

Л. Р. Кочергина (✉), С. В. Шевченко, Б. А. Сарычев

ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат»,
г. Магнитогорск, Россия

УДК 66.044.28:[621.746.329:66.043.1

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ШОТКРЕТИРОВАНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОЧЕГО СЛОЯ ФУТЕРОВКИ СТАЛРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНОГО ЦЕХА ПАО ММК

Описан метод шоткретирования сталеразливочных ковшей в условиях кислородно-конвертерного цеха (ККЦ) ПАО ММК. Испытания проведены в период 2018–2020 гг. Результаты проведенной работы: выявление параметров эксплуатации, влияющих на износ рабочего слоя футеровки сталеразливочных ковшей, находящейся под шоткрет-слоем; перспективность направления работы по поддержанию футеровки методом шоткретирования для уменьшения износа рабочего слоя футеровки и, как следствие, повышение стойкости сталеразливочных ковшей ККЦ ПАО ММК.

Ключевые слова: сталеразливочный ковш, рабочий слой футеровки, стойкость футеровки, метод шоткретирования, шоткрет-слой.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема повышения стойкости футеровки сталеразливочных ковшей является актуальной в перечне наиболее значимых. В настоящее время технологии по уходу и восстановлению рабочей поверхности футеровки сталеразливочных ковшей в условиях ПАО ММК не применяются. Футеровку сталеразливочных ковшей выполняют из периклазоуглеродистых термообработанных изделий без применения кладочных растворов, т. е. насуху. В процессе эксплуатации зоны футеровки сталеразливочных ковшей подвергаются износу. Чаще всего износ футеровки стен происходит из-за термических и коррозионных процессов. Принцип износа футеровки сталеразливочных ковшей заложен в технологии их эксплуатации: периоды пребывания металла в сталеразливочном ковше чередуются с периодами простоя ковша без металла, что является причиной значительной знакопеременной термической нагрузки. Кроме того, качество огнеупорного материала, из которого изготовлено изделие, влияет на характер износа футеровки. Углеродсодержащий огнеупор практически не смачивается шлаком и металлом. Однако в процессе

предварительного разогрева футеровки перед эксплуатацией, а также в периоды межплавочных простоев происходит окисление углерода, и поверхностная структура огнеупора приобретает повышенную пористость — возрастают количество и размер пор, в которые активно проникает шлак, подвергая огнеупор коррозионному износу. Наиболее остро проблема износа футеровки сталеразливочных ковшей проявляется в кислородно-конвертерном цехе (ККЦ) ММК. Напряженная производственная программа, высокие требования к качеству стали создают жесткие условия эксплуатации сталеразливочных ковшей. Кроме того, технология ковшевой доводки стали, когда из конвертера выпускается полупродукт, переносит всю тяжесть технологического процесса в ковш, увеличивая таким образом нагрузку на футеровку и снижая ее стойкость. Замедлить процесс окисления углерода в структуре огнеупора можно, используя технологию нанесения на футеровку защитного слоя. В данном случае применение технологии шоткретирования может рассматриваться как один из вариантов.

Проведение испытаний технологии шоткретирования футеровки сталеразливочных ковшей было направлено на оценку соответствия бетонного материала предлагаемого типа по адгезии, термостойкости, шлако- и металлоустойчивости, а также эффективности применения шоткретирования для снижения скорости износа огнеупоров и повышения стойкости футеровки. Принцип нанесения защитного слоя должен был удовлетворять нескольким требованиям:



Л. Р. Кочергина
E-mail: kochergina.lr@mmk.ru

- снижение трудоемкости — незначительная доля ручного труда при приготовлении рабочей смеси и ее нанесении;

- повышение оперативности — подготовка футеровки для шоткретирования, собственно шоткретирование, длительность сушки и разогрева;

- повышение технологичности — адгезия материала при нанесении на рабочую поверхность, смывание (скалывание) шоткрет-слоя в процессе эксплуатации.

Для проведения испытаний был выбран материал из низкоцементного огнеупорного бетона на основе табулярного глинозема и специальных добавок, в том числе алюмомagneзистой шпинели. Кроме того, в процессе приготовления рабочего раствора шоткрет-бетона в его состав дополнительно вводили высокомолекулярный связующий компонент для улучшения прочностных и адгезионных характеристик защитного слоя. Испытания проводили на сталеразливочных ковшах с разной степенью износа футеровки.

Принципиальная особенность технологии шоткретирования — применение ее только при выполнении футеровки на холодном ремонте или восстановлении на горячем. В отличие от полусухого или факельного торкретирования нанесение шоткрет-слоя может производиться только на холодную рабочую поверхность. Для приготовления бетонной смеси использовали специальное оборудование компании Seven Refractories (рис. 1). Бетоносмеситель REED 2200 предназначен для приготовления готовой смеси путем смешивания сухого материала с водой и подачи ее в бетононасос SCWING SP 500. Мощность бетоносмесителя позволяет транспортировать бетонную смесь



Рис. 1. Процесс нанесения шоткрет-слоя на поверхность сталеразливочного ковша

на большие расстояния и высоту. Водозатворение сухого шоткрет-бетона производилось в смесителе. При подаче насосом в распылительную фурму происходило дополнительное смешивание готового шоткрет-бетона и жидкого отвердителя.

