

Одним из направлений ресурсосбережения при производстве цветных металлов является использование цинксодержащих отходов чёрной металлургии, в которых содержание цветных металлов постоянно увеличивается. Так, на передельных заводах содержание цинка в пылих и шламах достигает 30 %.

Переработка цинксодержащих шламов в агломерационном производстве приводит к увеличению содержания цинка в агломерате, из-за чего превышает допустимый предел цинка, поступающего с шихтой в доменную печь. Наличие цинка в шихтовых материалах доменных печей служит причиной снижения прочности кокса и железорудного сырья, преждевременного разрушения огнеупорной кладки и разрывов кожухов печей, резкого ухудшения газодинамических условий доменного процесса и увеличения расхода кокса. Сброс цинксодержащих шламов в шламонакопители и отвалы приводит к потерям цинка и усугублению экологической обстановки в промышленных регионах.

Решение проблемы полной утилизации цинксодержащих шламов возможно только при комплексном подходе к их переработке с одновременным повышением экологической безопасности в указанных отраслях промышленности. Это ставит вопрос о необходимости дополнительных исследований, направленных на изучение физико-химических и минералогических свойств отходов с определением их металлургической ценности, а также поведения их в процессах извлечения ценных элементов.

Технология пировосстановительных металлургических процессов (основной способ получения вторичных цветных металлов) с извлечением цинка и свинца позволит решить сложную ресурсо-энергосберегающую проблему утилизации ценных отходов производства и повысить экологическую безопасность производства металлов.

Литература.

1. Равич Б.М. Брикетирование в цветной и черной металлургии. – М.: «Металлургия», 1975. – 356 с.
2. Ожогин В.В. Основы теории и технологии брикетирования измельченного металлургического сырья: монография. – Мариуполь: ПГТУ, 2010. – 442 с.
3. Кожевников И.Ю., Равич Б.М. Окускование и основы металлургии. – М.: Металлургия, 1991. – 296 с.
4. Федосеев С.Н. Технология ОХУ Сур для экологически чистого производства черных металлов // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Юрга, 27–28 ноября 2014. – Томск: ТПУ, 2014 – С. 162–167.
5. История брикетирования и предлагаемый способ. Режим доступа: [http://briquet.ru/briquet\\_his.shtml](http://briquet.ru/briquet_his.shtml)
6. Федосеев С.Н., Дмитриева А.В. Переработка железосодержащих отходов методом брикетирования // Актуальные проблемы современного машиностроения: сборник трудов международной научно-практической конференции, Юрга, 11–12 декабря 2014. – Томск: ТПУ, 2014 – С. 458–460.
7. Гоник И.Л., Лсмякин В.П., Новицкий Н.А. Особенности применения брикетируемых железосодержащих отходов // Металлург, 2011 – № 5 – С. 25–27.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ РАСКИСЛЕНИЯ СТАЛИ**

*Ж.М. Мухтар, студ. гр. 10В41,*

*Научный руководитель: Федосеев С.Н., асс. каф. МЧМ*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

*Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. 8-(38451)-6-22-48*

*E-mail: steel13war@mail.ru*

Технология ввода порошковой проволоки в ковш со сталью является экологически более чистой по сравнению с вдуванием порошкообразных реагентов. Это связано как с более высокой степенью усвоения реагентов, вводимых в составе наполнителя порошковой проволоки, так и с особенностями ввода этой проволоки в металл. Особенно ярко эти преимущества проявляются при вводе в жидкую сталь высокоактивных и летучих элементов, например кальция.

При вдувании кальция в токе инертного газа-носителя образуется большое количество дыма, состоящего в основном из оксидов кальция. Это связано с тем, что в этом случае кальций находится в жидкой стали в пузырьках газа-носителя, весь непрореагировавший кальций выносится в атмосферу в виде дыма. Поэтому эксплуатировать установки вдувания порошкообразных реагентов можно

только при наличии вытяжных зонтов. В противном случае будет наблюдаться существенное ухудшение экологической обстановки в сталеплавильном цехе.

