УДК 669.74.047

Г.Г. Немсадзе[3], глава наблюдательного совета, e-mail: ngg@gir.ua
А.Н. Смирнов[1], д-р техн. наук, проф., вед. науч. сотр., e-mail: stalevoz@i.ua, https://orcid.org/0000-0001-5247-3908
Р.А. Джоджуа[3], директор по стратегии и развитию, e-mail: rad@gir.ua
К.Н. Шарандин[2], ген. директор, e-mail: sharandin@gir.ua
Д.В. Рябый[2,1], зам. ген. директора, e-mail: dmitriy.ryabyi@gir.ua

[1]Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев, Украина
[2]ООО «ГИР-Инжиниринг», Днепр, Украина
[3]ПАО «ЗНВКИФ «GIR», Киев, Украина

Совершенствование технологии горячего ремонта футеровки конвертера с использованием разработанной магнезиальной массы марки «GIR-RB-X»

Выполнен анализ методов горячего ремонта участков опережающего износа рабочей периклазоуглеродистой футеровки конверторов методом подварки. Разработана методика оценки качества саморастекающейся, магнезиальной, подварочной массы на лабораторной печи роторного типа, не имеющей аналогов в Украине. Разработанная методика позволяет достичь высокого уровня достоверности полученных результатов, что позволяет перенести полученный опыт на промышленные условия, при сравнительно низких энергозатратах и высокой безопасностью в сравнении с проведением экспериментов в реальном металлургическом агрегате.
По результатам лабораторных исследований разработана ремонтная, саморастекающаяся, подварочная масса марки «GIR-RB-X», на основе вторичного, отечественного сырья, позволяющая эффективно восстанавливать участки огнеупорной футеровки конвертера, подверженные опережающему износу, продлить его рабочую кампанию и тем самым снизить удельные затраты на производство стали.
Проведены промышленные испытания саморастекающейся, магнезиальной, ремонтной массы на футеровках большегрузных конвертеров в условиях металлургических предприятий ПАО «ДМК» и ЧАО «МК «Азовсталь». Результаты испытаний свидетельствуют о высокой конкурентоспособности разработанной массы в сравнении с зарубежными аналогами, а также гибкости разработанной подварочной массы к различным условиям эксплуатации конвертера.
Компанией ООО «ГИР-Инжиниринг» организовано серийное производство саморастекающейся подварочной массы марки «GIR-RB-X» на производственных мощностях ЧАО «КрОЗ» с применением высокотехнологической линии компании «Eirich» и автоматики компании «Siemens», что позволяет достичь высокого качества готовой продукции.

Ключевые слова: *конвертер, футеровка, магнезиальная масса, роторная печь, адгезия, стойкость, периклазоуглеродистая футеровка, горячий ремонт.*

Одной из важнейших стратегий развития технологии конвертерного производства стали является достижение высокой стойкости рабочей футеровки, что соответствует минимальным удельным затратам на огнеупоры и исключает простои, связанные с ремонтами [1–2].

Выбор оптимальной системы ухода за футеровкой в течение кампании формируется, в конечном счете, из соображений снижения удельных затрат и технологических требований [3–5].

Оценивая перспективы развития рынка огнеупоров для сталеплавильного комплекса Украины, можно предположить дальнейшее развитие тенденции к снижению удельного расхода огнеупоров на 1 т стали за счет повышения эксплуатационной стойкости футеровок конвертеров. Об этом свидетельствуют показатели стойкости в Европе, Японии, Китае и США, в полтора-два раза и более превосходящие средние показатели, достигнутые в Украине.

Современные технологии позволяют осуществлять «горячие» ремонты футеровки конвертера без вывода ее из эксплуатации по ходу рабочей кампании. Основные способы восстановления огнеупоров: торкретирование (полусухое, факельное), подварка (формованными изделиями, массами), раздувка конечного (модифицированного) шлака азотом [6–8].

Такие методы, как правило, не продолжительные (5–35 мин) и при значительной эффективности

не нарушают ритмичность производственного процесса в цехе.

Известно, что огнеупорная кладка конвертера подвержена неравномерному износу в ходе кампании. Это обусловлено целым рядом факторов, основными из которых являются коррозионное воздействие шлака и эрозионное воздействие циркуляционных потоков газо-шлако-металлической эмульсии. Ввиду особенностей гидродинамики конвертерного процесса [9, 10] и специфики его цикличности (завалка-пробоотбор-слив), то есть постоянное кантование агрегата с продуктами плавки, формируются зоны опережающего износа футеровки. В основном это зоны нижнего конуса, зоны цапф, зона слива и зона летки. Схема зональной кладки конвертера и пример топографии неравномерного износа футеровки представлены на рис. 1.

