

УДК 669.187.26

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА СУЛЬФИДНОГО РАФИНИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ РАСПЛАВОВ ОТ МЕДИ

Ю. В. Костецкий, В. П. Карпов, В. И. Омельченко, С.В. Павленко
Донецкий национальный технический университет,
ОАО «Константиновский завод «Втормет»

Експерименти в дослідно-промислових умовах показали ефективність сумісного застосування методів сульфідного рафінування та фільтрації для рафінування залізовуглецевих розплавів від міді. Рафінування може бути реалізоване на етапі виробництва шихтової заготівлі з металобрухту, що забруднений міддю, з наступним її використанням в шихті ДСП, яка працює за стандартною технологією.

В рамках современных сталеплавильных технологий невозможно обеспечить рафинирование жидкого металла от растворенной меди. При производстве стали в дуговых печах заданное содержание данной примеси в готовом металле обеспечивают преимущественно за счет тщательной сепарации и специальной обработки стального лома на этапе его подготовки. Однако таким путем из металлолома можно удалить лишь часть содержащейся меди, что вынуждает сталеплавильщиков уделять серьезное внимание контролю химического состава используемых шихтовых материалов. На этом фоне актуальной задачей остается разработка новых технологий, обеспечивающих возможность эффективной коррекции содержания меди в ванне сталеплавильного агрегата непосредственно в процессе выплавки стали.

С целью создания технологии рафинирования железоуглеродистых расплавов от растворенной меди на Константиновском заводе «Втормет» в опытно-промышленных условиях был проведен комплекс экспериментальных исследований.

Опытные плавки проводили на индукционной сталеплавильной печи емкостью 200 кг. В ходе экспериментов жидкий металл, содержащий до 1-2% меди, обрабатывали порошковыми смесями на основе серы. Порошкообразную смесь реагентов вводили в объем расплавленного металла в потоке аргона с помощью погружаемой фурмы. Ввод реагентов в потоке инертного газа создает благоприятные условия для быстрого насыщения металла серой,

интенсивного перемешивания расплава и минимизации потерь материалов с окислением.

В ходе продувки порошковой смесью концентрация серы в металле возрастает до 0,7-0,9% и в системе поддерживается высокий сульфидный потенциал, необходимый для формирования сульфидной фазы и сульфидирования меди, растворенной в металле [1]. В тройной системе Fe-C-S несмешиваемость между сульфидной и металлической фазами наблюдается лишь в определенном диапазоне составов при повышенных концентрациях углерода [2]. Углерод также повышает коэффициент активности меди в металле и тем самым способствует увеличению значения коэффициента распределения меди между сульфидной и металлической фазами. Кроме того концентрация серы в металле, находящемся в равновесии с жидкой сульфидной фазой из FeS, становится наименьшей при его насыщении углеродом. В связи с этим сульфидная обработка наиболее эффективна для высокоуглеродистых расплавов железа.

Как показали проведенные исследования, присадки алюминия в металл позволяют увеличить степень извлечения меди в сульфидную фазу и одновременно снизить конечную концентрацию серы в металле (до уровня порядка 0,25%), а также повысить выход годного металла. После ввода алюминия происходит значительное увеличение размеров сульфидных включений и трансформация их в глобулярную форму (рис. 1), что способствует их ускоренному всплыванию к поверхности металла, где они поглощаются слоем сульфидного флюса, сформировавшегося в ходе продувки. Разработанная техника обработки обеспечила снижение концентрации меди в металле на 50-60% после одного цикла обработки [3].

Невозможно проводить эффективное рафинирование без защиты слоя сульфидного флюса, находящегося на поверхности металла, от взаимодействия с кислородом воздуха. В ходе экспериментов эту задачу решили путем установки специальной крышки, закрывающей тигель индукционной печи, в сочетании с продувкой аргоном.

Еще одним важным условием эффективного рафинирования, является тщательное разделение сульфидной и металлической фаз после сульфидной обработки. При этом довольно трудно вручную полностью удалить с поверхности металла сульфидную фазу, а также ограничить взаимодействие сульфидного флюса с атмосферным воздухом.

Для решения этой задачи было предложено присаживать на зеркало металла гранулированный материал, сорбирующий

сульфидный флюс. После поглощения сульфидной фазы он может быть легко и достаточно просто удален с поверхности металла. При этом контакт с окислительной атмосферой не ведет к значительному восстановлению меди в металл. В качестве сорбционного материала были испытаны дробленые огнеупорные материалы на основе глинозема, кремнезема и извести. Работоспособность метода была подтверждена в ходе специальных тестов.