При обработке стали кальцием в виде порошковой проволоки со стальной оболочкой условия ввода проволоки можно подобрать такими, чтобы ферростатическое давление металла было больше упругости паров кальция при температуре ванны металла. В этом случае кальций в стали будет находиться в виде жидких капель, которые медленно всплывают, вступая в реакцию со сталью. В отличие от интенсивного перемешивания, при вдувании порошка кальция отсутствие газовой фазы обуславливает большую продолжительность подъема капель кальция, что соответственно обеспечивает более длительное взаимодействие с металлом.

Опыт зарубежных фирм показывает, что, подбирая условия ввода порошковой проволоки (скорость ввода проволоки, толщину стальной оболочки, диаметр проволоки, состав реагентов и интенсивность продувки аргоном) можно практически полностью исключить бурное дымовыделение и выбросы металла, неизбежные при вдувании порошков. Это позволяет при использовании порошковой проволоки для внепечной обработки стали обойтись без специальных вытяжных зонтов и использовать только общецеховую вентиляцию.

За рубежом широкое распространение получило применение порошковой проволоки, заполненной кальцием или его сплавами. Это связано с благоприятным влиянием кальция на химический состав и морфологию неметаллических включений в стали. Обычные способы присадки кальция и других ЩЗМ в сталь не обеспечивает соответствующего раскисляющего, десульфуризирующего и модифицирующего эффекта. Это связано с тем, что его точка кипения – 1490 °С, поэтому при температуре жидкой стали он находится в газообразном состоянии. Растворимость кальция в чистом железе при 1600 °С составляет 0,032 %, а плотность – 1,5 г/см<sup>3</sup>.

Для повышения эффективности применения кальция и снижения его расхода необходимо соблюдать следующие условия:

- футеровка ковша должна быть основной;
- при выпуске металла из сталеплавильного агрегата необходимо отсекал печной шлак;
- необходимо наводить на поверхность металла в ковше синтетический шлак с возможно меньшим содержанием оксидов железа и марганца ( $\text{FeO} + \text{MnO}$ ) < 1 %.
- необходимо полное раскисление стали алюминием, общее содержание кислорода не должно превышать 0,005 %, а его активность – 0,002 %. Это означает, что содержание алюминия должно быть в пределах 0,03...0,04 % [9];
- необходима предварительная десульфурация стали.

Одним из факторов, имеющих решающее влияние на степень усвоения кальция, является глубина, на которую погружается порошковая проволока в ванну металла. При температуре жидкой стали упругость паров кальция составляет приблизительно 0,15...0,20 МПа. Для того чтобы воспрепятствовать испарению кальция, ферростатическое давление металла в ковше должно быть больше упругости паров кальция. Как видно из рис. 2, минимальная глубина, на которой не происходит испарения кальция при температуре 1600 °С, составляет приблизительно 1,2 м.

При обычных температурных условиях в ковше со сталью порошковая проволока расплавляется в течение 1...3 с. Если такую проволоку вводить со скоростью 180 м/мин, то она проникает в ванну с жидким металлом на глубину около 3 м. После расплавления проволоки капли жидкого кальция медленно всплывают, вступая в реакцию со сталью. По достижении критической глубины, т.е. глубины, на которой ферростатическое давление металла уравнивается парциальным давлением кальция, образуется пузырек паров кальция, который быстро поднимается вверх. На поверхности кальций окисляется с выделением дыма, содержащего мелкие частицы оксида кальция.

Для максимального усвоения кальция следует вводить проволоку на такую глубину, чтобы после расплавления порошка образовавшиеся капли успевали бы прореагировать со сталью до достижения критической глубины. Это достигается подбором условий ввода проволоки в металл.

