

УДК 669.184.244.56:669.184.235.083.133

**С.И.Семькин, В.Ф.Поляков, Т.С.Голуб, С.А.Дудченко,
В.В.Вакульчук, Е.В.Семькина**

**РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ
ТЕХНОЛОГИИ КОНВЕРТЕРНОЙ ПЛАВКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ**

Институт черной металлургии НАН Украины

Приведены результаты освоения на украинских металлургических предприятиях новой ресурсосберегающей технологии конвертерной плавки и показана высокая эффективность применения метода наложения низковольтного потенциала к системе продувочная фурма жидкий расплав. Результаты промышленных экспериментов показали возможность достижения более высоких показателей по выходу годной стали и снижению удельного расхода жидкого чугуна при сопоставимых условиях с вариантом без наложения низковольтного потенциала.

Ключевые слова: конвертерная плавка, наложение низковольтного потенциала, выход жидкой стали, расходные показатели

Состояние вопроса и постановка задачи. Научной основой применения способа наложения на рафинируемый расплав низковольтного электрического потенциала являются современные представления о природе его металлической и шлаковой составляющей, которые интерпретируются как расплавы электронного и ионного типов соответственно. Взаимодействие компонентов расплава, если рассматривать его не на атомарном и молекулярном уровнях, а как результат реакций с участием электрически заряженных частиц положительного или отрицательного знака, дает основание осуществлять воздействие на ход реакции путем направленного перемещения заряженных частиц в объеме шлако-металлической эмульсии. Такого рода представления были сформулированы ведущими учеными-металлургами более полувека назад и получили экспериментальное подтверждение при проведении значительного количества лабораторных экспериментов, оперирующих небольшими массами расплава [1, 2]. Однако при переходе к производственному использованию положительных результатов не было получено и подобные варианты не получили промышленного применения.

Исследования в этом направлении, [3, 4] начатые Институтом черной металлургии (ИЧМ) около 20 лет назад первоначально в лабораторных (конвертеры садкой 0,3 и 1,5), а затем в производственных условиях (в основном на 60, 150 и 250 т конвертерах), позволили разработать и реализовать технологию рафинирования железо-углеродистых расплавов с наложением низковольтного электрического потенциала в условиях металлургических предприятий. Особенностью технологии является применение электрического тока не в качестве источника тепла, а для

интенсификации происходящих в железо-углеродистом расплаве при его обработке рафинировочных и тепловых процессов за счет более полного использования внутренних резервов плавки. Ее принципиальным отличием является то, что помимо известных металлургических положений она учитывает универсальную (электронно-ионную) природу перерабатываемых расплавов, что является предпосылкой использования ее в конвертерах, для обеспечения возможности получения одновременно нескольких эффектов, способствующих улучшению как расходных и энергетических показателей процесса, так и улучшению качества и расширению сортамента металлопродукции. Это же отличие в значительной мере обуславливает низкий уровень первичных затрат, быструю окупаемость, незначительный расход электроэнергии и широкие потенциальные возможности в плане расширения перечня получаемых эффектов и дальнейшего повышения величины улучшаемых показателей. Разработанное оборудование характеризуется простотой, надежностью, безопасностью, длительным сроком эксплуатации, а также отсутствием отрицательного влияния на работу цехового электрического оборудования и электронных управляющих систем.

Широкимасштабные промышленные испытания технологии, предусматривающей применение низковольтного электрического потенциала, проведены при продувке стали сверху на трех предприятиях Украины - ДМК им. Дзержинского (конвертер садкой 250 т), комбинат «Арселор Миттал Кривой Рог» (два конвертера садкой 160 т) и на завод «Евраз-ДМЗ им. Петровского» (три конвертера садкой 60 т), на котором технология применяется в настоящее время на всех конвертерах цеха, а также на одном зарубежном предприятии, применяющем комбинированную продувку.

Результаты освоения нового метода. Опыт опробования разработанного метода [5-7] свидетельствует об устойчивом улучшении, в первую очередь, основных показателей плавки (выход жидкой стали, удельный расход чугуна, температура расплава к моменту первой повалки), которые в наибольшей степени определяют величину расходных и энергетических показателей, себестоимости стали и экономического эффекта в целом. При этом величина улучшаемых показателей находится на близком уровне от предприятия к предприятию, несмотря на значительные различия в характере технологии, шихтовых параметрах, сортаментных и других условиях.

Наиболее значимым, причем проявляющемся при всех различиях и особенностях производства, является эффект увеличения выхода жидкой стали, что обусловлено увеличением количества стали и, соответственно, объема производства металлопродукции при неизменном расходе металлозавалки, а также уменьшением расхода вспомогательных материалов (известь, плавиковый шпат, кислород, огнеупоры и т.п.) и величины условно-постоянных расходов.

