЦІЮ ТА СІРКИ У РОЗПЛАВІ ПРИ ІНЖЕКЦІЙНИХ ПРОЦЕСАХ ДЕСУЛЬФУРАЦІЇ ЧАВУНУ З ВДУВАННЯМ ВАПНА**

При визнанні переваг та позитивних аспектів українського процесу позапічної десульфуратії чавуну вприскуванням зернистого магнію [1,3,4] без будь-яких додаткових засобів, варто звернути увагу на те, що оксид кальцію є однією з найбільш поширених речовин, яка надійно утворює сульфід кальцію. Тому він бере участь практично в усіх процесах виплавки чавуну та сталі, а також позапічної обробки, доробки та рафінування розплавів [1-9].

З усіх реальних реакцій взаємодії  $\text{CaO}$  та  $[\text{S}]$  потенційні можливості оксиду кальцію не використовуються у повному обсязі. Тим часом використання високоякісного помеленого вапна ( $\text{CaO}_{\text{акт.}} < 92-94\%$ , в.п.п.  $> 0,8\%$ , волога - відсутня,  $\text{SiO}_2 > 1,2\%$ ) у процесах коінжекції разом з магнієм є нераціональним, оскільки використовуване вапно виняткової якості виступає як пасивуюча домішка, що забезпечує вприскування магнієвого реагента у технологіях країн Західної Європи. З урахуванням поширеної практики використання порошкового вапна виключно високої якості, доцільно оцінити ефективність використання цього вапна у процесах інжекційної десульфуратії чавуну.

Доступні експериментальні дані щодо продування чавуну флюїдизованим вапном в ковшах Алчевського металургійного комбінату [6,7] мають значний інтерес для вдосконалення технології видалення сірки з чавуну вапном. Під час обробки чавуну у ковшах із масою розплаву 250-280 та вприскуванням 0,6-18,5 кг/т чавуну, вміст сірки у чавуні знижувався від 0,023-0,074% до 0,003-0,045%. Тривалість вприскування становила 4-16 хвилин. Зниження температури чавуну під час процесу десульфуратії становило 12-42°C (залежно від тривалості вприскування та споживаної кількості вапна). Витрати вприскування азоту під час процесу вприскування складали 50-60  $\text{нм}^3/\text{год}$ .