

- Salzgitter (Німеччина),
- Cockerill (Німеччина),
- Sacilor (Франція),
- Voest (Австрія) і ін.

Висновки.

1. Установлено, що через низьку якість дрогового сита, що просіває, відбувається руйнування поверхні та зростання кількості некондиції у вапняку як компонента аглошихти фракції 0,004÷0,005 м до 15% і 0,005÷0,012 м – до 22%, що неприпустимо (допускається до 3%).
2. Використання вапняку-ракушняку Негін з підвищеною вологістю (близько 6%) призводить до значного налипання на колосникові решітки молоткової дробарки й поверхні, що просівають, вібраційного грохоту. Це призводить до погіршення якості дроблення й просівання, перевитрати матеріалів, що флюсують, та енергетичних ресурсів. Тому використання його при такій вологості недоцільне.
3. Важливим завданням поліпшення якості підготовки флюсу є чітке дотримання графіків ремонту, зниження коливання крупності вапняку в продукті за рахунок використання сучасних грохотів і поверхонь, що просівають.
4. Запропоновано сита плетені TRIA для просівання вологих і матеріалів, що важко розділяються. Ситові поверхні легко й швидко міняються та можуть використовуватися для матеріалів з підвищеною вологістю.
5. Запропоновано грохота з поліуретановими модулями. Вони мають час експлуатації в 15÷20 разів довший, ніж у дрогових сит і ефективність просівання вищу, ніж у гумових за рахунок меншої кількості мертвих зон.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сигов А.А. Агломерационный процесс / Сигов А.А., Шурхал В.А. – К.: Издательство «Техника», 1969. – 120с.

Надійшла до редколегії 20.12.2011.

УДК 669.184.244

СІГАРЬОВ Є.М., к.т.н, доцент

Дніпродзержинський державний технічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ОШЛАКУВАННЯ ФУТЕРІВКИ КОНВЕРТЕРА ІЗ КОМБІНОВАНИМ ПРОДУВАННЯМ

Вступ. Розширення сортаменту сталі, що виплавляється, поряд із підвищенням вимог до якості кінцевої продукції призвело до поширення використання та актуальності подальшого удосконалення технології комбінованого продування ванни у кисневих конвертерах. В той же час, використання комбінованого продування ванни призводить до ускладнення [1-3] умов служби футерівки стін та днища агрегату. Перемішування металу та шлаку струменями, що подають через донні фурми або дуттьові пробки, підвищує швидкість зносу днища та прилеглих дільниць, при цьому футерівка зношується нерівномірно – найбільша швидкість спостерігається у навколофурменній зоні днища [3].

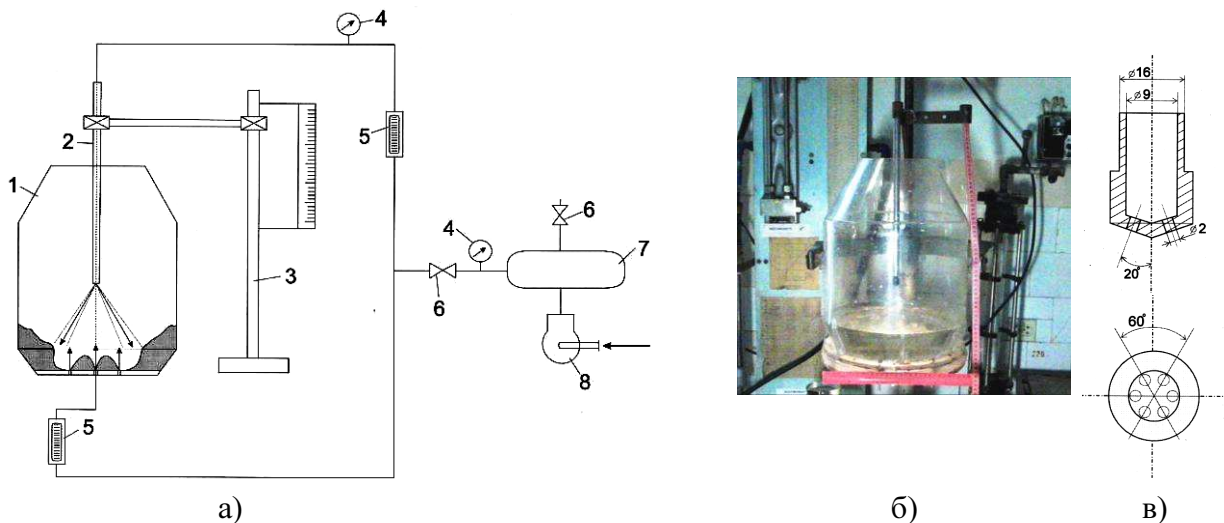
Постановка задачі. Як встановлено дослідженнями топографії зносу футерівки по ходу кампаній конвертерів із верхньою продувкою [4], найбільші ускладнення у формуванні захисного шлакового гарнісажу шляхом роздування кінцевого шлаку струменями азоту виникають у зонах верхньої частини циліндра і конуса агрегату.

