

УДК 669.1

Кузнецов М.С., Гареев Р.Р., Михеев А.Е.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ ФУТЕРОВКИ РАБОЧЕГО СЛОЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА АО «УРАЛЬСКАЯ СТАЛЬ»

Аннотация. Огнеупоры играют важнейшую роль в металлургическом производстве. От продолжительности между ремонтных периодов зависит эффективность работы основных агрегатов. Постоянно усложняющийся сортамент выплавляемых сталей ухудшает условия службы футеровки дуговых сталеплавильных печей, сталеразливочных и промежуточных ковшей. В статье рассмотрены проблемы снижения уровня стойкости футеровки рабочего слоя сталеплавильных печей, сталеразливочных и промежуточных ковшей ЭСПЦ АО «Уральская Сталь» в период внедрения и освоения новых технологий выплавки, обработки и разлива стали и пути их решения. Выплавка стали в ЭСПЦ производится в двух гибких модульных печах проектной вместимостью по 140 т каждая. Внепечная обработка стали производится на двух двухпозиционных агрегатах комплексной обработки стали типа «ковш-печь» (УКП) и двухпозиционном камерном выкувателе (УВС). В цехе эксплуатируются две МНЛЗ: одноручьевая слябовая и четырехручьевая комбинированная (блумовая). Технологии применения современных видов огнеупорных материалов и изделий в сталеплавильном производстве осваиваются параллельно совершенствованию технологии выплавки и внепечной обработки стали, следствием чего является постоянно возрастающие требования сталеплавильщиков к качественным и эксплуатационным свойствам огнеупоров.

Ключевые слова: футеровка, стойкость, гибкая модульная печь, технология, магнезиальный флюс, стальковш, вакуумирование, торкретирование, промковш, разлива, серийность.

Введение

Одним из основных направлений технического развития в сталеплавильном производстве металлургического предприятия является повышение эффективности применения огнеупорных изделий и материалов. Актуальность реализации мероприятий в данном направлении обусловлена необходимостью снижения удельных затрат на огнеупоры и увеличения производительности сталеплавильных агрегатов в условиях постоянного повышения требований к качеству выплавляемой стали. В свою очередь, для повышения качества стали совершенствуются действующие и осваиваются новые технологические методы и режимы выплавки, внепечной обработки и разлива стали, что приводит к ужесточению условий эксплуатации огнеупорных материалов и изделий.

В связи с этим на АО «Уральская Сталь» был реализован ряд мероприятий по внедрению в сталеплавильном производстве современных технологий применения и эксплуатации огнеупорных материалов и изделий. В данной статье рассмотрены основные мероприятия по использованию огнеупоров в электросталеплавильном цехе в последнее время и результаты их реализации.

Футеровка гибких модульных печей электросталеплавильного цеха

Электросталеплавильный цех АО «Уральская Сталь» характеризуется высоким уровнем технологического оснащения. Выплавка стали в ЭСПЦ производится в двух гибких модульных печах проектной вместимостью по 140 тонн каждая. Внепечная обработка стали производится на двух двухпозиционных агрегатах комплексной обработки стали

типа «ковш-печь» (УКП) и двухпозиционном камерном выкувателе (УВС). В цехе эксплуатируются две МНЛЗ: одноручьевая слябовая и четырехручьевая комбинированная (блумовая).

Гибкая модульная печь характеризуется эркерным выпуском металла и возможностью работы в режимах FMF (до 100% жидкого чугуна) и EAF (классической печи переменного тока). Использование новых технологий выплавки стали в условиях гибкой модульной печи подразумевало использование новых высокостойких огнеупорных изделий и материалов в совокупности с увеличением толщин футеровки рабочего слоя печи по элементам.

С марта 2019 года началось освоение новой технологии выплавки стали в модернизированных печах. Однако интенсификация процессов выплавки и доводки металла в новой печи на этапе освоения новых технологий не позволила в полной мере достичь поставленных задач по необходимому уровню стойкости. При этом также отмечались отклонения от гарантийных показателей по технологическим параметрам выплавки. При заданных параметрах производства наблюдалось нарушение процесса шлакообразования, что в свою очередь приводило к отклонениям параметров работы печи от планируемых и невозможности своевременного обслуживания футеровки печи.