Образование включений, которые до и после прокатки сохраняют глобулярную форму, считается одним из важнейших достижений внепечного рафинирования стали порошковой проволокой, начиненной кальцием. Исследования неметаллических включений в стали показывает, что обработка металла порошковой кальцийсодержащей проволокой преобразует сульфиды, оксид алюминия и силикоалюминаты в глобулярные включения алюминатов кальция с оболочкой, из сульфидов (рис. 1). Одновременно включения существенно измельчаются.

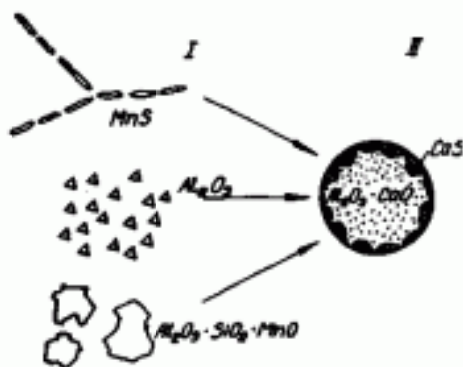


Рис. 1. Видоизмененные природы и морфологии неметаллических включений, получаемые при обработке стали кальцием (I - до обработки кальцием и II - после обработки кальцием)

Большое значение имеет применение порошковой проволоки, начиненной кальцием, для рафинирования стали при непрерывной разливке через открытые разливочные стаканы промежуточных ковшей УНРС. Опыт ряда фирм подтверждает, что рафинирование стали проволокой, заполненной сплавами кальция, почти полностью исключает затягивание разливочных стаканов (из материала с 99 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) в промежуточных ковшах УНРС глиноземистыми включениями и позволяет увеличить долю разливки плавка на плавку.

Это происходит потому, что при обработке стали кальцийсодержащей порошковой проволокой твердые включения глинозема трансформируются в жидкие (при температуре разливки стали) алюмосиликаты кальция, которые легко всплывают и ассимилируются шлаком, и таким образом устраняется зарастание отверстий разливочных стаканов.

На рис. 2 показано влияние чистоты стали и ее состава на зарастание разливочного стакана и жидкотекучесть стали по данным завода фирмы "Бритиш стил" в Лекенби. Считается, что для предотвращения затягивания разливочного стакана соотношение Ca/Al должно быть не менее 0,15.

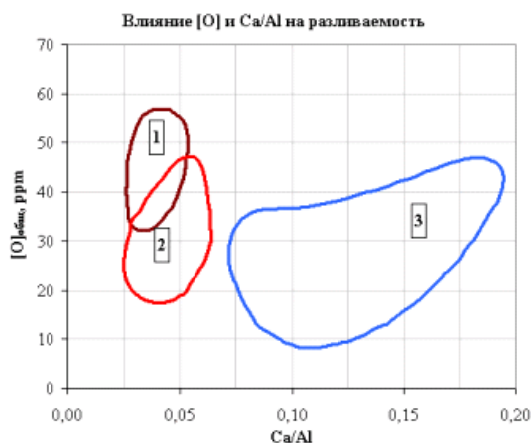


Рис. 2. Влияние содержания кислорода в стали и отношения Ca/Al на жидкотекучесть стали и зарастание разливочного стакана: 1 - зарастание разливочных стаканов; 2 - плохая жидкотекучесть; 3 - хорошая жидкотекучесть

На металлургическом заводе фирмы "Валлурек" в Сен-Сольве, на котором выплавляют спокойные стали с содержанием до 0,07 % Al, проблему зарастания разливочных стаканов решили путем добавления в ковш 0,4...0,8 кг/т 30 %-го силикокальция в виде порошковой проволоки. Обработка стали порошковой проволокой позволяет также изготавливать листовую сталь, характеризующуюся высокой вязкостью и низкой анизотропией.

Ударная вязкость стали возрастает по мере уменьшения содержания в металле углерода, серы, фосфора и размера зерна. Ударная вязкость в поперечном направлении увеличивается по мере снижения длины неметаллических включений в направлении прокатки и, таким образом, зависит от сте-

пени глобуляризации включений. Металл с полностью глобуляризованными включениями имеет одинаковую ударную вязкость как в продольном, так и в поперечном направлениях ( $K_T/K_L = 1$ ). При  $K_T/K_L > 0,9$  сталь почти изотропна.