За умов використання комбінованого продування ванни зменшення швидкості зносу днища забезпечують правильним обранням режиму експлуатації конвертера, конструкції, кількості та порядку розташування донних фурм, а також способом відновлення та ремонту футерівки.

Для визначення характеру впливу розташування верхньої та донних фурм відносно один до одного та режимів подачі азоту під час роздування шлаку на «запечатування» донних фурм та зашлаковування стовбура верхньої фурми необхідно проведення окремих досліджень.

Результати роботи. Експерименти проводили з використанням удосконаленої лабораторної установки [5] на прозорій моделі кисневого конвертера з профілем і розмірами робочого простору в масштабі 1:20 по відношенню до 250-т агрегату ККЦ ПАТ "ДМКД". Модель конвертера з плексигласу (рис.1, а) призначалася для візуалізації та дослідження особливостей макрофізичних явищ, що супроводжують процес взаємодії багатоструменевого верхнього дуття з рідкою ванною, яка відповідала в масштабі об'єму кінцевого шлаку, із одночасним вдуванням газу через фурми (отвори), розташовані у днищі конвертера. У якості рідини, що моделює шлак, як і у роботі [5], використовували крохмальний клейстер, у якості азотного дуття – стисле повітря. У всіх експериментах для продування рідкої ванни з організацією направленою бризковиносу на стіни конвертера використовувалися модельні фурми в масштабі 1:20 до промислових з 6-тисопловими наконечниками (рис.1, в) із кутом нахилу сопел $\alpha = 20$ град до вертикальної осі фурми.

Крім того, для подачі газу знизу використовували 6 донних сопел (отворів) з діаметром $d_d = 0,7$ мм, що були рівномірно розташовані за колом із центром, що співпадав із центром днища моделі конвертера (рис.1, а). У всіх експериментах кожна донна фурма знаходилася у одній вертикальній площині із відповідним соплом наконечника верхньої фурми.



1 – конвертер; 2 – фурма; 3 – пристрій для переміщення фурми;
4 – манометри; 5 – ротаметр; 6 – вентилі; 7 – ресивер; 8 – компресор

Рисунок 1 – Схема (а) та вигляд (б) установки моделювання процесу нанесення шлакового гарнісажу у конвертері із комбінованим продуванням ванни

Для перенесення отриманих на моделі даних на промисловий зразок фізичне моделювання проводили з урахуванням того, що інтенсивність подачі азоту на роздування кінцевого шлаку у 250-т конвертері змінюється в межах 800-900 м³/хв.

Витрата газу на одне сопло (Q'_2 , м³/с) 6-тисоплового наконечника фурми (рис.1, в) складала $Q'_2 = 0,63 \cdot 10^{-3}$ м³/с при загальній інтенсивності подачі дуття

0,23 м³/хв., що моделює значення витрат азоту у 800 м³/хв. При верхньому значенні витрат азоту у 900 м³/хв. $Q'_z=0,81 \cdot 10^{-3}$ м³/с при загальній інтенсивності дуття 0,29 м³/хв. Витрату газу через донні фурми конвертера підтримували у межах 0,004-0,006 м³/хв. на одну фурму (отвір).

Під час проведення експериментів процес роздування рідкої ванни газовими струменями фіксували за допомогою цифрової відеокамери у високошвидкісних режимах зйомки (120-240 к/с).

У ідеальному технологічному варіанті ошлакування футерівки конвертера із комбінованим продуванням необхідно забезпечити окрім рівномірного нанесення шлакового гарнісажу по всій висоті робочого простору одночасне запобігання утворенню шлакової охолоді на фурмі, обмеження винесення шлакових крапель через горловину агрегату та попередження „запечаткування” шлаком сопел донних фурм.