Существует два основных метода ремонта наиболее «сложных» участков опережающего износа футеровки зоны цапф и летки. Это метод торкретирования (полусухого, факельного) и подварка саморастекающейся массой. При этом, торкретирование осуществляется с использованием специального оборудования, требующего подготовки и настройки перед операцией, что влечет за собой значительные временные затраты, нарушающие производственный график. Так, время, затраченное на операцию торкретирования, доходит до 30–50 мин. Зачастую экономия времени (сокращение времени выдержки, снижение расхода массы) на подобной операции негативно влияет на качество ремонта и снижает стойкость восстановленного участка.

Наиболее перспективной альтернативой торкретированию локального износа, не требующей специального оборудования и подготовки персонала, является подварка саморастекающимися, магнезиальными массами. Подварка – это способ восстановления наиболее изношенного, локального участка футеровки конвертера.

Так, конвертер, после слива продуктов плавки, кантуется в сторону слива или завалки, в зависимости от зоны износа. Саморастекающаяся, подварочная масса забрасывается на ремонтируемый участок вручную либо из ломозавалочного совка. За счет своих специфических свойств «подвижности» в температурном интервале спекания, масса равномерно заполняет место износа. По прошествии определенного времени выдержки, как правило, 10–20 мин, материал спекается в прочный, огнеупорный конгломерат и приваривается к огнеупорам футеровки с образованием т. н. латки – подварки.

На огнеупорном рынке Украины основными поставщиками подобных материалов являются компания «Dalmond» и «Puyang». Обе компании являются импортерами, что обуславливает высокую стоимость продукта, а также низкую «гибкость» поставок за счет зарубежной логистики, что, в конечном счете, ведет к повышению удельных затрат на 1 т стали.

Производство магнезиальной подварочной массы на базе недефицитных, вторичных ресурсов Украины и ближнего зарубежья представляется весьма рентабельным. Организация такого производства в условиях, действующих на территории Украины предприятий огнеупорной промышленности, входящих в группу «GIR», позволяет не только обеспечить достойную конкуренцию импортируемой продукции, но и развивает ресурсосберегающие технологии в металлургии и целых регионах страны.

Компанией ООО «ГИР-Инжиниринг» проведен детальный анализ рынка вторичного магнезиального сырья Украины, подходящего для производства саморастекающейся подварочной массы. Так, основные шихтовые материалы для разработки и производства массы – это лома периклазовых, периклазоуглеродистых, периклазохромитовых изделий. Подобные материалы представлены на рынке в достаточном количестве, относительно спроса на подварочные массы, а также являются техногенными отходами металлургических предприятий, нуждающимися в утилизации.

На основании доступной отечественной сырьевой базы, специалистами компании ООО «ГИР-Инжиниринг» разработана рецептура саморастекающейся, подварочной, магнезиальной массы марки «GIR-RB-X».

Основными качественными показателями разработанной массы «GIR-RB-X» являются:

– гранулометрический состав; фракции 0–8 мм, подобранный таким образом, чтобы обеспечить

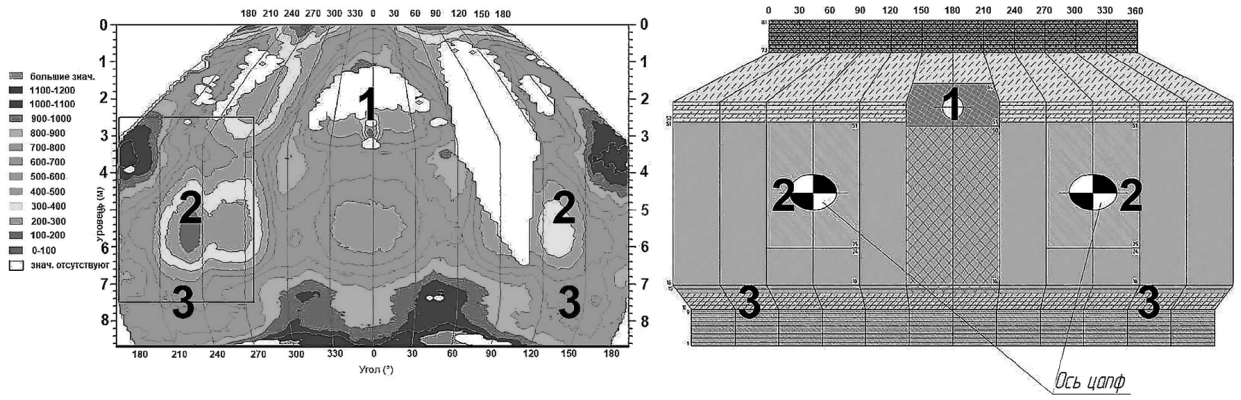

Рис. 1. Зональная футеровка 350-тонного конвертера и пример неравномерности износа: *1* – зона летки; *2* – зоны цапф; *3* – зона нижнего конуса. Цвет на топографии – остаточная толщина футеровки: синий – max, красный – min.