В данных условиях специалистами предприятия были проведены работы по повышению стойкости отдельных элементов и футеровки печей в целом. В результате проведенных работ к марту 2020 года удалось подобрать оптимальный режим шлакообразования и состав металлошихты. За счет внедренных корректировок технологии производства стали, выполнения футеровки рабочего слоя, а также актуализации регламента по обслуживанию футеровки и проведению ее ремонтов удалось увеличить стойкость футеровки печи с 600–650 до 760–800 плавов. При этом

усредненный удельный расход огнеупорных материалов ГМП составил:

- изделий (на выполнение рабочего слоя футеровки стен и шлакового пояса и на промежуточный ремонт) – 1,3 кг/т стали;
- набивных масс (на выполнение рабочего слоя футеровки и обслуживание подины) – 1,7 кг/т стали;
- торкрет-массы (на межплавочное обслуживание футеровки стен) – 1,2 кг/т стали;
- ремонтной массы (на межплавочные ремонты откосов) – 2,1 кг/т стали.

В настоящее время специалистами АО «Уральская Сталь» проводятся дальнейшие исследования, направленные на увеличение стойкости футеровки и снижение удельных показателей по расходу огнеупоров ГМП. Одним из приоритетных курсов в данном направлении является применение магнезиальных флюсов в течение плавки ГМП с целью повышения содержания MgO в печном шлаке и снижения его активности по отношению к футеровке рабочего слоя ГМП.

Футеровка сталеразливочных ковшей электросталеплавильного цеха

В футеровке рабочего слоя стен сталковшей АО «Уральская Сталь» вместимостью 120 т используются периклазоуглеродистые огнеупорные изделия форматов 7/8, 7/30 (толщина кладки 177,8 мм), шлакового пояса – форматов 9/16 и 9/30 (толщина кладки 228,6 мм). Футеровку рабочего слоя днища выполняют из огнеупорного бетона, приготовленного на основе тиксотропных масс.

С вводом в эксплуатацию в электросталеплавильном цехе АО «Уральская сталь» установки вакуумирования стали камерного типа отмечено резкое падение стойкости футеровки рабочего слоя сталеразливочных ковшей. Анализ стойкости футеровки сталеразливочных ковшей, обрабатываемых на УВС, по сравнению со стойкостью футеровки без обработки на УВС в процессе эксплуатации показал снижение средней стойкости футеровки рабочего слоя в среднем на 21%. Известно, что процесс вакуумирования стали приводит к:

- обезуглероживанию рабочей поверхности периклазоуглеродистой футеровки сталеразливочных ковшей, что в свою очередь повышает пористость огнеупорных изделий и способствует увеличению глубины их пропитки шлаком;
- образованию диффузии оксидов CaO в объем огнеупора с последующим взаимодействием с его углеродистой составляющей, что при воздействии высокой температуры и глубокого вакуума ускоряет процессы износа периклазоуглеродистых изделий;
- появлению процессов восстановления компонентов, входящих в состав огнеупорной футеровки, и взаимодействия ее с продуктами раскисления.

Иными словами, в условиях вакуума протекает процесс обезуглероживания рабочей поверхности пе-

риклазоуглеродистой футеровки, что в сочетании с повышением температуры способствует проникновению компонентов шлака в связующую часть огнеупоров по порам и существенно интенсифицирует износ футеровки. Это в совокупности со скрытыми дефектами косоугольности торцевых граней используемых огнеупорных изделий рабочего слоя приводит к образованию так называемых «прососов» в кладке, представляющих собой сквозные размывы до буферного и арматурного слоя футеровки ковша, на участках сопряжения боковых граней огнеупорных изделий с указанным дефектом.

Кроме того, следует отметить, что период эксплуатации сталеразливочных ковшей в настоящее время характеризуется также жесточенными, по сравнению с предыдущими, условиями эксплуатации футеровки, что связано с непрерывным процессом оптимизации технологии и повышения качества продукции.

Таким образом, существующий уровень стойкости футеровки рабочего слоя сталеразливочных ковшей ЭСПЦ обусловлен жесткими условиями эксплуатации, а именно получением предельных негативных значений отдельных показателей как на отдельных плавках, так и в целом за кампанию футеровки сталеразливочных ковша в условиях и в совокупности с увеличенной долей вакуумирования стали.

