

**С.Г. Мельник, А.И. Троцан, В.И. Курпас, И.Л. Бродецкий,  
В.Г. Ефимова, С.В. Жук**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев,  
Институт материаловедения НАН Украины, г. Киев, НТТУ «КПИ», г. Киев

### **ВНЕПЕЧНОЕ РАФИНИРОВАНИЕ СТАЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АКТИВНЫХ ШЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ: НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ**

При производстве качественных сталей широко используется внепечная обработка металла продувкой нейтральными газами, вакуумированием, модифицированием ЩЗМ и РЗМ, рафинированием активными жидкими шлаками. Активные рафинировочные шлаки, применяемые при обработке стали в ковше, позволяют улучшить качество металла за счет снижения в нем концентрации вредных примесей. Изменяется при этом и содержание неметаллических включений. С целью определения изменения НВ в конвертерной стали в результате применения ковшевой обработки ее активными рафинировочными шлаками определили состав и содержание НВ в штрипсовой стали 09Г2БТ и низколегированной стали 09Г2С и сопоставили их с данными, полученными по обычной технологии производства этих сталей.

Сталь выплавляли в большегрузных конвертерах из жидкого передельного чугуна и металлического лома продувкой технически чистым кислородом. Раскисление и легирование металла производили в сталеразливочном ковше во время выпуска из конвертера. Активные рафинировочные шлаки формировали в сталеразливочном ковше за счет тепла выпускаемой из конвертера стали присадкой извести и плавикового шпата в соотношении 3:1 (4:1). Продувку стали в ковше аргоном, микролегирование и модифицирование ее выполняли с применением оборудования установок доводки металла – устройств для вдувания газа и газопорошковых смесей, трайб-аппаратов для ввода в металл порошковых проволок и механизированных устройств для присадки корректирующих и микролегирующих добавок. Во время внепечной обработки осуществляли экспресс-контроль химического состава металла и температуры. Сталь после внепечной обработки разливали на машинах непрерывнолитой заготовки МНЛЗ криволинейного типа в слябы.

Отбор проб стали и оценку ее загрязненности проводили в соответствии с требованиями межгосударственного стандарта ИСО 4967 – 79 (ГОСТ 1778 –

70) «Сталь. Металлографические методы определения неметаллических включений» (Метод Л, вариант Л2) для конвертерной стали. Определяли состав и общее содержание НВ (оксидов, силикатов, сульфидов и нитридов) на нетравленных шлифах при увеличении 500 КРАТ. Концентрацию НВ, в соответствии с указанной методикой, определяли в относительных единицах.

Для штрипсовой стали 09Г2БТ, которая с целью глобуляризации НВ обрабатывается силикокальцием, установлено, что общая загрязненность НВ после рафинирования уменьшается в 1,7 раза, а для низколегированной стали 09Г2С – в 1,5 раза. В результате обработки активным рафинировочным шлаком количество силикатов в стали 09Г2БТ снижается от  $1,45 \cdot 10^{-3}$  до  $1,26 \cdot 10^{-3}$ , оксидов – от  $0,85 \cdot 10^{-3}$  до  $0,34 \cdot 10^{-3}$ , сульфидов более, чем в 3 раза – от  $2,76 \cdot 10^{-3}$  до  $0,80 \cdot 10^{-3}$ . В низколегированной стали 09Г2С, которая не подвергается модифицированию силикокальцием, при общем снижении концентрации НВ количество сульфидов после рафинирования расплава снижается примерно в 2,5 раза – от  $3,64 \cdot 10^{-3}$  до  $1,58 \cdot 10^{-3}$ , силикатов – от  $2,61 \cdot 10^{-3}$  до  $2,04 \cdot 10^{-3}$  и оксидов от  $1,75 \cdot 10^{-3}$  до  $0,66 \cdot 10^{-3}$ . После обработки содержание сульфидов уменьшается также в металле из кристаллизатора МНЛЗ от  $6,81 \cdot 10^{-3}$  до  $1,22 \cdot 10^{-3}$ , а в центральной части непрерывнолитой заготовки от  $10,46 \cdot 10^{-3}$  до  $2,08 \cdot 10^{-3}$ .

Из приведенных данных видно, что ковшевая обработка стали рафинировочными шлаками и силикокальцием в сочетании с продувкой аргоном обеспечивает снижение загрязненности стали НВ, в том числе значительное уменьшение количества сульфидов в металле на всех переделах его производства от выпуска из конвертера до получения готовой непрерывнолитой заготовки. Повышение эффективности процесса удаления сульфидов из расплава после модифицирования стали SiCa можно объяснить глобуляризацией сульфидов, способствующей лучшим условиям флотации их из жидкого металла в сталеразливочном и промежуточном ковшах, кристаллизаторе МНЛЗ, а также при затвердевании сляба в МНЛЗ.

Таким образом, внепечное рафинирование стали с использованием активных шлаковых смесей позволяет существенно снизить загрязненность ее НВ и, как следствие, улучшить служебные свойства и конкурентоспособность металла.