максимально плотную укладку зерновой составляющей после спекания;

– химический состав; содержание MgO 75–85 %мас. (на прокаленное в-во); для обеспечения максимальной эрозионной стойкости после спекания;

– связующие компоненты; смесь органических и неорганических смол, кислот и солей; для обеспечения «жидкоподвижности» массы в заданном интервале температур, регулирования времени спекания, предания заданной механической прочности конгломерату.

Для проверки и оптимизации физико-химических свойств подварочной массы была разработана методика. Агрегатом для проведения экспериментов выступила нагревательная печь роторного типа [11]. Схема и внешний вид экспериментальной установки представлены на рис. 2.

Методика экспериментальных исследований была разделена на три этапа:

– первый этап: подготовка огнеупорных образцов к операции подварки. Расплавление в полости печи шлакометаллической эмульсии. Температура жидкой ванны – 1630 °С. Принудительный износ внутреннего пространства осуществлялся посредством вращения печи вокруг своей оси с частотой 10–12 оборотов/мин. Неравномерность износа внутреннего пространства добивались наклоном печи относительно горизонтальной оси. Продолжительный контакт (3,5 часа) рабочей поверхности со шлакометаллической эмульсией имитировал эрозионный и коррозионный износ периклазоуглеродистого кирпича с инфильтрацией жидких продуктов плавки в огнеупор, что в достаточной степени соответствовало механизмам износа в реальных условиях конвертерной плавки. После предания адекватных реальным свойств рабочей поверхности огнеупоров перешли ко второму этапу – подварка изношенной зоны разработанной массой «GIR-RB-X»;

– второй этап: заполнение ремонтной массой зоны опережающего износа. Перед засыпкой массы в полость печи продукты плавки сливались. Температура рабочего пространства после слива плавки – 1450 °С. Масса подавалась по течке во внутреннее пространство на изношенный участок футеровки.

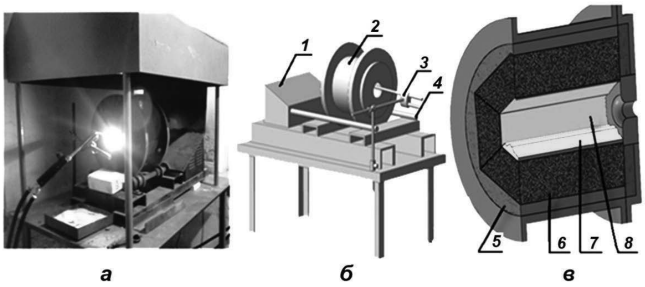

Рис. 2. Общий вид (*а*) и схема установки (*б, в*) экспериментального стенда печи роторного типа: *1* – двигатель; *2* – корпус печи; *3* – газово-кислородная горелка; *4* – приводной вал; *5* – теплоизоляция; *6* – периклазоуглеродистая футеровка (конвертерные огнеупоры); *7* – подварочная масса марки «GIR-RB-X»; *8* – рабочая поверхность огнеупора (пропитка продуктами плавки)

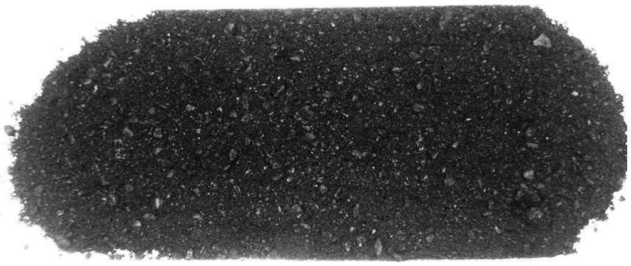

Рис. 3. Навеска магнезиальной ремонтной массы марки «GIR-RB-X» 0,5 кг – экспериментальный образец

Расход массы на операцию – 0,5 кг. На рис. 3 представлен внешний вид навески магнезиальной ремонтной массы марки «GIR-RB-X».

Проверку «подвижности» массы оценивали при вращении печи вокруг горизонтальной оси реверсом в две стороны на 45°. Заполнение изношенного участка происходило равномерно, без преждевременного спекания массы. Затем печь возвращали в исходное положение и выдерживали в течение 15 мин, до полного прогрева навески и спекания (рис. 4, *а*).

