К. т. н. **А. В. Кушнарёв,** к. т. н. **Э. А. Вислогузова** (✉)**, К. В. Миронов, Е. Н. Баранов**

ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат», г. Нижний Тагил, Россия

УДК 666.762.11.044.28:669.162.266.22.043.1

ОГНЕУПОРЫ ДЛЯ ФУТЕРОВКИ ЖЕЛОБОВ ЛИТЕЙНЫХ ДВОРОВ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ

Показано изменение стойкости футеровки желобов доменных печей в условиях уникальной технологии выплавки чугуна из ванадий-титаносодержащих руд.

Ключевые слова: *ванадий, титан, футеровка, главный желоб, стойкость, удельный расход огнеупоров.*

Нижнетагильский металлургический комбинат (ЕВРАЗ НТМК) является уникальным предприятием в России, занимающимся переработкой ванадий- и титаносодержащих магнетитов. Металлургические особенности технологии выплавки чугуна и стали из такого сырья подробно изложены в публикации [1]. В настоящее время металлурги комбината достигли высоких показателей работы доменных печей при выплавке ванадиевого чугуна, а также при его переработке на сталь и ванадиевый шлак в кислородных конвертерах дуплекс-процессом [2].

Немаловажную роль в организации стабильной работы как доменных печей, так и конвертеров играют тщательный подбор огнеупоров для службы в жестких условиях эксплуатации и их надежная стойкость в футеровке.

В доменном производстве это касается в первую очередь футеровки желобов доменных печей, через которые чугун и шлак транспортируются в соответствующие емкости. При низкой стойкости футеровки желобов и необходимости затрачивать значительное количество времени на их перефутеровку нарушается график выпуска чугуна, вплоть до остановки или перевода печи на «тихий ход». Неравномерный характер работы доменной печи способствует условиям восстановления титана и кремния, а в присутствии карбидов и оксикарбонитридов титана резко повышается вязкость чугуна и особенно шлака, обусловливая нарастание тугоплавких (> 3000 °С) гренералей как внутри печи, так и на футеровке желобов. С одной стороны, наличие гренералей как защиты футеровки от износа чугуном и шлаком играет положительную роль, но только в случае равномерного покрытия футеровки. Фактически образование гренералей в желобах происходит «грибообразно» на уровне или выше шлаковой зоны футеровки и очень неравномерно как по массе, так и по высоте и длине желоба. Это приводит к нарушению геометрии профиля канала желоба, появляются завихрения потоков, сокращается полезный объем желоба, шлак и чугун не успевают разделяться, обусловливая повышенные потери чугуна со шлаком. При замене футеровки вместе с гренералями из-за их высокой адгезии к огнеупору приходится удалять значительную толщину рабочего слоя футеровки желоба, повышая этим удельный расход огнеупоров.

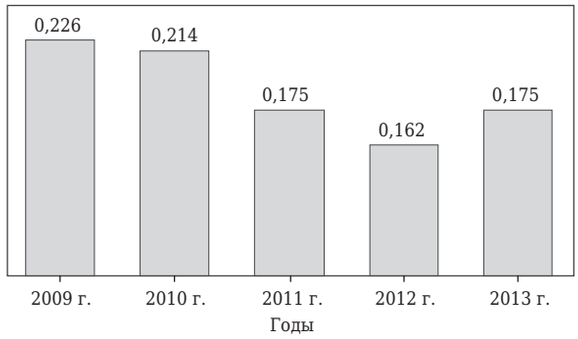
С другой стороны, присутствие оксидов ванадия в сырье обусловливает при его переработке образование нескольких валентностей ванадия и, соответственно, разные свойства оксидов в шлаке. Из четырех оксидов ванадия наиболее вероятными и устойчивыми являются V_2O_3 и V_2O_5 с температурой плавления 1967 и 675 °С соответственно. Присутствие V_2O_5 на границе раздела фаз огнеупор – шлак – металл, является особенно негативным для стойкости футеровки, особенно при высоком парциальном давлении кислорода, характерном в первую очередь для конвертерного процесса. Но и в доменном производстве оксид на границе огнеупор – расплав снижает вязкость чугуна и шлака, а с компонентами футеровки образует легкоплавкие ванадаты. Еще одной отрицательной стороной ванадийсодержащего расплава является его повышенная агрессивность по отношению к огнеупору за счет содержания Mn, который образует целый ряд легкоплавких соединений с кремнием, а в шлаке MnO активно реагирует с компонентами огнеупора. В совокупности воздействие разных составляющих чугуна и шлака обусловливает неравномерный износ футеровки желоба как по

