

Л. Ю. Назюта¹, И. Н. Костыря², В. С. Денисенко¹

¹ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь ²ПАО «МК «АЗОВСТАЛЬ», г. Мариуполь

ВАКУУМ-УГЛЕРОДНОЕ РАСКИСЛЕНИЕ – ОСНОВНОЙ ИНСТРУМЕНТ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА РАСКИСЛИТЕЛЕЙ

Работа проводилась в условиях ККЦ ПАО «МК «АЗОВСТАЛЬ», оборудованного 350-т конвертерами верхнего дутья, двухпозиционной установкой печь-ковш (АКП) и установкой ковшевого вакуумирования камерного типа.

Анализ плавов текущего производства показал, что при выплавке трубной стали класса прочности К52 – К60 по действующей технологии (ТПП 232-53-2013) основное количество раскислителей (80 – 90 % марганецсодержащих ферросплавов и 40 – 50 % алюминия) вводят в стальковш. При этом в результате высокой окисленности ванны на повалке ([O] до 0,120 % и FeO в шлаке 18 – 23 %) степень усвоения алюминия составляет 10 – 22 %.

Поэтому средний расход алюминия на выплавку стали К52 в среднем составляет 2,62 кг/т стали. Это в 3 – 4 раза выше теоретически необходимого расхода алюминия, а также значительно выше показателей, достигнутых на предприятиях Европы и России, которые имеют относительно одинаковые мощности, в т.ч. средства внепечной обработки.

Основная масса алюминия идет на раскисление металла и шлака. При объемном раскислении продукт этой реакции Al_2O_3 с температурой плавления $t_{пл} = 2072^\circ C$ остается в объеме металла и образует с оксидами марганца и кремния сложные по составу неметаллические включения.

В период внепечной обработки на АКП происходит дальнейшее раскисление металла. При этом за счет продувки нейтральным газом часть НВ выносятся из объема металла и аккумулируются в шлаке. Анализы показывают, что в конце внепечной обработки разница между общим содержанием алюминия (в т.ч. в составе НВ) и растворенным в металле достигает 5 – 12 ppm или 10 – 25 % от общего его содержания в готовой стали. Затем металл поступает на вакуумирование. 350-тонный вакууматор конструкции VAI-Fuchs преимущественно используется для дегазации и частичного удаления НВ.

Известно, что расход алюминия и других ферросплавов может быть значительно снижен за счет предварительного раскисления в ковше карбидом кальция (или другими углеродсодержащими материалами), а также в результате предварительного раскисления металла в вакууме – вакуум-углеродного раскисления металла, которое сопровождается интенсивным выделением пузырьков окиси углерода.

Вакуум-углеродное раскисление колесной стали в условиях Нижнеднепровского трубопрокатного завода позволила снизить окисленность металла в среднем на 0,0013 % (13 ppm). Это составило около 45 % уменьшения окисленности ванны и позволило снизить расход алюминия почти на 40 % от начальных величин.

При проведении опытных плавки с вакуум-углеродным раскислением нами был использован опыт зарубежных предприятий (в т.ч. российской Северстали).

На опытных плавках содержание углерода в металле перед обработкой вакуумом составляло 0,4 – 0,6 % при начальной температуре 1540 – 1560 °С, активность кислорода 260 – 320 ppm. Остаточное давление в системе – менее 0,2 кПа, продолжительность вакуумирования – 30 – 40 мин. При таком давлении углерод является более сильным раскислителем, чем кремний и марганец, и по раскислительной способности близок к алюминию.

Термодинамический анализ показывает, что конечное содержание кислорода в металле после вакуумирования ($[C] \cdot [O] = 3.3 \cdot 10^{-6} P_{CO}$) при $P_{CO} = 130 - 150$ Па должно составлять $[O] = (5,3 - 5,9) \cdot 10^{-6} \%$. Реальные концентрации кислорода оказались значительно больше.

Как показали результаты исследования, в этих условиях происходило интенсивное самораскисление металла. За счет повышения раскислительной способности углерода, активность кислорода снижается до величин 3 – 20 ppm.

Последнее явилось предпосылкой снижения расхода алюминия при выплавке трубной стали К52 на 0,4 – 0,5 кг/т стали. При этом за счет общего снижения окисленности ванны степень десульфурации достигала 94 – 98% отсутствия затрат на ТШС в стальковше.