В связи с этим в ЭСПЦ АО «Уральская Сталь» был реализован ряд мероприятий по внедрению технологий, направленных на повышение стойкости рабочего слоя сталеразливочных ковшей:

1. Внедрена технология шлакообразования с использованием магнезиального флюса при обработке стали в сталеразливочных ковшах. В сталеразливочные ковши при выпуске плавки из печей совместно с известью вводится магнезиальный флюс с расходом от 100 до 150 кг (в среднем 120 кг). При использовании магнезиального флюса шлак во время внепечной обработки обладает достаточной жидкоподвижностью и десульфуризирующей способностью. В процессе его присадки на выпуске плавки из печи дополнительного газо- и пылевыведения, а также выплесков и разбрызгивания шлака не отмечено. В процессе эксплуатации сталеразливочных ковшей с использованием флюса после разлива плавки по визуальной оценке на футеровке шлакового пояса и стен сталеразливочных ковшей отмечено наличие гарнисажа (шлакового покрытия).

2. Внедрена технология «горячего» ремонта футеровки рабочего слоя шлакового пояса и стен сталеразливочных ковшей методом торкретирования: при выявлении в процессе эксплуатации сталковша изношенных участков футеровки стен, шлакового пояса в виде трещин, сколов, прососов проводят их «горячий» ремонт – торкретирование. Причем торкретирование носит локальный характер, т.е. торкретируются только отдельные участки футеровки с указанными локальными дефектами. Торкретирование выполняет-

ся в межплавочный период на горизонтальном стенде сразу после подготовки шибберного затвора при температуре торкретируемой поверхности от 600 до 1000°C (по визуальной оценке). При этом установлено, что оптимальным периодом начала торкретирования футеровки сталеразливочных ковшей является период образования трещин и (или) сколов на поверхности рабочего слоя футеровки как стен, так и шлакового пояса.

Стойкость торкрет-слоя в швах и трещинах футеровки составляет от 1 до 3 плавов, что в совокупности с образованием гарнисажа при ежеплавочном использовании магнезиального флюса и соответствующем межплавочном обслуживании позволяет добиться увеличения стойкости отдельных участков футеровки с указанными локальными дефектами и, соответственно, футеровки стальной ковша в целом до 10 плавов.

Таким образом, внедренные технологии шлакообразования с использованием магнезиального флюса и торкретирования футеровки рабочего слоя стен и шлакового пояса сталеразливочных ковшей ЭСПЦ позволили повысить стойкость отдельных участков футеровки рабочего слоя и, как следствие, футеровки стальной ковша в целом, до 80 плавов (с перефутеровкой шлакового пояса после 40 плавов).

Кроме того, в настоящее время, с целью снижения удельных затрат на применяемые в производственном процессе сырье и материалы, в условиях АО «Уральская Сталь», взамен технологии шлакообразования с использованием привозного магнезиального флюса, опробована и успешно внедрена технология использования периклазоуглеродистой смеси, изготовленной из боя бывших в эксплуатации печных и ковшевых огнеупорных изделий рабочего слоя.

Футеровка промежуточных ковшей электросталеплавильного цеха

В промежуточных ковшах ЭСПЦ АО «Уральская Сталь» вместимостью 25 т жидкой стали футеровка выполняется следующим образом:

- футеровка арматурного слоя – монолитная, выполнена из огнеупорного бетона с помощью шаблона;
- футеровка рабочего слоя выполняется магнезиальной торкрет-массой, с дифференцированной толщиной, в зависимости от необходимого уровня серийности разливки;
- изделия сталеразливочного тракта корундографитового состава: защитная труба, стопор-моноблок, погружной стакан.

Сведения об авторах

Кузнецов Максим Сергеевич – кандидат технических наук, начальник управления технического сопровождения сталеплавильного производства, АО «Уральская Сталь», г. Новотроицк, Россия. E-mail: m.kuznetsov@uralsteel.com.

Гареев Руслан Разифович – кандидат технических наук, главный специалист по сопровождению огнеупорных материалов технической дирекции, АО «Уральская Сталь», г. Новотроицк, Россия. E-mail: r.gareev@uralsteel.com.

