

С.И.Семькин, Е.В.Семькина, В.Ф.Поляков, Т.С.Семькина

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ОГНЕУПОРНОЙ
ФУТЕРОВКИ КОНВЕРТЕРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

Обоснована и подтверждена промышленными исследованиями в 60–т конвертерах возможность повышения стойкости огнеупоров при конвертерной плавке с применением низковольтных электрических потенциалов. Сформулированы основные пути дальнейшего развития работ в данном направлении.

Современное состояние вопроса.

Важным технико–экономическим показателем процесса выплавки металла в конвертере является стойкость его огнеупорной футеровки, затраты на которую составляют весомую величину в себестоимости продукции. Как известно, футеровка кислородных конвертеров в процессе их эксплуатации подвергается воздействию интенсивных тепловых потоков со стороны первичной реакционной зоны и высокотемпературного факела (с подъемом фурмы над ванной рассматриваемое действие усиливается), резким изменениям температуры поверхностного слоя в перерывах между плавками, механическому износу, возникающему при интенсивном движении жидких и твердых фаз ванны при продувке, а также от ударов кусков скрапа при его загрузке, и при механическом воздействии на горловину при очистке ее от настыви, агрессивному физическому и химическому (коррозийному и эрозийному) воздействию жидких фаз ванны, особенно шлака, брызг и газовой фазы. Воздействие перегретой шлакометаллической эмульсии и формируемых из нее брызг является одной из главных причин износа футеровки, что подтверждается наиболее интенсивным ее износом в зоне шлакового пояса и верхней части конвертера.

Разрушающее действие шлака на футеровку связано с проникновением окислов (FeO , SiO_2 др.) в поверхностные слои огнеупоров, что, с одной стороны, вызывает образование легкоплавких растворов и химических соединений с составляющими огнеупора и облегчает тем самым растворение поверхностного слоя футеровки в шлаке и его оплавление и, с другой стороны, обуславливает перерождение поверхностных слоев кирпича и образование в нем зон с различными физическими свойствами (коэффициент линейного расширения, плотность, механическая прочность, термостойкость), что способствует скалыванию кирпича за счет изменения объемов образовавшихся фаз либо при резких изменениях температур кладки.

В работе [1,2] показано, что повышение поверхностного натяжения на границе раздела: огнеупор – шлак способствует увеличению стойкости футеровки конвертера за счет замедления ее пропитки шлаком. Однако достижение этого в обычных условиях связано с целым рядом сложностей. Недостаточно высокая основность шлака, обусловленная обычно дефицитом тепла и невозможностью ввода необходимого количества извести и магнезиальных материалов, является дополнительной причиной снижения стойкости футеровки.

Анализ последних достижений.

Выполненные ИЧМ работы по созданию и исследованию технологии конвертерной плавки с наложением на ванну электрического потенциала свидетельствуют о том, что при ее реализации имеет место снижение развития многих из упомянутых негативных факторов. Так, анализ результатов лабораторных исследований, выполненных в ИЧМ, с отбором проб металла и шлака по ходу плавки в 0,3–т конвертере показал, что при подведении электрического потенциала различной полярности количество FeO в шлаке ниже, чем при обычных плавках, практически в течение всей плавки, особенно при положительной полярности (рис.1, А). Следует отметить, что содержание окислов кремния в шлаке, определяющих величину его основности также ниже, чем на обычных плавках на протяжении всей продувки (рис.1, Б), и как следствие содержание окислов магния, поступающего из футеровки, также ниже на плавках с применением электрических потенциалов (рис.1,В).

Изучение методом физико–химического моделирования характеристик конвертерного шлака в условиях наложения низковольтных электрических потенциалов показало, что на протяжении всего процесса обезуглероживания металла поверхностное натяжение формируемого шлака при отрицательной и положительной полярностях потенциала на фурме выше, чем на обычных продувках (рис.2), то есть шлак, сформированный при электрических воздействиях, менее агрессивен по отношению к футеровке.

Математическое моделирование свидетельствует о благоприятном изменении характера гидродинамических потоков в ванне под влиянием электрического воздействия. Так при обычной плавке потоки перегретого в подфурменной зоне металла направляются по поверхности ванны к ее стенкам, оказывая сильное термическое воздействие на огнеупоры. При электрическом воздействии масса перегретого металла направляется сверху вниз в объем расплава и достигает стенок конвертера в значительно охлажденном состоянии, что обуславливает меньшую степень его воздействия на футеровку.