Как можно более полное удаление сульфидных включений из металла очень важно, поскольку позволяет полнее отделить сульфидную фазу, содержащую медь, от металла после продувки и улучшить результаты обработки. Для решения этой задачи было решено применить метод фильтрации. В ходе экспериментов после сульфидной обработки металл пропускали через керамический фильтр в процессе разливки. Фильтрующие элементы размещали на входе в литниковую систему опытных отливок. Конструктивно фильтр представлял собой трубку из огнеупорного материала, заполненную кусочками дробленого огнеупора на основе глинозема фракцией 2-10 мм. Перед разливкой фильтр прогревали газовой горелкой. Результаты показали, что фильтрация обеспечивает дополнительное рафинирование металла за счет более полного удаления сульфидов из металла. После фильтрации содержание меди в металле удалось дополнительно уменьшить почти на 50%. Например, в одном из опытов содержание меди в металле уменьшилось с 0,7% до 0,32% .

Серьезным недостатком техники прямой фильтрации, когда расплав проходит непосредственно через фильтрующий элемент, является ограниченный ресурс отдельного фильтра. И, как следствие, невозможность эффективной обработки больших объемов металла. В связи с этим интерес представляет несколько видоизмененный вариант реализации процесса фильтрации, когда частицы твердого фильтрующего материала пропускают через объем жидкого металла. Твердые частицы адсорбируют отдельные сульфидные включения на поверхность и выступают в качестве подложки для зарождения новых. После всплывания фильтрующий материал накапливается на поверхности металла и может быть удален вместе с сульфидной фазой после обработки. Такой подход позволяет организовать рафинирование любых объемов металла.

Последовательное применение методов сульфидной обработки и фильтрации, описанное в данной статье, показало достаточно хорошие результаты. Таким образом, идея сочетания различных методов рафинирования железоуглеродистых от растворенной меди может быть положена в основу промышленной технологии. Следует

отметить, что особенности сульфидной обработки не позволяют использовать его непосредственно в рамках современных сталеплавильных технологий. Необходимость поддерживать высокую концентрацию углерода в металле во время обработки и достаточно высокая концентрация серы в металле после обработки не позволяют сделать это. Однако подобное рафинирование можно реализовать на этапе выплавки шихтовой заготовки из стального лома с повышенным содержанием меди. Полученная в итоге шихтовая заготовка может быть использована в дальнейшем для выплавки стали в ДСП по обычной технологии.

Отдельной проработки требует вопрос десульфурации металла. Содержание серы в металлическом расплаве после сульфидного рафинирования значительно превышает показатели характерные для сталеплавильного процесса. Однако вопросы десульфурации высокоуглеродистых расплавов железа достаточно широко изучались металлургами и возможность решения этой задачи после определенных дополнительных исследований не вызывает сомнения.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о реальной возможности создания промышленного варианта технологии, позволяющей производить сталь из лома с повышенным содержанием меди.

Литература

1. Ki Haeng Hug, Dong Joon Min. Thermodynamic behavior of Cu in molten Fe-C-S alloys at high temperatures /Steel Research. – 2000. – N1-2. – P. 84-88.
2. Wang, C.; Himara, J.; Nagasaka, T., Ban-Ya, S. “Phase Equilibrium of Liquid Fe-S-C Ternary System”, ISIJ International. – 1991. – Vol.31 – N 11. – P. 1292-1299.
3. Способ удаления меди из железоуглеродистого расплава. Патент RU 2268309. Костецкий Ю.В., Лифенко Н.Т., Троянский А.А. и др. Опубл. 20.01.2006 Бюл. №2

30.04.2008

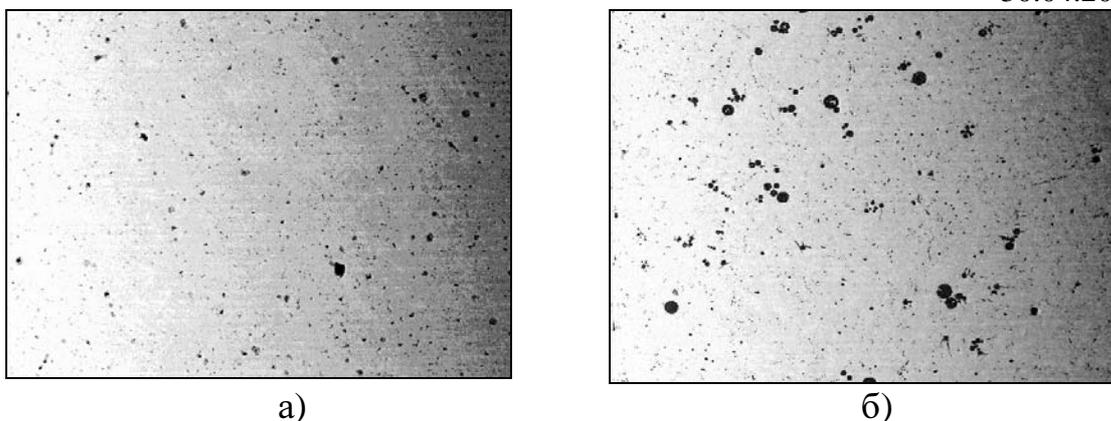


Рисунок 1 – Сульфидные включения в металле до (а) и после (б) присадки алюминия в расплав (увеличение x100)