Кроме того, в промковше используются изделия для формирования потоков металла – металлоприемник и перегородки, как корундового, так и магнезиального состава.

При этом до 2019 года серийность разливки на МНЛЗ1-1 (блужная) и МНЛЗ-2 (слябовая) была ограничена сортаментом заказов до 8 плавов на один промежуточный ковш.

Специалистами предприятия были проведены работы, направленные на освоение производства и разливки новых марок стали и расширение сортамента, что позволило увеличить возможность повышения серийности разливки до 20 плавов. После проработки необходимости увеличения серийности разливки специалистами АО «Уральская Сталь» были проведены совместные с поставщиками испытания новых видов огнеупорных материалов и изделий сталеразливочного тракта, которые в настоящее время обеспечивают возможность разливки стали с серийностью 20 плавов и более на один промежуточный ковш.

Заключение

Технологии применения современных видов огнеупорных материалов и изделий в сталеплавильном производстве осваиваются параллельно совершенствованию технологии выплавки и внепечной обработки стали, следствием чего является постоянно возрастающие требования сталеплавильщиков к качественным и эксплуатационным свойствам огнеупоров. Достигнутые результаты в определенных условиях в последующем утрачивают свою актуальность, что приводит к дальнейшему развитию новых и совершенствованию действующих технологий. В связи с этим технологи АО «Уральская Сталь», наряду с необходимостью снижения удельных затрат на огнеупоры и увеличения производительности сталеплавильных агрегатов в условиях постоянного повышения требований к качеству выплавляемой стали, особое внимание уделяют вопросам научно-технического развития в области производства и эксплуатации огнеупорной продукции. При этом положительный результат реализации тех или иных мероприятий во многом зависит от качества его проработки технологическим персоналом металлургического предприятия. Представленные выше результаты реализации мероприятий по повышению стойкости футеровок металлургических агрегатов ЭСПЦ АО «Уральская Сталь» полностью соответствуют данному процессу, что позволяет в последующем не останавливаться на достигнутом.

Михеев А. Е. – главный специалист – начальник огнеупорного отдела управления технического сопровождения сталеплавильного производства, АО «Уральская Сталь», г. Новотроицк, Россия. E-mail: a.miheev@uralsteel.com.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

WAYS TO INCREASE THE DURABILITY OF THE LINING OF THE WORKING LAYER OF METALLURGICAL UNITS OF ELECTRIC STEELMAKING PRODUCTION OF JSC «URAL STEEL»

Kuznetsov Maxim S. – Head of the Department of Technical Support of Steelmaking Production of JSC "Ural Steel", Candidate of Technical Sciences, Novotroitsk, Russia. E-mail: m.kuznetsov@uralsteel.com.

Gareev Ruslan R. – Chief Specialist in the maintenance of refractory materials of the Technical Directorate, Ph. D., of JSC "Ural Steel", Novotroitsk, Russia. E-mail: r.gareev@uralsteel.com.

Mikheev A. E. – Chief Specialist-Head of the Refractory Department of the Department of Technical Support of Steelmaking Production of JSC "Ural Steel", Novotroitsk, Russia. E-mail: a.miheev@uralsteel.com.

Annotation. *The article deals with the problems of reducing the level of resistance of the lining of the working layer of steelmaking furnaces, steel casting and intermediate buckets of the Ural Steel SPC JSC, during the introduction and development of new technologies for smelting, processing and casting steel and ways to solve them.*

Keywords: *lining, durability, flexible modular furnace, technology, magnesia flux, steel casting, vacuuming, shotcrete, industrial casting, casting, seriality.*

Ссылка на статью:

Кузнецов М.С., Гареев Р.Р., Михеев А.Е. Пути повышения стойкости футеровки рабочего слоя металлургических агрегатов электросталеплавильного производства АО «Уральская Сталь» // Теория и технология металлургического производства. 2021. №2(37). С. 7-10.
Kuznetsov M.S., Gareev R.R., Mikheev A.E. Ways to increase the durability of the lining of the working layer of metallurgical units of electric steelmaking production of JSC «Ural Steel». *Teoria i tehnologiya metallurgicheskogo proizvodstva*. [The theory and process engineering of metallurgical production]. 2021, vol. 37, no. 2, pp. 7-10.