Степень адгезии массы после спекания к поверхности оценивали вращением печи вокруг горизонтальной оси. Масса спеклась в плотный монолит с футеровкой, не осыпалась и не отслаивалась;

– третий этап: повторный разогрев печи до рабочей температуры 1630 °С; испытание эрозионной и коррозионной стойкости подварочной массы.

После оценки адгезионных свойств и скорости спекания рабочее пространство повторно разогревалось до температуры конвертерной плавки. При этом в рабочее пространство загружалась новые порции металла и шлака до формирования жидкоподвижной ванны (1/3 внутреннего объема печи) 4–5 кг. Непрерывное вращение печи с шлакометаллической эмульсией продолжалось в течение 1 часа, для имитации эрозионного и коррозионного износа конгломерата подварки. После чего продукты плавки вновь сливались из печи. Внешний вид и остаточное количество подварочной массы после повторного разогрева и износа шлакометаллической эмульсией представлено на рис. 4, *б*.

После качественной оценки поведения подварочной массы, степени ее адгезии к периклазоуглеродистому кирпичу, времени спекания и коррозионно-эрозионной устойчивости печь охлаждали до

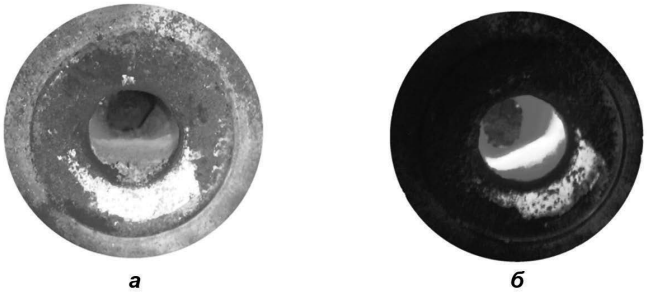

Рис. 4. *а* – равномерное заполнение изношенного участка; *б* – подварка после повторного разогрева и эрозионно-коррозионного износа

комнатной температуры. Производили демонтаж внутренней футеровки и отделение навески спеченной массы от поверхности огнеупора. После механической подготовки образца подварки – конгломерата производили замер прочности при сжатии на лабораторном прессе. В результате данный параметр составил – 38,5 МПа, что в полной мере удовлетворяет производственным требованиям и соответствует показателю зарубежных аналогов. На рис. 5 представлен образец спеченного конгломерата массы марки «GIR-RB-X» после разрушения на прессе.

Рис. 5. Образец конгломерата массы марки «GIR-RB-X»

На рис. 5 видна плотная структура образца подварочной массы, что так же подтверждается количеством крупных фрагментов после разрушения на прессе.

На основании полученных экспериментальных результатов, в период с 01.05 по 10.05.2018 г. на производственной площадке компании ООО «ГИР-Инжиниринг» в условиях ЧАО «КрОЗ» произведена опытная партия магнезиальной подварочной массы марки «GIR-RB-X» в количестве 10 т. Основными компонентами при производстве массы являлось вторичное сырье, то есть отходы металлургического (бой периклазового и периклазоуглеродистого и периклазохромитового кирпича) и огнеупорного производства.

Компания ООО «ГИР-Инжиниринг» располагает специально оборудованной линией для производства сухих смесей, включающей в себя бункерную эстакаду (16 бункеров), шнековую систему подачи и автоматического дозирования, а также смесители принудительного действия типа «Eirich» (рис. 6).

Основные физико-химические показатели магнезиальной подварочной массы марки «GIR-RB-X», опытной партии в количестве 10 т представлены в таблице.

Для удобства использования методом набрасывания на ремонтируемый участок футеровки магнезиальная подварочная масса марки «GIR-RB-X» фасуется в полиэтиленовые мешочки массой 3–5 кг и укладывается в полипропиленовые мягкие контейнеры (МКР) по 0,5–1,0 т в зависимости от требований заказчика.

По состоянию на конец 2018 г. проведены промышленные испытания массы в условиях двух металлургических комбинатов в количестве 3 т на каждом.

Так, в течение июня месяца 2018 г. в условиях ПАО «ДМК» проведены испытания подварочной массы марки «GIR-RB-X» в количестве 3 т на конвертерах емкостью 250 т.

На основании испытаний получены следующие результаты:

– подварочная масса марки «GIR-RB-X» при попадании на футеровку конвертера возгоралась, после выдержки спекалась;

– удельный расход подварочной массы составил 0,089 кг/т, при нормативном – 0,092 кг/т;

– масса марки «GIR-RB-X» рекомендована к использованию в условиях ПАО «ДМК».

В течение декабря месяца 2018 г. в условиях конвертерного цеха ЧАО «МК «Азовсталь» проведены испытания подварочной массы марки «GIR-RB-X» в количестве 3 т на конвертерах емкостью 350 т.

