

слябовые МНЛЗ, поскольку они машины обычно разливают до 2,5-3,0 млн. т стали в год. Это примерно соответствует массе плавки 250-320 т.

В целом основной прогресс в конвертерном производстве достигается в части совершенствования процесса выплавки стали с целью повышения удельной производительности плавильного агрегата при условии комплексной автоматизации всех элементов технологической цепочки, что обеспечивает дополнительный энерго- и ресурсосберегающий эффект, большую экологическую безопасность, а также оптимальные экономические показатели.

В последние десятилетия основные усилия металлургов были направлены на дальнейшее совершенствование кислородно-конвертерного процесса производства стали. Главными векторами, стимулирующими в последнее время развитие системы производства стали в конвертерах с применением кислорода, видимо, следует считать металлургические комплексы стран Европейского Экономического Союза и Китайской Народной Республики. Эволюция конвертерного производства характеризуется, прежде всего, сокращением количества плавильных агрегатов малой единичной мощности за счет введения в эксплуатацию более мощных агрегатов, обеспечивающих повышение производительности завода в целом. При этом предпочтение отдается конвертерам вместимостью 200-250 т и более с комбинированной продувкой, включающей вдувание аргона через днище. Совершенствование технологической системы производства стали в конвертерных цехах продолжает осуществляться за счет расширения десульфурации чугуна в ковшах, радикального повышения стойкости футеровки, использования эффективных систем отсечки шлака при сливе металла из конвертера, автоматизации процесса плавки, функционального расширения внепечной доводки стали (включая ее вакуумирование) и т.п. В части непрерывной разливки стали предпочтение отдается высокофункциональным МНЛЗ и литейно-прокатным модулям. Вместе с тем современное производство стали в конвертерах с применением кислорода уже представляет собой весьма совершенную систему технологий, базирующихся на небольшом количестве технологических парадигм, которые используют весьма эффективные закономерности, большинство из которых полностью оформились в конце 20-го века и их потенциал практически полностью ограничивается действием физико-химических законов. Соответственно дальнейший прогресс в конвертерном производстве следует ожидать в части повышения эффективности совмещения технологий подготовки чугуна после выпуска из доменной печи, процессов выплавки в конвертере и ковшевой доводки стали, ее разливки на МНЛЗ и т.п.

Литература.

1. Особенности технологии конвертерной плавки / С.К. Носов, Р.С. Тахаутдинов, В.Ф. Коротких и др. // Совершенствование технологии на ОАО "ММК". Сб. тр. ЦЖ. Магнитогорск, 1998. – Вып. 2. – С. 51 – 57.
2. Технология производства стали в современных конвертерных цехах / С.В. Колпаков, Р.В. Старов, В.В. Смоктий и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 464 с.
3. Совершенствование технологии внепечной обработки конвертерной стали / Сарычев А.Ф., Носов А.Д., Коротких В.Ф., и др. // Сталь.2002. № 1.1. С.19-21.
4. Квитко М.П., Афанасьев С.Г. Кислородно конвертерный процесс. – М.: Металлургия, 1974. – 343 с.

РАЗЛИЧИЕ МОДИФИКАТОРОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА СТАЛИ

А.С. Шарафутдинова, студент группы 10В10

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 (384-51) 6-22-48

E-mail: fedoseevsn@list.ru

Обработка металла в ковше позволяет довести его до заданного химического состава, оптимизировать температуру расплава, понизить содержание серы и загрязненность неметаллическими включениями. Но проектирование и строительство современных сталеплавильных комплексов с агрегатами типа печь-ковш и другой сложной техникой требует значительных затрат.

Жидкая сталь после выпуска из плавильного агрегата и последующей обработки в ковше может быть однородной по химическому составу и характеризоваться высокой чистотой по неметаллическим включениям. Однако затем ситуация существенно меняется.