✉
Э. А. Вислогузова
E-mail: Emilia.Visloguzova@evraz.com

ширине, так и по высоте. Максимальный износ наблюдается в шлаковом поясе, иногда выше его, при колебаниях уровня чугуна в желобе, а минимальный — ниже постоянного уровня чугуна и на днище желоба.

НТМК первым в России начал реконструкцию литейных дворов и первым получил впечатляющие результаты. На момент реконструкции было 5 доменных печей и 10 желобов, ремонт которых производился практически каждый день по одному желобу с полным удалением первоначально набивной массы, а затем набивкой новой. В настоящее время после проведения реконструкции в эксплуатации цеха остались 2 печи и 4 желоба. Широкомасштабная реконструкция доменных печей и литейных дворов, проведенная комбинатом, явилась основой для разработки и внедрения новых огнеупорных материалов и технологий их использования, наиболее адаптированных к условиям доменного цеха НТМК.

Тот, кто видел старый литейный двор, тот навсегда запомнит внешний вид горновых и их помощников, одежда которых и открытые участки тела практически были покрыты угольной пылью, графитом, пеком. Используемые набивные канцерогенные массы на основе кокса и пековой связки обеспечивали стойкость от ремонта до ремонта 8–14 тыс. т пропуска чугуна. Каждый желоб ремонтировали по 30–35 раз в год. Удельный расход масс составлял 2,0 кг/т чугуна. Позднее стали использовать набивные алюмосодержащие массы, что позволило увеличить стойкость до 30–50 тыс. т пропуска чугуна через желоб с применением промежуточного горячего ремонта методом торкретирования. За счет неоднократного торкретирования рабочего слоя в среднем через каждые 40 тыс. т пропущенного через желоб чугуна стойкость футеровки желоба до полной замены составила 450–560 тыс. т. Удельный расход массы снизился до 0,56–0,65 кг/т чугуна. Но наилучшие результаты были получены при внедрении наливных бетонных масс. Новым технологическим моментом стало использование тиксотропных высокоглиноземистых низкоцементных масс, на основе которых формировалась футеровка с применением шаблона и вибраторов. Основу масс составлял боксит или плавленый корунд с добавкой карбида кремния на связке из высокоглиноземистого цемента. Кокс, пек и фенольные смолы больше не использовали на литейных дворах. В процессе эксплуатации было отмечено, что массы на плавленом корунде, как белом, так и коричневом, имеют более высокие показатели эксплуатации, чем желобные бетоны на основе



Удельный расход огнеупоров для футеровки главных желобов, кг/т чугуна

обожженного боксита; в этой связи такие массы перестали использовать. С учетом всех этих негативных факторов, возникающих при переработке ванадий- и титаносодержащего сырья, огнеупоры для футеровки, контактирующей с продуктами плавки, подбирали с наименьшим количеством оксидов железа, кремния и кальция, которые активно вступают во взаимодействие с оксидами ванадия и марганца.

Для обеспечения стабильной работы печей после внедрения наливных бетонных масс была изменена логистика ремонта. В настоящее время после пропуска 250–300 тыс. т чугуна первоначально залитый бетон не удаляется, рабочий слой футеровки зачищается от скрапа и тех участков, которые мешают восстановлению профиля желоба для установки того же шаблона, который использовали при первоначальной заливке массы. После этого производится подливка изношенного слоя этим же бетоном до первоначального профиля, и после соответствующей термообработки желоб вновь эксплуатируется. Таких операций проводится 2–3 за период эксплуатации желоба, т. е. до момента полного удаления бетонной футеровки из желоба. От операций периодического планового торкретирования отказались, поскольку массы для торкретирования содержали значительное количество воды, а нанесенный торкрет-слой не был устойчив к абразивному износу в той же мере, что и бетон.