При проведении лабораторных исследований установлено, что благодаря электрическому воздействию существенно увеличивается скорость

формирования жидкого шлака, что уменьшает длительность периодов продувки с незаглубленной струей, оказывающей отрицательное на стойкость огнеупоров.

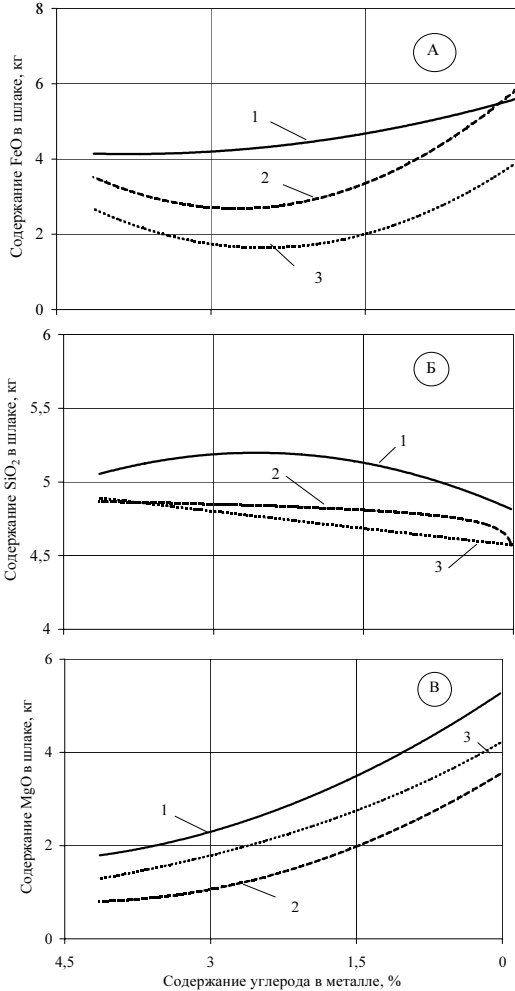


Рис.1 – Изменение содержания FeO (А) , SiO₂ (Б) и MgO (В) в шлаке по ходу плавки в 0,3-т конвертере: 1 – без электрических воздействий, 2 – с отрицательной и 3 – с положительной полярностями потенциала на футре.

Наличие указанных, экспериментально подтвержденных изменений, дало основание сформулировать предложение о целесообразности экспериментальной проверки электрического воздействия на стойкость конвертерных огнеупоров, которое было выполнено при эксплуатации 60-т конвертеров (исследования проведены при непосредственном участии В.И. Пищиды и С.Н. Кравца (ОАО «ДМЗ им. Петровского»). Определенные сложности в получении окончательных количественных результатов определялись тем, что по условиям производства и в

связи с выполнением широкой программы экспериментов не было возможности провести полные кампании по футеровке с использованием электрических воздействий (обычно в пределах кампаний с применением последних проводилось от 40 до 70 % плавов).

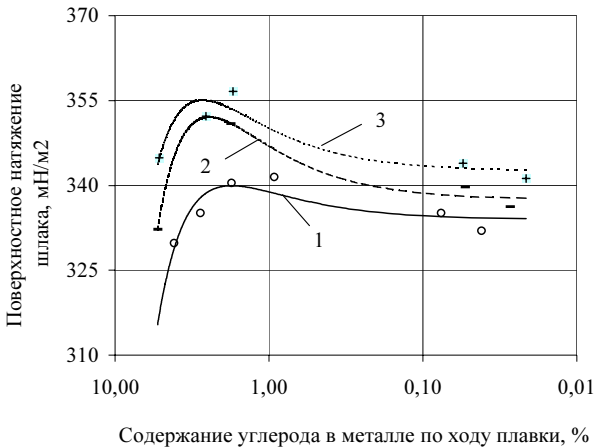


Рис. 2 – Изменение поверхностного натяжения шлака по ходу плавки в 0,3-т конвертере: 1 – без электрических воздействий, 2 – с отрицательной и 3 – положительной полярностями потенциала на фурме.

Тем не менее, для качественной оценки и оценки перспектив использования данного мероприятия на первой стадии были обобщены и проанализированы результаты большого количества таких компаний. В частности, были учтены данные по 12 компаниям, когда для футеровки использовали изделия Запорожского огнеупорного завода, 6 компаниям, когда поставка огнеупоров осуществлялась с Мариупольского завода им. Ильича и 2 компаний, некоторых использовали огнеупоры КНР. Соответственно для сравнения были использованы данные по компаниям, проведенным на аналогичных огнеупорах без использования электрических воздействий (18, 3 и 4 компании соответственно). Полученные результаты свидетельствуют о том, что при электрическом воздействии была зафиксирована более высокая стойкость огнеупоров, в первом случае на 39 плавок (увеличение с 237 до 276), во втором на 46 (с 331 до 377) и в третьем на 40 плавок (с 940 до 980). Помимо прочего представляет существенный интерес то, что увеличение стойкости получено на огнеупорах с различными исходными характеристиками.