Для улучшения адгезионных свойств шоткрет-бетона с поверхности футеровки ковша был удален рабочий слой, пропитанный шлаком. Нанесение шоткрет-слоя проводили с небольшими перерывами (не более 10 мин), необходимыми для проведения организационных мероприятий. Шоткрет-бетон наносили слоями до образования на поверхности кладки ровного сплошного бетонного покрытия, через которое кирпичная кладка почти не просматривалась. Отскок массы не превышал 10 % и в среднем составил 5 % (см. рис. 1). Оценочным показателем достаточности шоткретирования служило сползание массы с наносимого участка. Сползание происходило при длительном нанесении массы на локальный участок и образовании слоя большой толщины (> 60 мм). Оптимальной была признана толщина слоя от 30 до 50 мм.

Увеличение длительности ремонтного простоя сталеразливочного ковша вследствие увеличения числа ремонтных операций (удаление отработавшей и выполнение новой футеровки шлакового пояса и дна, нанесение шоткрет-слоя на рабочую поверхность) в дальнейшем было компенсировано увеличением длительности кампании и повышением стойкости. Наличие на рабочей поверхности футеровки бетонного слоя не потребовало дополнительного времени на сушку и разогрев. Процесса трещинообразования, а также отслоения и осыпания шоткрет-слоя во время сушки и разогрева не отмечено. При эксплуатации сталеразливочных ковшей с нанесенным шоткрет-слоем получен положительный результат. Наилучший эффект получен при применении шоткрет-бетона на уровне контакта футеровка – металл. На уровне футеровка – шлак нанесенного защитного слоя после эксплуатации обнаружено не было (рис. 2). При визуальной оценке состояния шоткрет-слоя на рабочем слое футеровки сталеразливочных ковшей отмечена его монолитная структура без сколов и трещин. Остаточная толщина шоткрет-слоя составила до 15 мм. Отмечена достаточно высокая адгезия защитного бетонного слоя. Поверхность рабочего слоя футеровки под бетонным покрытием была обезуглерожена не более чем на 5 мм и имела плотную структуру (рис. 3).

В условиях ККЦ ММК технология эксплуатации серийно применяемых изделий в сталеразливочных ковшах предусматривает выполнение одного горячего ремонта, во время которого производится замена рабочего слоя футеровки шлакового пояса и дна. Высокая скорость износа рабочего слоя футеровки шлакового пояса

— от 2,3 до 3,3 мм/плавку, дна — от 4,1 до 5,1 мм/плавку — выступает в роли ограничителя длительности эксплуатации. В свою очередь, степень износа рабочего слоя футеровки стен не позволяет производить второй ремонт. Согласно проведенным испытаниям технологии шоткретирования рабочего слоя футеровки сталеразливочных ковшей в условиях ККЦ ММК получена возможность снизить скорость износа футеровки стен и произвести второй горячий ремонт. За счет этого достигнуто увеличение стойкости более чем на 30 % — от 85 плавов (за 5 мес 2018 г.) до 124 плавов (среднее значение по испытаниям). Анализ технологической эффективности использования шоткретирования выявил снижение скорости износа футеровки сталеразливочных ковшей. Так, до первого горячего ремонта скорость износа футеровки составила 1,24 мм/плавку. После первого шоткретирования, проведенного на первом горячем ремонте, отмечено снижение скорости износа до 1 мм/плавку, после второго шоткретирования — до 0,8 мм/плавку.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение технологии шоткретирования является одним из перспективных направлений повышения стойкости футеровки тепловых агрегатов независимо от качества материала поверхности. Для каждого типа футеровки можно подобрать шоткрет-покрытие, наиболее удовлетворяющее требованиям технологии эксплуатации конкретного теплового агрегата. Технология нанесения шоткрет-бетона предусматривает наличие специального оборудо-

вания. Наносимый материал характеризуется высокими адгезионными свойствами. Технология применения предусматривает выведение агрегата из эксплуатации, полное охлаждение футеровки, зачистку футеровки от поверхностного слоя, пропитанного продуктами технологического процесса. Однако все эти дополнительные операции компенсируются последующим увеличением длительности эксплуатации тепловых агрегатов и повышением стойкости футеровки. ■

Получено 30.08.20

© Л. Р. Кочергина, С. В. Шевченко,
Б. А. Сарычев, 2020 г.



Рис. 2. Визуальная оценка состояния шоткрет-слоя в процессе эксплуатации



Рис. 3. Футеровка сталеразливочного ковша с нанесенным шоткрет-слоем после эксплуатации (124 плавки)