На основании испытаний получены следующие результаты:

– отмечена удовлетворительная адгезия материала к рабочей футеровке; отмечена равномерность образования подварочного конгломерата;

– стойкость подварочного слоя, выполненного с использованием массы марки «GIR-RB-X», составила 30 плавок, что соответствует стойкости базовых поставщиков;

– масса марки «GIR-RB-X» рекомендована к использованию в условиях ЧАО «МК «Азовсталь».

На сегодняшний день компания ООО «ГИР-Инжиниринг» располагает возможностью серийного производства и поставок магнезиальной подварочной массы марки «GIR-RB-X» в количестве 40–50 т в месяц. Основными потребителями магнезиальной подварочной массы марки «GIR-RB-X»предполагаются металлургические предприятия, находящиеся в Донецком и Днепропетровском регионах с конвертерным производством стали. Развитая транспортная сеть позволяет обеспечить доставку продукции на

Основные физико-химические свойства массы марки «GIR-RB-X» согласно НТД ООО «ГИР-Инжиниринг»

Наименование показателя	Норма для марки GIR-RB-X	Методы контроля
1. Массовая доля общей влаги W, % не более	5	ГОСТ 22939.2
2. Гранулометрический состав, мм в пределах	0–8	ДСТУ 3210
3. Массовая доля оксида магния MgO, % не менее	75	ДСТУ 3305.8 (ГОСТ 2642.8)
4. Массовая доля углерода C, % не менее	10	ГОСТ 23581.9
5. Предел прочности при сжатии (после спекания 1600 °C), МПа не менее	35	ГОСТ 4071.1-94