На второй стадии для получения более представительных результатов в отношении положительного влияния электрического воздействия были обобщены результаты примерно по 8,5 тыс. Плавок, на которых оно осуществлялось, независимо от доли таких плавок в компании. При этом, обобщение выполнено по двум видам огнеупоров (поставки Запорожского завода и КНР), которые в основном использовались в этот период. Основные характеристики этих типов огнеупоров приведены в табл. 1.

При этом применяемые электрические режимы не были специально рассчитаны на увеличение стойкости огнеупоров, а направлены, как вид-

но из табл.2, на улучшение других показателей (удельный расход чугуна, увеличение расхода металлического лома, стружки, извести и т.п.).

Таблица 1. Основные характеристики огнеупоров поставки Запорожского завода и КНР

Поставщик	Объемный вес, г/см ³	Пористость, %	Механическая прочность, МПа	Содержание углерода, %	Содержание MgO, %
Запорожье	2,94–2,99	3,8–5,5	36,5–48,5	10–14	> 92
КНР	2,99–3,04	1,4–2,6	33,2–41,4	13–18	> 97–98

Таблица 2. Результаты плавки на 60 – тонных конвертерах.

Технологические показатели	Плавки с электрическими воздействиями	Плавки без воздействий	Отклонения
Количество плавки	8598	8315	
Содержание кремния в чугуне, %	0,83	0,82	0,01
Удельные расходы, кг /т:			
– жидкого чугуна	990,11	998,21	-8,1
– металлолома	115,26	109,37	5,89
– стружки	5,56	4,56	1,0
– итого металлошихты	1110,93	1112,15	-1,21
– извести, в том числе:	75,81	73,53	2,28
– своего производства	50,43	46,38	4,05
– привозной	25,38	27,15	-1,77
– доломита	0,32	0,39	-0,07
– брикета	0,07	0,02	0,05
– плавикового шпата	0,11	0,12	-0,01
Удельный суммарный окислитель плавки, кг/т	302,39	292,24	10,15
Содержание углерода в металле на 1–й повалке, %	0,23	0,23	0
Температура металла на 1–й повалке, °С	1636	1635	1
Параметры Шлака:			
– Окислы железа, %	14,81	14,94	-0,13
– Окислы магния, %	5,47	5,54	-0,07
– Основность шлака	3,08	3,07	0,01
Стойкость огнеупоров, кол. Пл.:	В скобках – количество кампаний		
= Запорожских –	276 (12)	237 (18)	+39
= КНР –	980 (2)	940 (4)	+40

Из табл.2 следует, что использование разработанной технологии привело к увеличению длительности компании в среднем на 39–40 плавок, что для упомянутых видов огнеупоров соответствует повышению стойкости на 17,5 и 4,3 % соответственно.

Полученные данные являются основанием для проведения с участием технологов и эксплуатационников завода им. Петровского специальных исследований по оценке общего потенциала электрических воздействий на снижение износа огнеупоров. Есть основания считать, что ожидаемые данные будут существенно превышать описанные. Основанием для такого утверждения является, во-первых, то, что исследования планируется провести со 100 % применением электрического воздействия в пределах компании. Кроме того, предварительно предусматривается выполнить работу по определению оптимальных электрических параметров, обеспечивающих положительное влияние воздействия прежде всего на стойкость футеровки. Основанием для ожидания более высоких результатов является также использование системы для обеспечения заданного положения наконечника фурмы в пределах толщины шлакометаллической эмульсии, разработка которой начинается в текущем году. Положительный эффект ожидается также от более полного использования повышенного теплосодержания ванны при электрическом воздействии, что позволит осуществить дополнительный ввод компонентов, содержащих окислы кальция и магния и увеличить основность шлака, без опасности его сгущения и перехода в гетерогенное состояние.

1. Казаков А.А. Влияние электрического потенциала на физико-химические процессы конвертерной плавки // *Металлы*. – № 6.–1997.–С. 25–28.
2. Влияние электрического потенциала на пропитку пористых огнеупоров шлаком./ А.А.Казаков, Ю.В.Матвеев, Л.А.Арыкова др.// *Металлы*.– 1993.– №4.– С.94.

Статья рекомендована к печати д.т.н., проф. Э.В.Приходько