В процессе разливки металла происходит его вторичное окисление, вследствие чего эффект от рафинировочных операций, проведенных в ковше, в значительной степени ослабевает. Кроме того, в процессе кристаллизации металлического расплава происходит снижение растворимости в железе кислорода (в 10 раз) и серы (в 20 раз). Поэтому при затвердевании металла вследствие ликвационных процессов происходит неравномерное распределение в слитке углерода, серы и фосфора. Качество готовой продукции определяется не только получением в составе металла в ковше значительно низких концентраций вредных примесей, на достижение которых требуются значительные материальные затраты.

Путем снижения химической (зональной и дендритной) неоднородности литого металла можно добиваться улучшения всего комплекса его потребительских свойств без применения длительных и дорогостоящих обработок в ковше. Десульфурация металла до содержания 0,003–0,005% серы не ведет к повышению вязкости стали, достижению полной изотропности ее механических свойств и не оправдано экономически. Кроме того, при затвердевании металла происходят трансформация имеющихся в расплаве выделений, образование и рост новых неметаллических включений. Таким образом, формирование качества конечной продукции в определяющей степени зависит не столько от тех манипуляций, которые были произведены с металлом в печи и ковше, сколько от технологии разлива и методов обработки металла на этой заключительной стадии производства жидкой стали.

Особенно большой вклад в снижение качества металла вносят трудноудаляемые глиноземистые включения, присутствующие в прокате в виде строчек, а также легкоплавкие сульфидные включения, располагающиеся по границам зерен. Эти загрязнения провоцируют образование трещин и других пороков поверхности в деформированном металле. Появление таких дефектов приводит к снижению выхода годного, повышению трудозатрат на обрезь и зачистку поверхности и ведет к ухудшению всего комплекса механических характеристик металла. В связи с этими обстоятельствами введен ГОСТ 24182–80, запрещающий использование металлического алюминия для производства рельсов группы качества и допускающий использование для этих целей только комплексных ферросплавов, микролегирующих добавок (титан, цирконий, ниобий) и модификаторов с кальцием, барием, магнием.

Обработка металла многокомпонентными реагентами позволяет достигать более высокой степени рафинирования от оксидных неметаллических включений, более равномерного распределения в слитке оставшихся или вновь образовавшихся выделений. Этот эффект связан с тем, что возникновение комплексных зародышей оксидной фазы в расплавах железа вследствие их более низкого межфазного натяжения может происходить при более низких пересыщениях, вследствие чего формирование крупных и в дальнейшем полнее удаляемых из расплава первичных продуктов раскисления идет более активно [1].

Отметим, что образование критического зародыша новой фазы облегчается в присутствии в металле второго раскислителя. Этот факт имеет особое значение для образования включений при затвердевании расплава, содержащего в своем составе поверхностно-активные примеси. Известен, например, результат [2], когда вследствие воздействия кальция и бария произошло измельчение дендритных осей. Модифицирование кальцием привело, по данным авторов этой работы, к увеличению количества содержащих серу соединений в осях дендритов при концентрации кальция в металле 0,004%. Вследствие введения в жидкий расплав редкоземельных металлов происходит ослабление или даже полное исчезновение У образной и Л образной ликвации [3]. Авторы считают, что редкоземельные металлы, связывая серу в прочные тугоплавкие соединения, снижают ее концентрацию перед фронтом кристаллизации. Представляет интерес и гипотеза механизма действия примесей в связи с образованием неметаллических включений при кристаллизации металла [4].

Предполагается, что образование неметаллических включений в период затвердевания расплава идет на гранях растущих кристаллов по экзотермическим реакциям. Дополнительно выделяющаяся при этом теплота способствует снижению скорости роста кристаллов, ведет к оплавлению отдельных ветвей дендритов, которые становятся новыми центрами кристаллизации.

Таким образом, эффективность введения в жидкий расплав комплекса ШЗМ и РЗМ элементов в литературе многократно доказана. Необходимо отметить, чтобы поверхностно-активные примеси к моменту начала затвердевания присутствовали в кристаллизующемся расплаве в растворе, а не только в виде соединений с серой и кислородом. Добиться этого можно, по-видимому, только при условии обработки металла кальцием или другими легкоокисляющимися элементами непосредственно перед затвердеванием слитка или отливки, например в ходе разлива металла, а не в ковше.