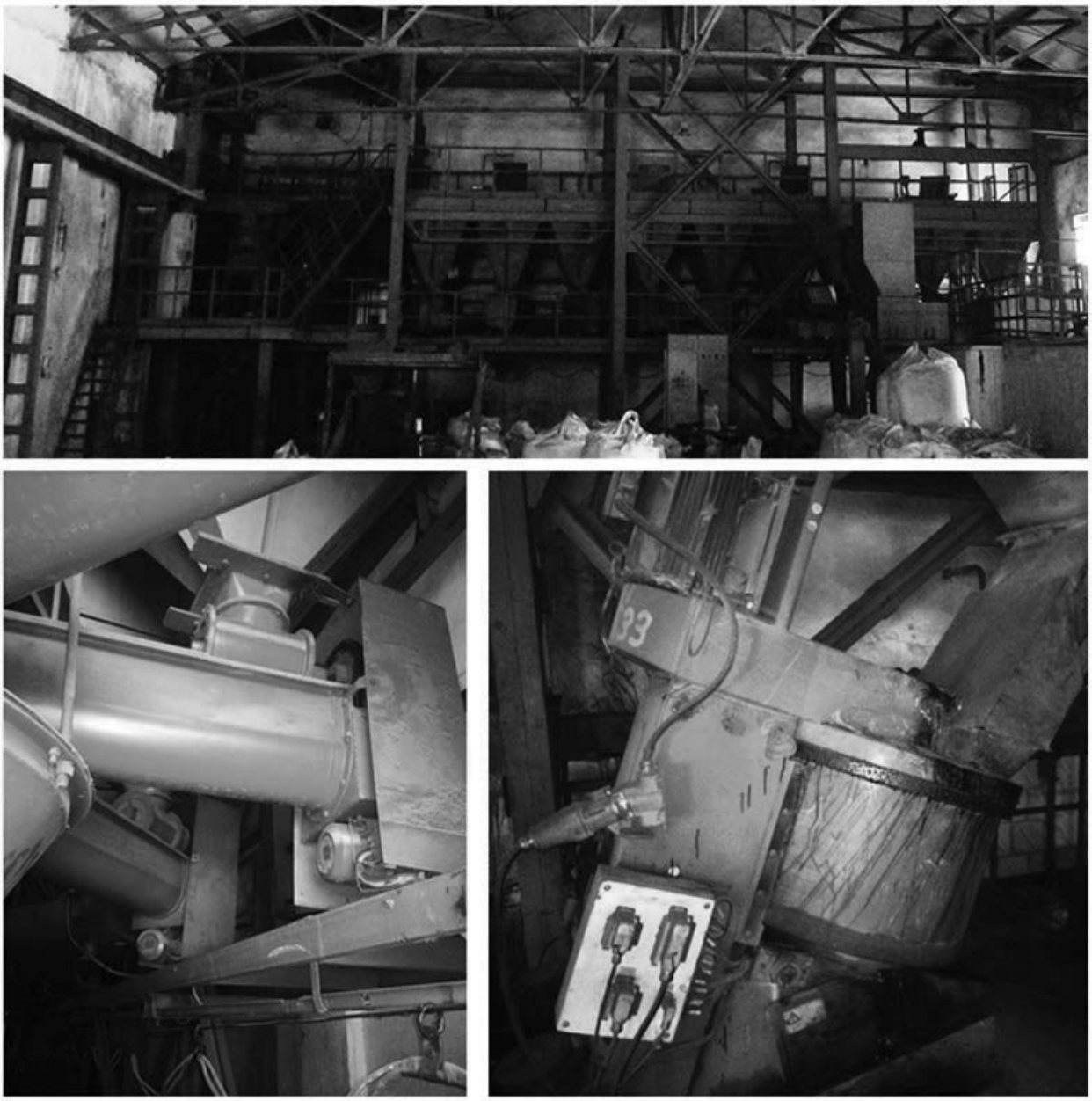

Рис. 6. Технологическая линия компании ООО «ГИР-Инжиниринг» по производству сухих огнеупорных смесей

такие предприятия, как ЧАО «МК «Азовсталь», ПАО «ММК им. Ильича», ПАО «ДМК», ПАО «ДМК им. Петровского», ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» как автомобильным, так и ж/д транспортом, в соответствии с предпочтениями заказчика.

Выводы

1. Выбор оптимальной системы ухода за футеровкой в течение кампании формируется, в конечном счете, из соображений снижения удельных затрат и технологических требований. Одним из наиболее эффективных способов восстановления труднодоступных зон футеровки, подверженных опережающему износу, является горячий ремонт методом подварки, с использованием саморастекающихся, магнезиальных масс.

2. На основании доступной отечественной сырьевой базы, специалистами компании ООО «ГИР-Инжиниринг» разработана рецептура саморастекающейся, подварочной, магнезиальной массы марки «GIR-RB-X».

3. Для проверки и оптимизации физико-химических свойств подварочной массы была разработана методика, включающая три основных этапа:

– подготовка огнеупорных образцов к операции подварки;

– заполнение ремонтной массой зоны опережающего износа (операция подварки);

– испытание эрозионной и коррозионной стойкости подварочной массы.

4. На основании полученных экспериментальных результатов, в период с 01.05 по 10.05.2018 г. на производственной площадке компании ООО «ГИР-Инжиниринг» в условиях ЧАО «КрОЗ» произведена опытная партия магнезиальной подварочной массы марки «GIR-RB-X» в количестве 10 т.

5. По состоянию на конец 2018 г. проведены промышленные испытания массы в условиях ПАО

«ДМК» в количестве 3 т и в условиях ЧАО «МК «Азовсталь» в количестве 3 т. Результаты испытаний – положительны, использование массы рекомендованы, о чем свидетельствуют соответствующие заключения предприятий.

6. На сегодняшний день компания ООО «ГИР-Инжиниринг» располагает возможностью серийного производства и поставок магнезиальной подварочной массы марки «GIR-RB-X» в количестве 40–50 т в месяц.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Смирнов А.Н.* Перспективы развития рынка огнеупоров для сталеплавильного комплекса Украины. *Металлургический компас. Украина – Мир.* 2010. № 4. С. 16–23.
2. *Аксельрод Л.М.* Развитие производства огнеупоров в мире и в России, новые технологии. *Новые огнеупоры.* 2011. № 3. С. 106–120.
3. *Сердюков А.А., Тонкушин А.Ф., Смирнов А.Н.* Современная футеровка для крупных кислородных конвертеров. *Металл и литье Украины.* 2010. № 9–10. С. 4–7.
4. *Аксельрод Л.М., Лаптев А.П., Устинов В.А., Геращук Ю.Д.* Повышение стойкости футеровки конвертеров: огнеупоры, технологические приемы. *Металл и литье Украины.* 2009. № 1–2. С. 9–15.
5. *Немсадзе Г.Г., Шарандин К.Н.* Повышение стойкости футеровки кислородных конвертеров. Монография. – Донецк: GIR-INTERNATIONAL – Норд Пресс, 2014. 135 с.
6. *Смирнов А.Н., Тонкушин А.Ф., Сердюков А.А. Шарандин К.Н.* Повышение стойкости футеровки и совершенствование методов обслуживания современных большегрузных конвертеров. *Бюллетень научно-технической и экономической информации. Черная металлургия.* 2012. № 6. С. 26–30.
7. *Смирнов А.Н., Шарандин К.Н., Лизун А.Ю.* Моделирование элементов процесса нанесения гарнисажного покрытия на рабочий слой футеровки конвертера. *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия.* 2012. № 11. С. 43–48.
8. *Шарандин К.Н.* Технология раздувки конечного шлака азотом в большегрузных конвертерах с использованием магнезиального модификатора. *Металл и литье Украины.* 2018. № 5–6. С. 19–26.
9. *Смирнов А.Н., Лебедев Е.Н., Шарандин К.Н.* Физическое моделирование металла в конвертере с комбинированной продувкой. *Известия вузов. Черная металлургия.* 2010. № 9. С. 23–27.
10. *Смирнов А.Н., Лебедев Е.Н., Шарандин К.Н., Лизун А.Ю., Ухин В.Е.* Физическое моделирование взаимодействия встречных газовых струй при комбинированной продувке в конвертере. *Сборник. Инновационные способы внепечной* обработки стали и чугуна. Донецк, 2011. С. 176–181.
11. *Смирнов А.Н., Немсадзе Г.Г., Шарандин К.Н., Тонкушин А.Ф., Рябый Д.В., Лизун А.Ю.* Роторная печь для сравнительной оценки эрозионной стойкости огнеупорных изделий тепловых агрегатов. *Новые огнеупоры.* 2018. № 4. С. 145–148.