За результатами серії проведених експериментів, як і у випадку тільки верхнього продування ванни [5], встановлено два основних режими роздувки шлаку: без пробую (рис.2, а) та з пробую ванни верхніми струменями (рис.2, б). В той же час, з переходом до комбінованого роздування шлакової ванни верхніми та донними струменями, на відміну від [5], картина винесення шлакових крапель у робочий простір конвертеру змінювалася в залежності від висоти розташування верхньої фурми (рис.2, 3).

Так, у досліджених діапазонах витрат газу через верхню фурму 0,038-0,048 м³/хв. на одне сопло та 0,004-0,006 м³/хв. на одну донну фурму, висоти верхньої фурми над рівнем ванни $H_{\phi} = 15-40$ кал. пробій струменями стовпа рідини супроводжується утворенням відбитих від її поверхні (рис.2, а) або днища (рис.2, б) зворотних газових потоків, які формують реакційні зони взаємодії з відокремлених або об'єднаних еліпсоподібних кратерів із винесенням крапель рідини на стіни та стовбур фурми.

Зворотні газові потоки в залежності від висоти фурми над ванною розташовуються перед (варіант I), за межами (варіант II) або перетинаються із зонами виходу газу з донних фурм (варіант III) (рис.3).

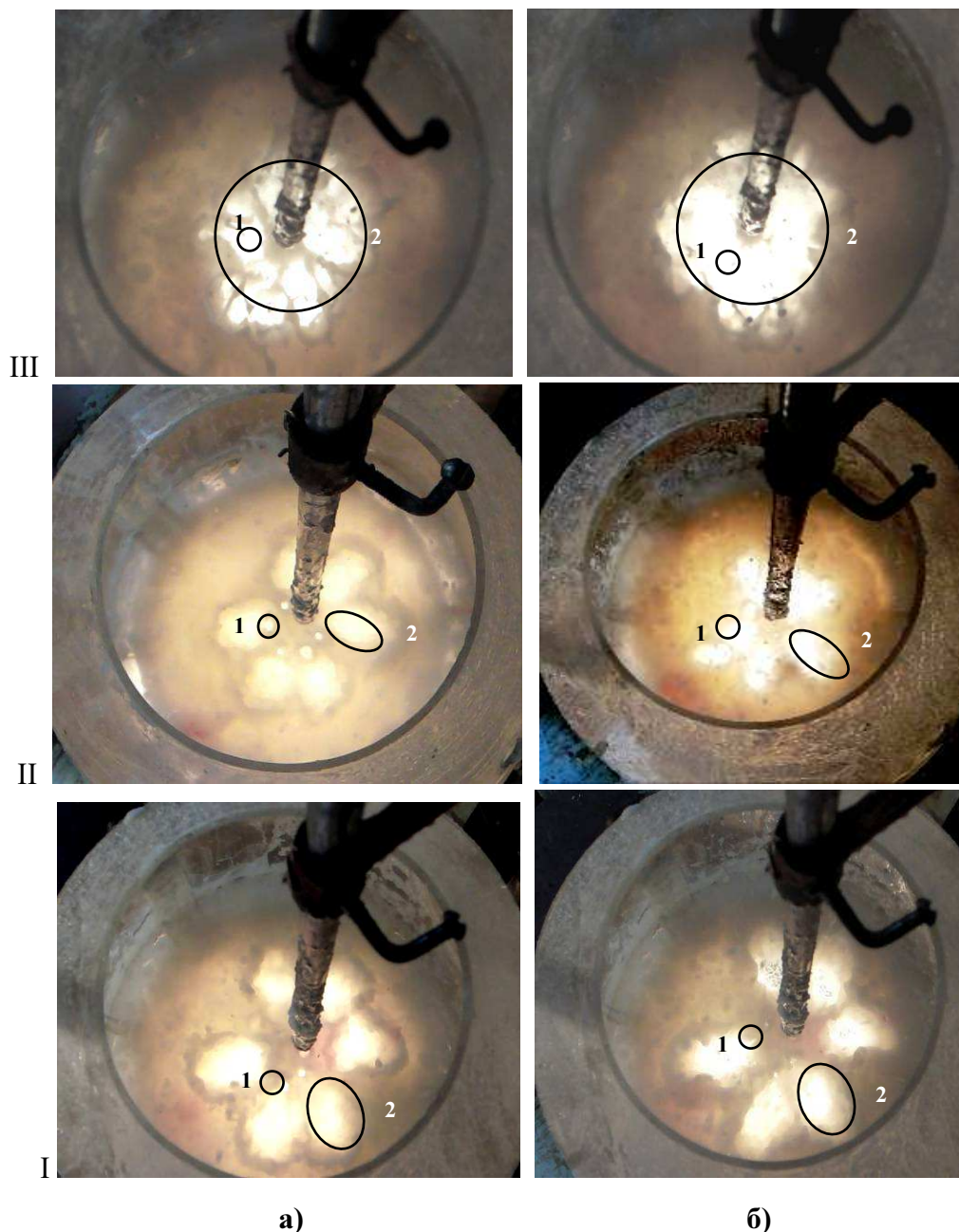
При цьому, із зменшенням висоти верхньої фурми над рівнем шлакової ванни h_{ϕ}/d_{ϕ} підсилюється винесення шлакових крапель рідини як на верхню частину конвертера, так і на стовбур фурми (рис. 4). В той же час, у визначеному діапазоні h_{ϕ}/d_{ϕ} (зони на рис.4, які обмежені вертикальними лініями) встановлено зменшення ступеня „зашлаковування” стовбура фурми із одночасним збільшенням обсягу крапель рідини, що спрямовані на стіни конвертера.