При производстве стального и чугунного литья успешно применяется модифицирование металла кальцийсодержащими реагентами. При введении в стальную расплав кальция, обладающего более высокой раскислительной способностью, чем алюминий, наблюдается трансформация оксидов алюминия в алюминаты кальция, формирующиеся к тому же в сульфидной оболочке. В результате получают отливки с более высокими механическими свойствами, пониженной трещиностойкостью. Модифицирование кальцием получило развитие и при производстве относительно больших объемов металла, разливаемого в слитки и подвергающегося в последующем деформации. Включение во внепечную обработку операции модифицирования металла простейшей композицией в виде силикокальция позволяет существенно снизить загрязненность металла неметаллическими включениями, повысить уровень механических характеристик. Присадка легкоокисляющихся сплавов, какими, как правило, являются модификаторы, наиболее удачна, если она осуществляется путем подачи проволоки, начиненной реагентом, а не добавкой кусков силикокальция непосредственно в ковш в ходе выпуска металла из печи. Усвоение кальция при добавке его кусками в ковш находится в пределах 1,0 – 10,0 %, при введении силикокальция в ковш проволокой – в пределах 21,0 – 42,0 % [5]. Столь высокий уровень усвоения кальция во втором случае можно объяснить тем, что авторами в расчет было принято содержание кальция сразу после его ввода в ковш и снижение содержания кальция в металле в ходе разливки, по-видимому, не было учтено.

Модифицирование металла путем подачи проволоки в ковш не лишено ряда недостатков. Во-первых, велики потери легкоокисляющихся элементов (кальция, алюминия, титана и др.) из-за окисления их покровным шлаком, атмосферным воздухом, футеровкой ковша; во-вторых, для организации работы по этому методу необходимы значительные капитальные затраты; в третьих, возникают технологические трудности, связанные с присадкой кальцийсодержащих реагентов в сталеразливочный ковш: наблюдается зарастание стаканов отложениями глинозема и сульфида кальция; в четвертых, из-за плохой управляемости теплофизическими и физико-химическими процессами, происходящими в ковше, возникают трудности в достижении оптимальных остаточных содержаний в металле кальция.

Многие из этих проблем устраняются перенесением модифицирования стали из ковша на разливку. При этом существенно повышается эффективность воздействия присадок, благодаря тому, что обработка ведется непосредственно перед затвердеванием металла. Результат такой обработки – не только более глубокое «химическое» воздействие, выражающееся, например, в получении более благоприятной глобулярной формы включений, но и «физическое» воздействие, обеспечивающее изменение условий затвердевания слитка (например, инокулирующее действие вводимых в жидкий расплав твердых металлических частиц модификатора).

Следовательно, отметим, что под модифицирование понимается введение в металлические расплавы модификаторов – веществ, небольшие количества которых (обычно не более десятых долей %), вызывают формирование структурных составляющих в округлой или измельченной форме и способствуют их равномерному распределению в основной фазе, что улучшает механические свойства металла.

Литература.

1. Концентрационные условия зарождения продуктов раскисления алюминия, титана, кремния в жидком железе. \ Д.Я. Поволоцкий, В.Е. Рошин, А.Д. Дрозин, Ю.В. Сорокин \ Изв. АН СССР. Металлы. 1977, № 2.
2. Влияние металлического кальция и бария на дендритную структуру и неметаллические включения стали 20Л. \ С.В. Коваленко, В.И. Кучкин, В.С. Коваленко \ Изв. вузов ЧМ. 1990, № 12.
3. Влияние редкоземельных элементов на кристаллизацию стали. \ В.Б. Бессонов, Б.А. Буклан, В.А. Ефимов и др. \ Сб. Проблемы стального слитка, М. 1976.
4. Роль неметаллических включений в процессах кристаллизации стали. \ А.Н. Сучков, А.В. Морев. \ Сб. Неметаллические включения и газы в литейных сплавах. Запорожье, 1979.
5. Использование порошковой проволоки для микролегирования и модифицирования стали. \ Ю.Е. Боженко, С.П. Коршиков, И.П. Потапов, Н.В. Посемин \ Сталь, 2000, № 7.