

А.Г. Безшкуренко, Л.В. Камкина, А.П. Мешалкин

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

УСЛОВИЯ СНИЖЕНИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ ПРИ ВЫПЛАВКЕ, ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКЕ И НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКЕ СТАЛИ

Повышение температуры жидкой стали, снижающее ее динамическую вязкость, создание крупных комплексных включений с более низкими температурами плавления, облегчающих условия коагуляции и коалесценции твердых частиц и жидких капель при принудительном перемешивании стали в ковше, способствуют удалению неметаллических включений. Лучшие результаты по удалению включений достигаются при организации пузырькового истечения нейтрального газа из сопел диаметром ≤ 3 мм. При различии в составе включений степень удаления этих включений, наряду с перечисленными выше факторами, будет зависеть и от величины их адгезии к стали. Наблюдаемое иногда быстрое удаление глиноземных включений в сравнении с силикатными объясняется действием этого фактора [1].

Обязательными операциями современных технологий выплавки качественных сталей перед их разливкой на МНЛЗ являются доведение до возможно более полного завершения реакций раскисления и десульфурации, проведения легирования и при необходимости модифицирования, усреднения химического состава и температуры стали. Успешное проведение этих финишных операций выплавки внепечной обработки стали в большой степени определяют нормальное течение непрерывной разливки стали, для которой характерна минимальная интенсивность отложений неметаллических включений на стенках внутреннего канала-дозатора, что приводит к его затягиванию и изменению условий разливки. Как установлено исследованиями последних лет, эти отложения представлены тугоплавкими комплексными образованиями, возникшими при разливке стали, раскисленной алюминием.

Установлено, что одним из важных факторов, снижающих интенсивность образования отложений на внутренней поверхности канала стакана-дозатора является уменьшение количества вводимого для раскисления стали алюминия до соблюдения определенного отношения $[Ca]/[Al]$ [2].

Теоретические исследования и анализ промышленных результатов показывают, что основными причинами зарастания погружных стаканов являются: эрозионный износ в зоне шлакового пояса и истечения струи, зарастание внутренней полости неметаллическими фазами в зоне выходного отверстия и растрескивание верхней части изделия, связанное с подсосом воздуха в стык между стаканом-дозатором

и погружным стаканом, а также образование продольных сквозных трещин при термоударе (недостаточный подогрев стакана перед разливкой) [3].

Свойства неметаллических включений после проведения модифицирования стали, которая характеризуется определенным физико-химическим состоянием, изменяются в процессе непрерывной разливки стали. Как показывают результаты исследования, содержание кальция в металле на УНРС уменьшается в 1,5-2,0 раза по сравнению с содержанием его в последней пробе металла на установке «печь-ковш». Такое снижение содержания кальция обусловлено [4] взаимодействием кальция с продуктами раскисления и модифицирования с последующим образованием алюминатов кальция, сульфидов кальция и их комплексов.

Химический анализ отложений при разливке стали в условиях ММЗ показал, что основными элементами отложений являются глинозем (Al_2O_3), содержание которого находится в пределах 46,8-50,5%, кремнезем (SiO_2), оксид магния (MgO) и железа (FeO, Fe_2O_3). Введение в сталь, раскисленную алюминием, кальция и его последующее окисление до CaO в пропорциональных величинах приводит к образованию алюминатов кальция эвтектического состава с температурой плавления порядка $1400^\circ C$, которые при температуре жидкой стали находятся в глобулярном виде [2]. Эти условия соответствуют безаварийной разливке стали на УНРС.

Исходя из величин термодинамических потенциалов, кальций в металле в первую очередь, взаимодействует как раскислитель и десульфуратор (с образованием оксидов и сульфидов кальция), а затем оставшийся кальций работает как модификатор неметаллических включений. Образование тугоплавких сульфидов кальция CaS ухудшает жидкотекучесть так же, как и глинозем. При одновременном использовании в качестве раскислителей алюминия и кальция, образование оксида алюминия или сульфида кальция регулируется их соотношением: при большом расходе алюминия оксидные включения переходят в Al_2O_3 с дальнейшим образованием CaS .

Повышенную склонность к запутыванию в стали карбидных включений (карбида кальция) можно объяснить возрастанием адгезии шлаковой фазы (обогащенной углеродом) до величин, заметно превышающих когезию шлака [5]. Поэтому содержание углерода в ШОСах для кристаллизаторов МНЛЗ, являющихся последним фактором, влияющим на содержание включений в стали, должно быть обосновано в зависимости от марки выплавляемой стали и условий ведения плавки.

Таким образом, исследования особенностей раскисления и модифицирования стали, кинетики удаления включений из стали в сталеразливочном и промежуточном ковшах и в кристаллизаторе в плавленную основу ШОС, а также условий образования

неметаллических фаз на внутренней поверхности погружного стакана и стакана-дозатора при контакте со струей стали и компонентами шлаковой фазы, необходимы для обеспечения режима бесперебойной работы МНЛЗ.

Литература

1. Попель С.И. Факторы, влияющие на скорость всплывания включений в стали / С.И. Попель, А.А. Дерябин // Изв. ВУЗов ЧМ. – 1965. – № 4. – С. 25-29.
2. Анализ причин зарастания каналов дозаторов промежуточных ковшей при разливке высокоуглеродистых марок электростали / Ю.С. Пройдак, Л.В. Камкина, А.Г. Безшкуренко, А.П. Мешалкин // Сб. докладов 10-й научно-практической конференции «Кадры для региона – современная металлургия нового тысячелетия», Липецк, декабрь 2013, Ч 2. – С.177-186.
3. Лукавая М.С. Анализ процесса затягивания погружных стаканов при непрерывной разливке стали / М.С. Лукавая, Г.Г. Михайлов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Металлургия, 2006. – № 10(65).
4. Внепечная обработка расплава порошковыми проволоками : По ред. Дюдкина Д.А. / Д.А. Дюдкин , С.Ю. Бать и др. – Донецк: ООО «Юго-Восток, ЛТД», 2002. – 296 с.
5. Попель С.И. Адгезия железоуглеродистых сплавов и шлаков / С.И. Попель, О.А. Есин, Н.К. Джемилев // Изв. ВУЗов ЧМ. – 1963. – № 6. – С. 5-10.

УДК 669.16

Белов Б.Ф., Троцан А.И., Бродецкий И.Л., Крейденко Ф.С.

Институт проблем материаловедения НАН Украины, Киев

РАФИНИРОВОЧНЫЕ ШЛАКИ ДЛЯ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ДОМЕННОГО ЧУГУНА

В металлургической практике наибольшее распространение получила обработка железоуглеродистых расплавов синтетическими шлаками, которые представляют собой многокомпонентную систему $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-CaF}_2$.

Рафинировочные шлаки оптимального состава характеризуются высокой химической активностью и благоприятными физическими свойствами: относительно низкой температурой плавления и удовлетворительной жидкотекучестью, относительно низким межфазовым натяжением. Однако выбрать конкретный состав шлака с оптимальным соотношением компонентов затруднительно, так как к шлакам предъявляются противоречивые требования. Так, для достижения высокой десульфурующей