Поступила 18.07.2019

REFERENCES

1. *Smirnov, A.N.* (2010). Prospects for the development of the refractory market for the steel-smelting complex of Ukraine. *Metallurgical compass. Ukraine – World,* no. 4, pp. 16–23 [in Russian].
2. *Axelrod, L.M.* (2011). Development of refractory production in the world and in Russia, new technologies. *New refractories,* no. 3, pp. 106–120 [in Russian].
3. *Serdyukov, A.A., Tonkushin, A.F., Smirnov, A.N.* (2010). Modern lining for large oxygen converters. *Metall i lit'e Ukrainy*, no. 9–10, pp. 4–7 [in Russian].
4. *Axelrod, L.M., Laptev, A.P., Ustinov, V.A., Gerashchuk, Yu.D.* (2009). Increasing the durability of converters lining: refractories, technological methods. *Metall i lit'e Ukrainy*, no. 1–2, pp. 9–15 [in Russian].
5. *Nemsadze, G.G., Sharandin, K.N.* (2014). Increasing the durability of the lining of oxygen converters. Monograph. Donetsk: GIR-INTERNATIONAL – Nord Press, 135 p. [in Russian].
6. *Smirnov, A.N., Tonkushin, A.F., Serdyukov, A.A. Sharandin, K.N.* (2012). Improving the durability of the lining and improving the methods of servicing modern heavy-duty converters. *Bulletin of scientific, technical and economic information. Ferrous* metallurgy, no. 6, pp. 26–30 [in Russian].
7. *Smirnov, A.N., Sharandin, K.N., Lizun, A.Yu.* (2012). Simulation of elements of the skimming process on the working layer of the converter lining. *Proceedings of higher educational institutions. Ferrous metallurgy,* no. 11, pp. 43–48 [in Russian].
8. *Sharandin, K.N.* (2018). The technology of blowing out the final slag with nitrogen in large-scale converters using a magnesian modifier. *Metall i lit'e Ukrainy,* no. 5–6, pp. 19–26 [in Russian].
9. *Smirnov, A.N., Lebedev, E.N., Sharandin, K.N.* (2010). Physical modeling of metal in converter with a combined purge. *News of universities. Ferrous metallurgy,* no. 9, pp. 23–27 [in Russian].

10. *Smirnov, A.N., Lebedev, E.N., Sharandin, K.N., Lizun, A.Yu., Ukhin, V.E.* (2011). Physical modeling of the interaction of oncoming gas jets during combined purge in the converter. *Collection. Innovative ways of secondary treatment of steel and cast iron.* Donetsk, pp. 176–181 [in Russian].
11. *Smirnov, A.N., Nemsadze, G.G., Sharandin, K.N., Tonkushin, A.F., Riabyi, D.V., Lizun, A.Yu.* (2018). Rotary kiln for comparative evaluation of erosion resistance of refractory products of thermal units. *New refractories,* no. 4, pp. 145–148 [in Russian].

