

О.М. Стоянов, К.Г. Нізяєв, Б.М. Бойченко, Л.С. Молчанов,
Є.В. Синегін

ПОРІВНЯННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ПОЗАПІЧНОЇ ДЕСУЛЬФУРАЦІЇ ЧАВУНУ ШЛЯХОМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Анотація. Стаття присвячена проблемі енергоефективності позапічної десульфурації чавуну. В ній, за допомогою математико-статистичного моделювання, висвітлено порівняння енергоефективності різних способів позапічної десульфурації чавуну.

Ключові слова: рідкий чавун, позапічна десульфурація, енергоефективність, математично-статистична модель

Постановка проблеми дослідження

Позапічна обробка є однією з невід'ємних складових сучасної технології виробництва сталі. Це пов'язано зі значним підвищенням вимог до якості кінцевої продукції у відповідності до міжнародних стандартів [1].

Першочерговою операцією серед технологій позапічної обробки є позаагрегатна десульфурація. Це пов'язано з фізико-хімічними особливостями процесу видалення сірки із залізобуглецевого розплаву, адже видалення сірки безпосередньо в плавильному агрегаті ускладнюється через присутність оксидів заліза та високу температуру розплаву. Процеси десульфурації пов'язані з використанням значної кількості матеріалів, що призводить до підвищення енерговитратності процесів сталеплавильного виробництва в цілому.

Аналіз останніх досліджень

З огляду на той факт, що на даний момент у якості десульфураторів найбільше поширення знайшли активні реагенти на основі магнію та кальцію, а основними технологіями їх введення є вдування в струмені інертного газу чи подача за допомогою трайбапаратів, ці технології відрізняються високою енергоємністю і енерговитратністю [2, 3]. Серед існуючих технологій десульфурації

найменш витратною є обробка залізовуглецевого розплаву магнієм, відновленим з оксиду за допомогою теплоти електричної дуги [4]. Єдиним істотним недоліком такої технології є значні витрати електроенергії.

Постановка завдання дослідження

Метою даної роботи є проведення аналізу енерговитратності існуючих технологій позаагрегатної десульфурзації чавуну та розробка нової, яка має відрізняється низькою енергоємністю.

Основні матеріали дослідження

На сучасному етапі найбільш поширеним способом виробництва сталі є киснево-конвертерний процес, а невідомою його складовою - позапічна десульфурация чавуну. За результатами проведених розрахунків було визначено, що найбільш вагомий вплив на загальну енергоємність конвертерної сталі має енергомiсткість чавуну, що використовується (рисунок 1).

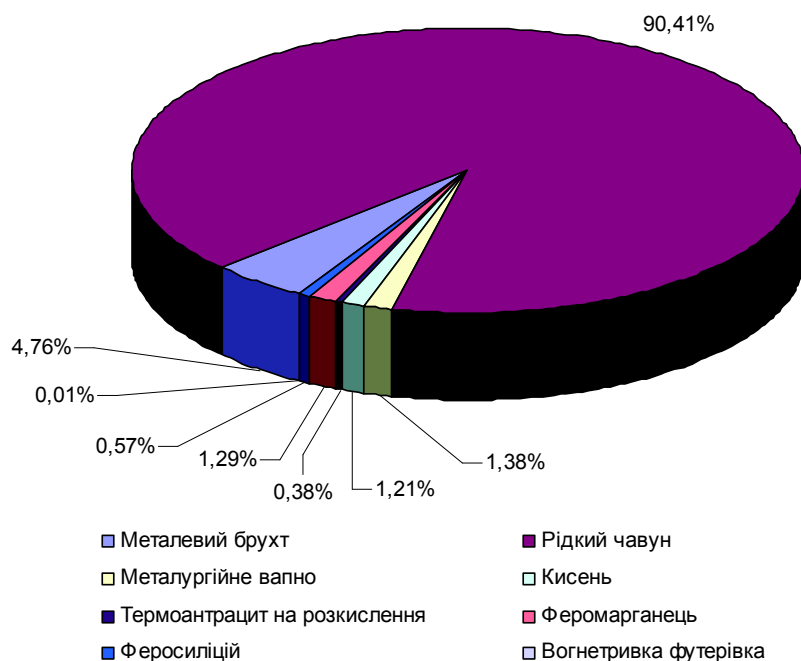


Рисунок 1 - Частка шихтових матеріалів у енергоємності конвертерної сталі

Загальна схема виробництва рідкого чавуну є однаковою на більшості металургійних підприємств і його енергоємність у більшості випадків буде мало відрізнятися. Таким чином, за умов, що склалися, найбільше впливати на підвищення енергоємності чавуну повинна технологія позапічної десульфурзації, що використовується.