Эффект снижения удельного расхода чугуна может быть использован путем замена чугуна ломом на тех предприятиях, где стоимость чугуна выше цены лома, либо там, где при ограниченных мощностях по производству чугуна требуется увеличить количество выплавляемой стали.

Наличие эффекта увеличения температуры расплава наиболее желательно в цехах с непрерывной разливкой и внепечной обработкой стали на УКДС, поскольку осуществление этих операций требует выпуска расплава при более высоком уровне температуры. Обычно это достигается путем увеличения доли чугуна с заменой его соответствующим количеством металлолома, цена которого чаще всего ниже, чем стоимость чугуна. Альтернативными вариантами использования этого эффекта в случае более низкой стоимости чугуна по сравнению с ломом могут быть разработанные ИЧМ технические решения, осуществление которых в обычных случаях также требует дополнительных затрат тепла.

Результаты опробования при проведении малотоннажных опытно-промышленных партий и опытных плавов в промышленных и лабораторных условиях, а также полученные путем физико-химического или математического моделирования данные однозначно свидетельствуют о возможности получения помимо указанных выше основных, также ряда дополнительных эффектов, имеющих существенное значение для улучшения организации производства, повышения качества металла и улучшения экологических показателей процесса. Перечень и краткая характеристика этих эффектов:

- снижение содержания серы и фосфора в стали на 10-20% отн;
- уменьшение концентрации в металле кислорода, водорода и азота на 12-25% отн;
- сокращение уровня пылевыведения из полости конвертера на 10-30%;
- повышение срока службы огнеупорной футеровки на 5-10%;
- увеличение стойкости продувочных фурм на 15-40% и уменьшение затрат и трудоемкости на их ремонт;
- предупреждение заматливания ствола фурм и связанных с этим аварийных ситуаций;
- снижение расхода раскислителей.

Институтом разработаны и опробованы в промышленном масштабе дополнительные мероприятия, направленные как повышение уровня уже выявленных эффектов, так и на реализацию новых, способствующих повышению ее технико-экономических показателей.

Большой объем выполненных ИЧМ теоретических и экспериментальных исследований позволил сформулировать основные положения, касающиеся природы и механизма влияния электрического

потенциала на характер происходящих в конвертере процессов, а также причин формирования выявленных эффектов [8].

Потенциальная значимость некоторых из этих эффектов характеризуется следующим.

Снижение содержания серы и фосфора создает возможность уменьшить число додувок по этим элементам с известным улучшением основных показателей конвертирования (производительность, стойкость футеровки, расход раскислителей и легирующих), а уменьшение газонасыщенности металла, в первую очередь по содержанию азота является предпосылкой для расширения сортамента металлопродукции, производимой предприятием. Проведенные опыты свидетельствуют также о принципиальной возможности при ведении плавов с наложением на расплав электрического потенциала устранения уже сформировавшегося гарнисажа значительных размеров, наличие которого связано с затруднениями при извлечении фурмы из конвертера, повреждением огнеупорной футеровки его верхней части и т.п.

Сокращение уровня пылевыведения из конвертера, помимо улучшения экологических показателей процесса, оказывает существенное влияние на увеличение выхода жидкой стали и снижение энергозатрат при эксплуатации устройств по пылеочистке отходящих газов.

Оценочные расчеты экономической эффективности, учитывающие величину только двух из возможного перечня эффектов (увеличение выхода жидкой стали и снижение расхода чугуна в завалку), свидетельствуют о возможности обеспечения удельного экономического эффекта на уровне 1,5-2 долл. США при сроке окупаемости мероприятия до 3-4 мес.

Накопленный опыт применения разработанной технологии свидетельствует о целесообразности ее использования в двух направлениях:

-для одновременного получения всех достигаемых эффектов на возможном для этого варианта уровне (что обеспечивается реализацией таких электрических и технологических параметров, которые дают возможность получить максимальный общий экономический эффект); такой вариант целесообразно использовать при работе предприятия в нормальных условиях;

-для обеспечения одного из эффектов на максимальном уровне, а остальных эффектов на возможном для этого варианта уровне (что обеспечивается ведением плавов по специальным режимам); такой вариант предназначен для использования в определенные периоды работы предприятия, которые характеризуются различного рода временными осложнениями, например, недостатком чугуна, необходимостью увеличения объема выплавки стали либо потребностью в выполнении конкретных заказов повышенной сложности, например, по производству

металлопродукции с высокими требованиями по содержанию газов, в частности азота, и т.п.