Встановлено, що у першому режимі роздування (без пробую) (рис.2, а; рис.3) за умов комбінованого продування ванни кратери дестабілізовані в робочому просторі конвертера щодо вертикальної осі фурми, що пов'язано, у першу чергу, із суттєвим впливом потоку газу з донних фурм. У випадку розташування фурми на висоті у 40 кал. від рівня ванни забезпечується практично повне пригнічення винесення крапель на стовбур фурми (рис.2, а, варіант I), але не досягається належне покриття верхньої конусної частини агрегату.

Із зниженням висоти фурми до 25 кал. відбувається зменшення діаметру кратерів по великій осі, при цьому спостерігається розширення сектора винесення частини дрібних крапель рідини на верхні частини стовбура фурми і верхню циліндричну об'ємність конвертера (рис.2, б, варіант II).

Із подальшим зменшенням висоти фурми (рис.2, в, варіант III) до 15 кал. відбувається відповідне зменшення діаметру окремих кратерів із об'єднанням їх в один загальний кратер, при цьому підвищуються обсяги направлено викиду дрібних крапель на стовбур фурми та верхню циліндричну і конусну частини конвертера за рахунок додаткового винесення крапель потоками газу з донних фурм.

Другий режим взаємодії верхнього та нижнього дуття з рідкою ванною (рис.4, б), коли у досліджених діапазонах величин Q_z та h_{ϕ}/d_{ϕ} відбувається пробивання