Полная глобуляризация включений кальцием происходит при низком содержании кислорода и серы в стали. Для хорошо раскисленной стали, степень глобуляризации включений зависит от соотношения между содержанием в металле кальция и серы после ввода порошковой проволоки. Поэтому полная глобуляризация включений (а значит и изотропный металл) получается в хорошо раскисленной алюминием стали в ковше с основной футеровкой и защитой струи металла от вторичного окисления.

Одновременно с улучшением поперечной ударной вязкости повышается также поперечная пластичность металла. К металлу для листов и труб (со стенкой толщиной от 20 до 70 мм) предъявляются требования повышенной поперечной пластичности, которая определяется минимальным уменьшением площади. Таким требованиям удовлетворяет сталь с мелкими равномерно распределенными глобулярными включениями. Поперечная пластичность увеличивается по мере снижения содержания серы и при обработке стали кальцийсодержащей порошковой проволокой, которая действует более эффективно, чем снижение содержания серы.

Вместе с модификацией неметаллических включений и снижением содержания серы увеличивается стойкость стали к водородному охрупчиванию.

При высокоскоростной резке карбидным инструментом основной проблемой является износ режущей кромки в результате сильного абразивного воздействия включений оксидного типа, особенно глинозема. Поэтому трансформация кристаллического глинозема в глобулярный алюминат кальция с сульфидной оболочкой (при содержании в стали более 0,02 % S) приводит к значительному улучшению обрабатываемости металла. Так, обработка цементуемой стали АЕ 8620 порошковой проволокой с силикокальцием (200 г/т) на заводе фирмы "Ovako steel" ("Овако стил"), Финляндия, позволила снизить износ инструмента в 4...5 раз.

Внепечная обработка жидкой стали порошковой проволокой является эффективным средством повышения качества металла и его прецизионной доводке по химическому составу. А также более экологически лучшим средством для раскисления стали.

#### Литература.

1. Техтинен К., Вайнола Р., Сэндаольм Р. Вдувание порошков в раскисленную алюминием сталь для МНЛЗ // Инжекционная металлургия: Сб. М., 1981 – С. 239-248.
2. Робинсон Дж. В Обработка в ковше введением проволоки из металлического кальция, плакированного сталью // Инжекционная металлургия: Сб. М., 1986. С. 365-378.
3. Федосеев С.Н. Повышение износостойкости конструкционных сталей // Сборник научных трудов SWorld: материалы Международной научно-практической конференции "Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2012", Одесса, 2-12 Октября 2012. - Одесса: Куприенко С.В., 2012 - Т. 10 - С. 17-205.
4. Шарафутдинова А. С. Взаимодействие кальцийсодержащих материалов с огнеупорами при внепечной обработке и разливе стали // Современные инновации в науке и технике: сборник научных трудов 4-ой Международной научно-практической конференции; В 4-х томах, Курск, 17 Апреля 2014. - Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2014 - Т. 4 - С. 361-365
5. Гоник И.Л., Лсмякин В.П., Новицкий Н.А. Особенности применения брикетированных железосодержащих отходов // Металлург, 2011 – № 5 – С. 25–27.

## ТЕХНОЛОГИИ БРИКЕТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

*Ж.М. Мухтар, студ. гр. 10В41*

*Научный руководитель: Федосеев С.Н., асс. каф. МЧМ*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

*Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. 8-(38451)-6-22-48*

*E-mail: steel13war@mail.ru*

Обзор существующих способов и технологий брикетирования показывает, что на раннем этапе развития его использовали для окускования углей, затем для окускования первичного металлургического сырья – рудной мелочи, грубых концентратов. В середине XX века брикетирование использовали в основном для окускования измельченных и пылевидных отходов, что связано с трудностью их