При применении новых огнеупорных наливных бетонов стабильно была достигнута стойкость до 250 тыс. т пропуска чугуна до первой подливки. В настоящее время она увеличилась до 300 тыс. т, а от ремонта до ремонта по желобу проходит 850–900 тыс. т чугуна, максимально — около 1 млн т. Продолжительность эксплуатации желоба увеличилась до 8–9 мес с кратковременными остановками на восстановительный ремонт методом подливки в среднем через 2,5–3,0 мес. Это положительно сказалось на цикличности эксплуа-

тации главных желобов, которые длительное время наполнены расплавом, обеспечивая постоянную требуемую по условиям эксплуатации температуру футеровки и кожуха желобов.

За счет усовершенствования параметров технологии производства чугуна, снижения до минимума длительности продувки доменных печей, изменения геометрии и металлоконструкций желобов, подбора качественных масс для футеровки элементов литейных дворов, внедрения другой логистики и качества проводимых ремонтов желобов и других новшеств было достигнуто снижение удельного расхода огнеупорных материалов. Динамика изменения удельного расхода огнеупорных материалов на главных желобах за последние 5 лет показана на рисунке.

Специалисты комбината продолжают разрабатывать новые методы усовершенствования огнеупорных материалов для доменного производства. В настоящее время акцент делается на повышение стойкости футеровки укрытий, качающихся ванн и леточных масс.

Библиографический список

1. ***Смирнов, Л. А.*** Конвертерный передел ванадиевого чугуна / *Л. А. Смирнов, Ю. А. Дерябин, С. К. Носов* [и др.]. — Екатеринбург : Среднеуральское кн. изд-во, 2000. — 523 с.

2. ***Смирнов, Л. А.*** Разработка и развитие передела ванадийсодержащих чугунов кислородно-конвертерным процессом / *Л. А. Смирнов, А. В. Кушнарёв, М. С. Фомичёв* [и др.] // Сталь. — 2013. — № 9. — С. 32–36. ■

Получено 13.03.14
© А. В. Кушнарёв, Э. А. Вислогузова, К. В. Миронов, Е. Н. Баранов, 2014 г.

Представительство Promat GmbH
Департамент «Высокотемпературная изоляция»
Россия, 115477, Москва, ул. Кантемировская, 58
телефон: + 7 495 411 6007, факс: + 7 495 231 7977
Интернет: www.promat.ru, E-mail: hpi@promat.ru

Promat
High Performance Insulation

РЕКЛАМА

УНИКАЛЬНЫЕ МИКРОПОРИСТЫЕ ПЛИТЫ STEELFLEX ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ

Достоинства применения в стальковшах:
- Обладает теплопроводностью в 5 раз меньшей любых известных теплоизоляционных материалов;
- Не выгорает и не даёт усадку на всём интервале применения;
- Постоянство теплофизических свойств на всём интервале работы стальковша, т.е. температура на обечайке ковша 1-й и последней плавки будут одинаковые;
- Бережно сохраняет электроэнергию и минимизирует затраты;
- Увеличивает объём стальковша;
- Значительно снижает температуру оболочки стальковша;
- Снижает температуру поступающего расплава;
- Увеличивает стойкость рабочего и арматурного слоя;
- Снижает скорость остывания стали;
- Уменьшение времени на ремонты;
- Является защитным барьером в случае прохода металла.

Выпускаемая продукция:
- Микропористая теплоизоляция;
- Керамоволокнистые и поликристаллические плиты, картон, маты, модули и бумага;
- Плиты из силиката кальция;
- Огнеупорный легковесный кирпич;
- Огнеупорный клей для склеивания любых поверхностей;
- Высокотемпературные крепёжные системы;
- Жаропрочные бетоны, ткани, ленты, шнуры;
- Фасонные изделия по чертежам заказчика;
- Отвердители и различного рода покрытия;
- Теплоизоляционные материалы для алюминиевой и стекольной промышленности;
- Подготовка проектов теплоизоляции агрегатов;
- Бесплатная доставка каталогов и образцов.

Приглашаем Вас оценить все достоинства эффективного применения продукции PROMAT:
Виртуальный калькулятор расчёта температуры на холодной стенке
http://www.microthermgroup.com/high/EXEN/site/calculator.aspx
Ищем партнеров для развития дистрибьюторской сети в регионах.