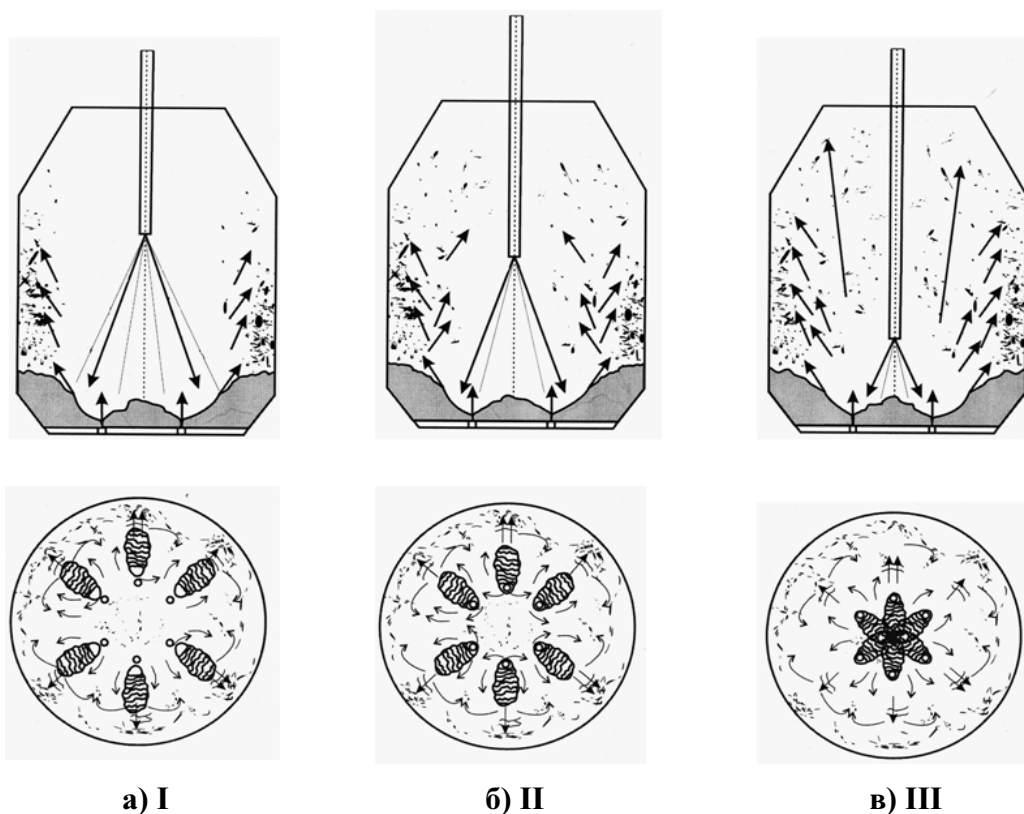


I – висота верхньої фурми $H_{\text{ф}}/d_{\text{кр}} = 40$ кал; II – висота верхньої фурми $H_{\text{ф}}/d_{\text{кр}} = 25$ кал; III – висота верхньої фурми $H_{\text{ф}}/d_{\text{кр}} = 15$ кал. Витрата газу на одне сопло верхньої фурми $0,63 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ (а) та $0,81 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ (б); на одну донну фурму – $0,01 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$
1 – донна фурма; 2 – зони контакту верхніх струменів із ванною

Рисунок 2 – Картина комбінованого роздування за встановленими режимами без пробую (а) та з пробоем (б) ванни

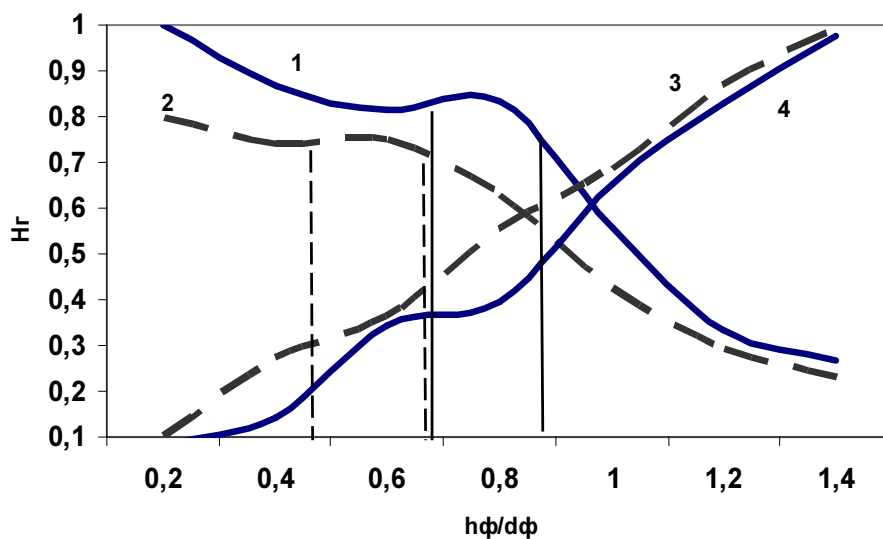
верхніми газовими струменями стовпа рідини, характеризується утворенням відбитого від днища зворотного газорідинного потоку. При цьому, очищені (у варіантах розташування фурми II та III на рис.2, б) потоками газу з сопл верхньої фурми донні фурми обумовлюють інший характер поведінки ванни та відмінності у картині винесення шлакових крапель з ванни на стовбур фурми і у напрямку стін конвертера.

