

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

**ОСОБЕННОСТИ ПЫЛЕВЫДЕЛЕНИЯ ПРИ ВЫПЛАВКЕ МЕТАЛЛА
В УСЛОВИЯХ НАЛОЖЕНИЯ НА ВАННУ
НИЗКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ**

Целью работы являлось определение возможности улучшения экологии производства стали за счет снижения уровня выделения пыли из сталеплавильных агрегатов. На плавках с электрическими воздействиями в лабораторных и промышленных условиях установлено снижение уровня пылевыведения по сравнению с базовыми технологиями. Показан различный характер пылеподавления по ходу продувки плавки в зависимости от полярности подводимого к фурме тока. Рассмотрен ряд возможных причин снижения пылевыведения при электрических воздействиях.

сталеплавильные агрегаты, выделение пыли, электрические воздействия, экология.

Постановка задачи. Анализ мирового опыта неопровержимо свидетельствует о смене приоритетов в организации промышленного производства, в том числе в металлургии. Наряду с главной задачей по обеспечению максимальной производительности процесса выплавки металла возрастает роль ресурсо–энергосбережения и экологии. Повышение требований к уровню экологической чистоты металлургических процессов, помимо прочего, обусловлено тем, что предприятия в Украине, как правило, расположены в черте городов. Следует также иметь в виду, что природоохранные проблемы являются мощным средством в конкурентной борьбе, которая также будет определять перспективы существования конкретных заводов. Несмотря на то, что сталеплавильный передел в общем цикле металлургического производства не является наиболее важным источником загрязнения, в частности пылевыведения, работы в этой области, согласно зарубежной информации, ведутся достаточно интенсивно, причем используется широкая гамма способов, начиная от укрытия конвертеров до снижения содержания пыли в выделяющихся из конвертера газах.

Цель исследований. Определение возможности улучшения экологии производства стали за счет снижения уровня выделения пыли из сталеплавильных агрегатов способом наложения на расплав низковольтного электрического потенциала, разрабатываемым в Институте черной металлургии НАН Украины. Первоначально способ был предназначен для улучшения таких показателей плавки как выход жидкой стали, снижение доли чугуна в завалке, повышение теплосодержания расплава и т.п.

Изложение основных материалов исследований. Опыты по изучению возможности пылеподавления за счет низковольтных электрических воздействий были выполнены в 1,5 т лабораторном конвертере ИЧМ и 250–т мартеновской печи комбината им. Дзержинского. При эксперимен-

тах на конвертере было установлено, что наложение электрического потенциала способствует существенному сокращению пыли в выделяющемся из горловины газе. По сравнению с величинами запыленности при проведении плавки без электрического воздействия ($33\text{--}42\text{ г/м}^3$, средние значения 35 г/м^3) при использовании тока положительной полярности показатели были снижены до $18\text{--}25\text{ г/м}^3$ (среднее значение 22 г/м^3), а тока отрицательной полярности до $7\text{--}16\text{ г/м}^3$ (среднее значение 14 г/м^3).

В зависимости от полярности подводимого к фурме тока изменялась динамика пылевыведения пыли по ходу плавки (рис.1).

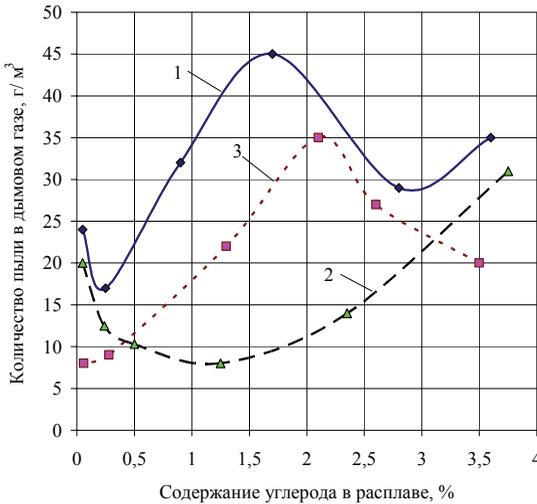


Рис.1 Характер изменения содержания пыли в дымовых газах 1,5-т конвертера.
1 – плавки без воздействий,
2 и 3 – при подводе к фурме отрицательной и положительной полярностей тока соответственно.

При токе положительной полярности общий характер пылевыведения в середине продувки плавки был аналогичен полученному при обычной технологии, но с меньшим уровнем значений. В начальный и конечный периоды продувки характер пылевыведения был противоположным. В случае подведения тока отрицательной полярности был зафиксирован противоположный на протяжении всей плавки характер пылевыведения по сравнению с плавками с положительной полярностью тока. По сравнению с обычными плавками совпадение характера пылевыведения отмечалось в начальный и конечный периоды продувки с меньшим уровнем значений. В середине плавки характер пылевыведения был противоположным с обеспечением наименьших значений из изученных вариантов.