Для зниження загальної енергоємності сталі, в цілому, та рідкого чавуну, зокрема, авторами розроблена нова технологія десульфурації металевих розплавів, яка полягає у введенні екзотермічної суміші, що містить оксиди магнію, кальцію та заліза й металевого алюмінію безпосередньо у об'єм рідкого металевого розплаву. Під час контакту екзотермічної суміші з рідким чавуном починають проходити процеси алюмотермічного відновлення оксидів заліза, які супроводжуються виділенням значної кількості теплоти. За рахунок цього в екзотермічній суміші відновлюється магній безпосередньо з оксиду. Відновлений магній взаємодіє з сіркою чавуну та призводить до протікання кожного з етапів процесу десульфурації.

Для аналізу енерговитратності процесів позапічної десульфурації за експериментальними даними авторів та з використанням методики робіт [5 - 13] й результатів робіт [14, 15] побудовані статистичні математичні моделі залежності енергоємності від ступеня десульфурації для кожного з різновидів процесів (таблиця 1).

Таблиця 1

Математично-статистичні моделі різних способів позапічної десульфурації чавуну*

№ п/п	Назва процесу	Математично-статистична модель	Коефіцієнт достовірності (R^2)	Кількість експериментальних даних
1.	Десульфурація інжекцією гранульованого магнію	$E = 18904 \cdot D_S^{0,0109}$	0,85	100
2.	Десульфурація інжекцією порошкоподібного вапна	$E = 19528 \cdot D_S^{0,0024}$	0,86	100
3.	Десульфурація інжекцією суміші порошкоподібного вапна та гранульованого магнію	$E = 19007 \cdot D_S^{0,0096}$	0,82	100
4.	Десульфурація дротом, що містить магній	$E = 19259 \cdot D_S^{0,007}$	0,89	100
5.	Десульфурація дротом, що містить карбід кальцію	$E = 16969 \cdot D_S^{0,0414}$	0,84	100
6.	Десульфурація магнієм, що відновлено з оксиду за рахунок теплоти електричної дуги	$E = 18906 \cdot D_S^{0,0106}$	0,89	20
7.	Десульфурація екзотермічними брикетами, що містять оксид магнію	$E = 19474 \cdot D_S^{0,0031}$	0,88	20

* - E – енергоємність, МДж/т; D_S – ступінь десульфурації розплаву, %.

На підставі розроблених математичних моделей були побудовані графічні залежності приросту енергоемності рідкого чавуну від ступеня десульфурації (рисунок 2).

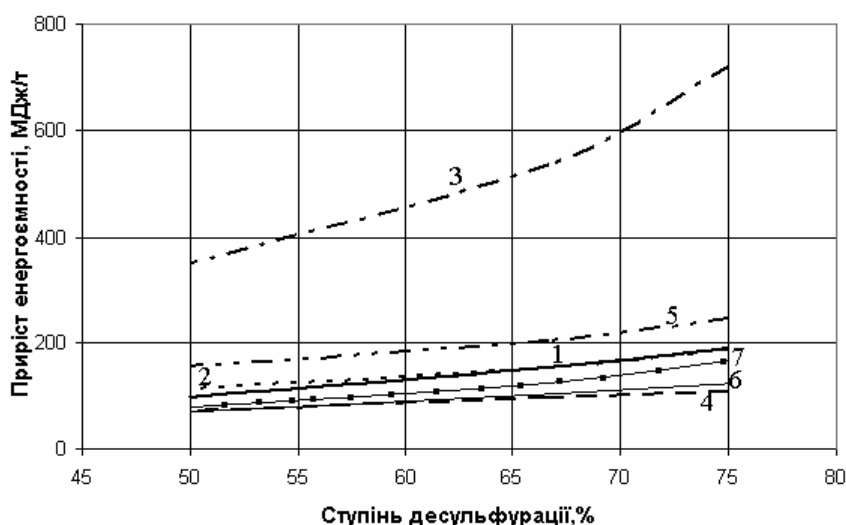


Рисунок 2 - Залежність приросту енергоемності чавуну від ступеню десульфурації при використанні різних технологій:

1 – інжекція гранульованого магнію; 2 – інжекція суміші гранульованого магнію та вапна; 3 – введення дроту, що містить карбід кальцію; 4 – інжекція пилоподібного вапна; 5 - введення дроту, що містить магній; 6 – обробка екзотермічними брикетами, що містять оксид магнію; 7 - десульфурація магнієм, який відновлено з оксиду за рахунок теплоти електричної дуги

Таким чином, відповідно до даних наведених на рисунку 2 розроблена технологія має енергоемність близьку до енергоемності процесу позаагрегатної десульфурації чавуну інжекцією пилоподібного вапна. Істотною перевагою розробленого методу десульфурації є простота виконання та відсутність додаткового обладнання для його здійснення.