Received 18.07.2019

Анотація

Г.Г. Немсадзе[3], голова наглядової ради, e-mail: ngg@gir.ua
О.М. Смірнов[1], д-р техн. наук, проф., пров. наук. співр., e-mail: stalevoz@i.ua, https://orcid.org/0000-0001-5247-3908
Р.А. Джоджуа[3], директор зі стратегії та розвитку, e-mail: rad@gir.ua
К.М. Шарандін[2], ген. директор, e-mail: sharandin@gir.ua
Д.М. Рябий[2,1], зам. ген. директора, e-mail: dmitriy.ryabyi@gir.ua

[1]Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ, Україна
[2]ТОВ «ГІР-Інжінірінг», Дніпро, Україна
[3]ПАТ «ЗНВКІФ «GIR», Київ, Україна

Вдосконалення технології гарячого ремонту футерівки конвертера з використанням розробленої магнезіальної маси марки «GIR-RB-X»

Виконано аналіз методів гарячого ремонту ділянок випереджаючого зносу робочої, периклазовуглецевої футерівки конверторів методом підварювання. Розроблено методику оцінки якості магнезіальної, підварювальної маси, що розтікається, на лабораторній печі роторного типу, що не має аналогів в Україні. Розроблена методика дозволяє досягти високого рівня достовірності отриманих результатів, що дозволяє перенести отриманий досвід на промислові умови, при порівняно низьких енерговитратах і високою безпекою у порівнянні з проведенням експериментів в реальному металургійному агрегаті.
За результатами лабораторних досліджень розроблено ремонтну, підварювальну масу, яка розтікається, марки «GIR-RB-X», на основі вторинної, вітчизняної сировини, що дозволяє ефективно відновлювати ділянки вогнетривкої футерівки конвертера, схильні до випереджаючого зносу, продовжити його робочу кампанію і тим самим знизити питомі витрати на виробництво сталі.
Проведено промислові випробування магнезіальної, ремонтної маси, що розтікається, на футерівках великовантажних конверторів в умовах металургійних підприємств ПАТ «ДМК» і ПрАТ «МК «Азовсталь». Результати випробувань свідчать про високу конкурентоспроможність розробленої маси в порівнянні із зарубіжними аналогами, а також гнучкість розробленої підварювальної маси до різних умов експлуатації конвертера.
Компанією ТОВ «ГІР-Інжініринг» організовано серійне виробництво підварювальної маси, що розтікається, марки «GIR-RB-X» на виробничих потужностях ПАТ «КрОЗ» із застосуванням високотехнологічної лінії компанії «Eirich» і автоматики компанії «Siemens», що дозволяє досягти високої якості готової продукції.

Ключові слова

Конвертер, футерівка, магнезіальна маса, роторна піч, адгезія, стійкість, периклазовуглецева футерівка, гарячий ремонт.

G.G. Nemsadze[3], Head of the Supervisory Board, e-mail: ngg@gir.ua
A.N. Smirnov[1], Dr. Sci. (Engin.), Professor, Leading Researcher, e-mail: stalevoz@i.ua, https://orcid.org/0000-0001-5247-3908
R.A. Dzhodzhua[3], Director for Strategy and Development, e-mail: rad@gir.ua; **K.N. Sharandin**[2], CEO, e-mail: sharandin@gir.ua;
D.V. Ryabyi[2,1], Deputy Director, e-mail: dmitriy.ryabyi@gir.ua

[1]Physico-technological Institute of Metals and Alloys of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
[2]LLC GIR-Engineering, Dnipro, Ukraine
[3]PJSC "CUVCIF "GIR", Kyiv, Ukraine

Improvement of the technology of the hot repair of the converter lining with the use of the developed magnesium mass "GIR-RB-X"

Summary

The analysis of methods of hot repair of areas of advanced wear of working, periclase-carbon lining of converters by a method of welding is carried out. The technique of estimation of quality of self-flowing, magnesian, welding mass on laboratory furnace of rotor type, which has no analogues in Ukraine is developed. The developed technique allows reaching high level of reliability of the received results that allows transferring the received experience on industrial conditions, at rather low power inputs and high safety in comparison with carrying out of experiments in the real metallurgical unit.
According to the results of laboratory researches the repair, self-flowing, cellar mass of "GIR-RB-X" brand is developed, on the basis of secondary, domestic raw materials, allowing to restore effectively the areas of refractory lining of the converter, which are subject to advanced wear and tear, to prolong its working campaign and thereby to reduce specific costs for steel production.
Industrial tests of self-flowing, magnesium and repair masses were carried out on heavy-duty converter linings at metallurgical enterprises of PJSC "DMK" and PJSC "Azovstal Iron and Steel Works". The results of the tests testify to the high competitiveness of the developed mass in comparison with foreign analogues, as well as the flexibility of the developed welding mass to different operating conditions of the converter.
GIR-Engineering LLC organized serial production of self-flowing repair mass of "GIR-RB-X" brand at the production facilities of PJSC "KrOZ" with the use of high-tech line of "Eirich" company and automatics of "Siemens" company, which allows to achieve high quality of finished products.

Keywords

Converter, lining, magnesium mass, rotary furnace, adhesion, durability, periclase-carbon lining, hot repair.