Это свидетельствует о различных механизмах влияния тока указанных полярностей на характер формирования шлака и на протекание процесса обезуглероживания металла по ходу продувки.

При обычной технологии в начальный период продувки происходит интенсивное окисление кремния и железа с образованием вспененного шлака, который задерживает некоторую часть пыли. Как правило, к середине продувки первичный шлак сворачивается вследствие ввода кальций-содержащих материалов (извести), которые повышают температуру плавления шлаковой фазы. Кроме того, на процесс выделения пыли влияет интенсивность окисления углерода, повышающаяся также к середине продувки, так как определенная часть пыли формируется за счет ее выноса из агрегата с раскрывающимися на поверхности расплава пузырьками СО. Как видно из рис.1, в этот период возрастает количество выносимой из агрегата пыли. При повышении в процессе плавки температуры расплава известь начинает ассимилироваться шлаком с образованием более жидкоподвижных компонентов покровного шлака, который в определенной степени поглощает выделяющуюся пыль, что отражено снижением уровня пылевыведения. В случае ведения продувки до содержания углерода в металле ниже, чем 0,08%, отмечается некоторое увеличение уровня пылевыведения за счет интенсивного окисления железа.

По периодам продувки плавки при электрических воздействиях в зависимости от полярности подводимого тока изменяется интенсивность, характер шлакообразования и окисления углерода [1–3].

При отрицательной полярности значительное снижение пылевыведения реализуется за счет раннего наведения высокого жидкоподвижного шлака, чему способствует ускорение окисления кремния и железа из чугуна и перемещение начала интенсивного окисления углерода на более поздний период продувки с обеспечением более равномерной скорости окисления по ходу плавки. Доказательством этого являются полученные при проведении специальных экспериментов на лабораторном конвертере данные о толщине слоя эмульсии, которая имеет большее развитие при подводе к фурме тока отрицательной полярности. При этом весовое количество шлака изменяется мало, а увеличение его объема связано с повышением степени вспенивания. Достаточный слой шлакометаллической эмульсии фильтрует пыль, исходящую из реакционных объемов. Некоторое повышение уровня пылевыведения в конце продувки (при содержании в расплаве менее 1,0% углерода) связано с объемным кипением ванны, ее раскислением, что приводит к снижению толщины шлакометаллической эмульсии.

При положительной полярности наряду с внешней схожестью с обычными продувками, существует ряд отличий: происходит интенсификация процесса обезуглероживания, которое происходит с первых минут продувки с некоторым отставанием окисления кремния; увеличение дожигания СО до СО₂ в объеме шлакометаллической эмульсии, что способствует быстрому увеличению температуры жидкой ванны. В результате уменьшается разница температур реакционного очага и металлического расплава, что снижает интенсивность образования пыли. Период максимального

обезуглероживания наступает в более ранний период, чем на обычных плавках. Кроме того, в этом случае шлакообразование протекает за счет более интенсивного подъема температуры расплава в первый период, а не за счет окисления железа, ассимилирующего известь, что и отражается на динамике пылевыведения. Однако недостаточно развитый при этой полярности слой шлакометаллической эмульсии не способен в достаточной степени фильтровать ту часть пыли, которая все-таки формируется, поэтому показатель пылеподавления в этом варианте уступает электрическим воздействиям при отрицательной полярности.

Несомненно, также, что еще одной возможной причиной снижения пылевыведения, присущей обим полярностям электрических воздействий, является снижение температуры в подфурменной реакционной зоне в результате усиления гидродинамических потоков под действием сил Лоренца, возникающих при прохождении электрического тока через шлакометаллический расплав. В пользу такого заключения свидетельствуют результаты математического моделирования, показывающие на существенное увеличение при использовании электрического потенциала скорости гидродинамических потоков от места ввода продувочных газов к периферии конвертера.

При экспериментах на мартеновской печи оценку изменения уровня запыленности производили путем отбора дымовых газов перед газоочисткой. Следует указать на то, что при реализации этого способа к двум сводовым кислородным фурмам подводили одновременно обе полярности потенциала, поэтому при экспериментах наблюдались эффекты обеих полярностей сразу. Замеры показали, что уровень запыленности существенно отличался в начале и конце кампании по футеровке печи. При электрических воздействиях в начале кампании получено снижение среднего уровня выделяемой за плавку пыли на 44% , а в конце на 50% по сравнению с обычными плавками. Кроме того, результаты замеров содержания пыли по ходу кислородной продувки показали, что в конце кампании по футеровке подавление пыли за счет электрических воздействий в первую половину продувки значительно выше, чем в начале кампании (рис. 2). Вероятно, это связано с тем, что к концу кампании по футеровке печи из-за изменения геометрии рабочего объема агрегата в обычных условиях ухудшаются условия шлакообразования, что приводит к повышению уровня пылевыведения. Электрические воздействия, как описано выше, ускоряют процесс наводки шлака, способствуют выравниванию температур в сталеплавильной ванне, приводят к более равномерному окислению углерода и т.д. и нивелируют негативное влияние износа футеровки. Во второй половине продувки на опытных плавках с электрическими воздействиями уровень пылеподавления мало зависел от состояния футеровки. Это объясняется тем, что во втором периоде продувки шлак, тем или иным способом, уже сформирован и способен к фильтра-

нию пыли. Тенденция по снижению пылеподавления к концу продувки связана с раскислением шлага и снижением его толщины.