Заключение. Разработанная технология конвертерной плавки с наложением на расплав низковольтного электрического потенциала обеспечивает возможность одновременного получения ряда эффектов, оказывающих существенное влияние на уровень ресурсо- и энергосбережения, экологические характеристики процесса конвертирования и являются предпосылкой для улучшения качества и расширения сортамента металлопродукции. При низком уровне капитальных и текущих затрат (удельный расход электроэнергии 0,1-0,2 кВт ч/ т стали) удельный экономический эффект при внедрении технологии составляет 1,5-2 долл. США/т, а срок окупаемости не превышает 3-4 месяцев. Институтом разработаны и опробованы в промышленном масштабе дополнительные мероприятия, направленные как повышение уровня уже выявленных эффектов, так и на реализацию новых, способствующих улучшению управления плавкой и повышению ее технико-экономических показателей.

1. *Есин О.А., Гельд П.В.* Физическая химия пирометал-лургических процессов. – М.: Металлургиздат, 1966. – 704 с.
2. *Явюйский В.И.* Теория процессов производства стали.– М.: Госнаучтехиздат литературы по цветной и черной металлургии, 1963. – 821 с.
3. *Разработка и промышленное применение технологии конвертерной плавки с электрическим воздействием на предприятиях Украины.* / С.И.Семькин, В.Ф.Поляков, Е.В.Семькина и др. // Труды X Конгресса сталеплавильщиков. – М.: Черметинформация, – 2007. – С.111-114.
4. *Сопоставление эффективности рафинирования металла в конвертере и сталеразливочном ковше* / С.И.Семькин, В.Ф.Поляков, Е.В.Семькина и др. // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии.* Сб.науч. трудов ИЧМ. – 2009. – Вып 19. – С.134-139.
5. *Применение электрической энергии малой удельной мощности при выплавке стали в конвертерах ДМКД.* / С.И. Семькин, В.Ф. Поляков, Ю.Н. Борисов, А.Д. Зражевский и др. //Сб. трудов 1-ого Конгресса сталеплавильщиков, г.Липецк. – 1992. – С.105-107.
6. *Промышленные исследования применения электрической энергии малой мощности в конвертерах комбината «Криворожсталь».* / С.И.Семькин, А.В.Кекух, В.И.Макаренко и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2004. – № 6. – С.29 - 31
7. *Опыт развития и освоения технологии применения низковольтных потенциалов при конвертерной плавке в условиях 60-т конвертеров ПАО «Евраз ДМЗ им. Петровского».* / В.Ф.Поляков, С.И.Семькин, А.Д.Зражевский и др. // *Новости науки Приднепровья. Инженерные дисциплины.* – 2012. – №3-4. – С.48-52

8. Семькин С. И. Природа и механизм влияния электрической энергии малой мощности на процесс конвертирования железоуглеродистого расплава. // *Металл и литье Украины*. – 2005. – № 3 - 4. – С. 47-50.

*Статья рекомендована к печати
канд.техн.наук В.П.Пиптюком*

S.I.Semykin, V.F.Polyakov, T.S.Golub, S.O.Dudchenko, V.V.Vakulchuk, O.V.Semykina

Розробка і реалізація ресурсозберігаючої технології конвертерної плавки із застосуванням електричної енергії малої потужності

Приведено результати освоєння на українських металургійних підприємствах нової ресурсозберігаючої технології конвертерної плавки і показано високу ефективність вживання методу накладення низьковольтного потенціалу до системи «продувальна фурма–рідкий розплав». Результати промислових експериментів показали можливість досягнення високих показників щодо рівня виходу придатної сталі і зниження питомої витрати рідкого чавуну за порівнянних умов з варіантом без накладення низьковольтного потенціалу.

Ключові слова: конвертерна плавка, метод накладення низьковольтного потенціалу, вихід рідкої сталі, витратні показники.

S.I.Semykin, V.F.Polyakov, T.S.Golub, S.A.Dudchenko, V.V.Vakulchuk, E.V.Semykina

Development and implementation of resource-saving technologies converter melting using electricity low power

The results of development of Ukrainian metallurgical enterprises of the new resource-saving technology of converter melting and high efficiency of the method blending of low-voltage potential to lance system «purge–liquid melt». The results of industrial experiments have shown the possibility of achieving higher levels on the yield of steel and reduce the specific consumption of liquid iron under comparable conditions with one without impacts.

Keywords: converter process, method of applying a low voltage potential, the output of liquid steel, account performance.