Так, у випадку розташування верхньої фурми у визначеному діапазоні висот $h_{\text{ф}}/d_{\text{ф}}$ (рис.2, б, варіант II, висота фурми 25 кал.) забезпечується практично повне при-



а) $Q_r=0,63 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, $h_{\phi}/d_{\phi}=40$ кал.; б) $Q_r=0,63 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, $h_{\phi}/d_{\phi}=25$ кал.;
в) $Q_r=0,63 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, $h_{\phi}/d_{\phi}=15$ кал.

Рисунок 3 – Схеми роздування шлакової ванни за першим режимом



витрата газу на одне сопло наконечника: криві 1, 4 – $0,038 \text{ м}^3/\text{хв.}$;
2, 3 – $0,048 \text{ м}^3/\text{хв.}$; $0,006 \text{ м}^3/\text{хв.}$ – на одну донну фурму у всіх випадках

Рисунок 4 – Відносні висота нанесення крапель клейстеру на футерівку (1, 2) та об'єм моделюючої рідини на стовбурі фурми (3, 4) в залежності від висоти розташування та витрат газу через верхню фурму

гнічення винесення крапель рідини потоком газу з донних фурм із попередженням „зашлаковування” стовбура фурми при рівномірному по висоті нанесенні рідини на внутрішню поверхню конвертера. Крім того, потік газу з донних фурм формує кратери збільшеного, у порівнянні із рис.2, а, діаметра із підвищеною висотою гребеня та викиданням збільшених обсягів крапель рідини у напрямку стін конвертера.

Встановлено, що оптимальний згідно з поставленими завданнями варіант комбінованого роздування шлакової ванни досягається у режимі з її пробоем струменями з наконечника верхньої фурми (варіант II розташування верхньої фурми на рис.2, б) при максимальній витраті газу на роздування.

Висновки. В залежності від висоти фурми над рівнем шлаку зони зворотних газових (газорідинних) потоків розташовуються перед, за межами або перетинаються із зонами виходу газу з донних фурм. Встановлено переважний вплив місця розташування донних фурм відносно зон взаємодії верхніх струменів із шлаковою ванною на співвідношення обсягів виносу бризок шлаку у напрямках стін конвертера та стовбура фурми. У випадку розташування верхньої фурми у визначеному діапазоні висот забезпечується практично повне пригнічення винесення шлакових крапель потоком газу з донних фурм на стовбур фурми при рівномірному нанесенні шлаку на футерівку стін.

ЛІТЕРАТУРА

1. Смирнов А.Н. Конвертируемый металл / А.Н.Смирнов // Металл бюллетень. Украина. – 2006. – № 11. – С.64-74.
2. Бойченко Б.М. Конвертерное производство стали / Бойченко Б.М., Охотский В.Б., Харлашин П.С. – Днепропетровск, 2006. – 432 с.
3. Effects of the use of twisted nozzles on jet-bath Interaction and on mixing time in a BOF top blow Converter / V.Maia, J.Alvarenga, R.Reis, R.Tavares // The 6th European Oxygen Steelmaking Conference. – Stockholm. – 2011. – P.94-108.
4. Разработка фурменных устройств и технологии газопорошкового ошлакования футеровки 160-т конвертеров / А.Г.Чернятевич, Е.Н.Сигарев, К.И.Чубин [и др.] // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2010. – №7 (265). – С.134-138.
5. Моделювання гідрогазодинамічних та теплофізичних параметрів нанесення шлакового гарнісажу і торкрет-покриття на футерівку конвертера / А.Г.Чернятевич, С.Є.Самохвалов, Є.М.Сігарьов [та ін.] // Теория и практика металлургии. – 2010. – № 1–2 (74-75). – С.82-89.

Надійшла до редколегії 19.12.2011.

УДК 669.184.244

СИГАРЕВ Е.Н., к.т.н, доцент
СУББОТ Г.А., магистр

Днепродзержинский государственный технический университет

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ ИЗНОСА ОГНЕУПОРОВ КИСЛОРОДНОГО КОНВЕРТЕРА

Введение. На современном этапе периклазоуглеродистые огнеупоры MgO-C получили широкое применение в кислородных конвертерах, поэтому уточнение механизма их износа представляет несомненный интерес. К наиболее характерным видам износа огнеупора относят [1]: шлакоразъедание, термическое скалывание, структурное разупрочнение, оплавление, пиропластическую деформацию, расплавную и газовую эро-