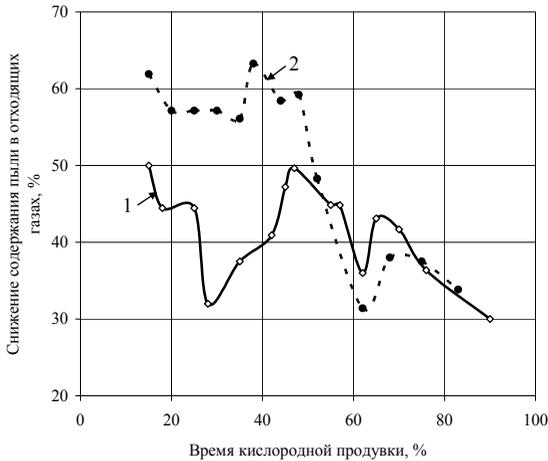


Рис.2. Изменение по ходу продувки снижения за счет низковольтных электрических воздействий содержания пыли в дымовых газах мартеновской печи (1 – в начале и 2 – в конце компании по футеровке печи).

Эксперименты на мартеновской печи свидетельствуют также о том, что повышение общей мощности электрического воздействия с 1,5 до 50 кВт способствует увеличению пылеподавляющего эффекта. Так, при мощности воздействия, составляющей около 2 кВт, снижение запыленности составило по сравнению с исходным уровнем примерно 20%, а при увеличении мощности до 10, 20, 30, 40 и 45% исследуемый показатель увеличился до 43, 52, 60, 65 и 68% соответственно. Полученный коэффициент корреляции на уровне 0,91 свидетельствует о достаточно сильной связи этих параметров. Результаты исследований показали возможность сохранения в сталеплавильной ванне порядка 70–73% железа, которое в обычных условиях удаляется с пылью. Прямым подтверждением этого является увеличение выхода жидкой стали на плавках с электрическими воздействиями на 1,3% абс. (с 90,7 до 92,0%).

Закключение. Использование внешнего воздействия на железоуглеродистый расплав путем наложения низковольтного электрического потенциала является одним из перспективных способов улучшения экологических показателей сталеплавильного производства, в частности за счет снижения уровня пылевыведения с дымовыми газами.

Характер пылеподавления по ходу продувки плавки зависит от полярности подводимого к фурме тока.

При использовании электрических воздействий основными причинами снижения количества выделяемой из сталеплавильного агрегата пыли являются:

- более раннее формирование достаточного слоя первичного жидкоподвижного шлага, фильтрующего пыль;

- более равномерное окисление углерода с развитием процесса дожигания CO до CO₂;
- выравнивание разницы температур реакционной зоны и металлического расплава;
- снижение температуры подфурменной зоны;
- уменьшение степени испарения железа;
- коагуляция мелкодисперсной пыли в формирующемся в полости конвертера электрическом поле и осаживание ее в шлакометаллическую эмульсию.

1. Семькин С.И., Поляков В.Ф., Семькина Е.В. Особенности нагрева и механизма обезуглероживания при изменении параметров электрического воздействия на металл // ОАО «Черметинформация», 2003.– С.224–225.
2. Семькин С.И. Исследование в 1,5-т конвертере характера окисления примеси чугуна при подведении к сталеплавильной ванне низковольтного потенциала // Сб. трудов ИЧМ «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии». – 2005.– Вып. 11.– С. 96–104.
3. Семькина Т.С. Семькин С.И. Влияние полярности налагаемого на конвертерную ванну электрического потенциала на состояние и химический состав шлакового расплава // Сб. трудов ИЧМ «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии». – 2007.– Вып. 15.– С.125–127.

*Статья рекомендована к печати
докт.техн.наук, проф. Э.В.Приходько*

С.І.Семикін, В.Ф.Поляков, О.В.Семикіна, Т.С.Кіяшко

Особливості пиловиділення при виплаві металу в умовах накладення на ванну низьковольтних електричних потенціалів

Метою роботи було визначення можливості поліпшення екології виробництва сталі за рахунок зниження рівня виділення пилу із сталеплавильних агрегатів. На плавках з електричними діями в лабораторних і промислових умовах встановлено зниження рівня пиловиділення в порівнянні з базовими технологіями. Показано різний характер пиловиділення по ходу продувки плавки залежно від полярності струму, що підводиться до фурми. Розглянуто ряд можливих причин зниження пиловиділення при електричних діях.