Висновки

Проведено аналіз енергоемності сталі та визначено вплив різних способів позапічної десульфурації чавуну на енергоемність чавуну. Отримані математико-статистичні моделі залежності енергоемності чавуну від способу десульфурації. Визначено, що розроблена технологія десульфурації рідкого чавуну відрізняється низькою енерговитратністю у порівнянні з іншими.

ЛІТЕРАТУРА

1. Величко О.Г. Технології підвищення якості сталі: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / Величко О.Г., Бойченко Б.М., Стоянов О.М. – Дніпропетровськ: Системні технології, 2009. – 234 с.
2. Чернега Д.Ф. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / Чернега Д.Ф., Богушевський В.С., Готвянський Ю.Я. – К.: Вища школа, 2006. – 503с.
3. Бойченко Б.М. Конвертерне виробництво сталі: теорія, технологія, якість сталі, конструкції агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / Бойченко Б.М., Охотський В.Б., Харлашин П.С. – Дніпропетровськ: РВА“Дніпро-ВАЛ”, 2006. – 456с.
4. Экспериментальные исследования десульфурации чугуна магнетитом в условиях ДЗПВ / К.Г. Низяев, А.Г. Величко, Б.М. Бойченко и др. // Теория и практика металлургии. - 2001. - №6. - С. 16 – 19.
5. Вергун А.С. Исследование и разработка оптимального химического состава магнийсодержащего реагента для внедоменной десульфурации чугуна / А.С. Вергун//Теория и практика металлургии.– 2000. – № 3. – С.21 – 24.
6. Десульфурация чугуна в 420–тонных передвижных миксерных ковшах / Н.А. Воронова, А.С. Вергун, И.М. Лафер и др. //Бюллетень ЦНИИЧМ. – 1983. – № 8. – С. 46 – 47.
7. Рациональная технология десульфурации чугуна гранулированным магнием в большегрузных заливочных ковшах / А.Ф. Шевченко, Б.В. Двоскин, А.С. Вергун и др. // Бюллетень Института ”Черметинформация”. – 2001. – №1. – С. 12 – 14.
8. Выбор рационального решения ковшевого рафинирования чугуна магниевыми реагентами / А.Ф. Шевченко, В.А. Александров, А.В. Зотов и др. //Сталь. – 2002. – №6. – С. 16 – 19.
9. Чернятевич А.Г. Особенности десульфурации чугуна при вдувании диспергированного магния / А.Г. Чернятевич, А.С. Вергун, К.И. Чубин // Изв. ВУЗов. ЧМ. – 2000. - № 12. – С. 3 - 8.
10. Разработка комплексной технологии ковшевого рафинирования чугуна с вдуванием десульфураторов через две фурмы / Е.Н. Сигарев, А.Г. Чернятевич, К.И. Чубин и др. // Теория и практика металлургии. – 2008. - № 2. – С. 3 - 7.
11. Технология обработки железоуглеродистого расплава погруженной электродугой / К.Г. Низяев, В.И. Пищида, А.В. Шибко и др. // Металл и литье Украины. - 2002. - №3 - 4. - С. 27 - 29.
12. Рафинирование чугуна и стали в ковше погружаемой электрической дугой / К.Г. Низяев, Б.М. Бойченко, А.Н. Стоянов и др. // Теория и практика металлургии. – 2003 - №4. - С. 23 - 26.
13. Особенности десульфурации чугуна экзотермическими брикетами, содержащими оксид магния / Л.С. Молчанов, К.Г. Низяев, Б.М. Бойченко и др. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2012.– №7.– С. 42 - 44.
14. Никифоров Б.И. Энергосбережение на металлургических предприятиях / Б.И. Никифоров, Г.В. Заславец. – Магнитогорск: МГТУ, 2000 г. – 354с.
15. Литвиненко В.Г. Методика оценки изменения энергоемкости продукции в черной металлургии / В.Г. Литвиненко, Г.Н. Грецкая, Т.А. Андреева // Сталь. – 2003. – № 1. – С. 103 - 106.