

Исследование окисленности стали в 350-т конвертерах

© Г. С. Гальперин, А. К. Бученков,
А. И. Александров и В. В. Болотников
АО ЗСМК

Известно, что качество металлопродукции во многом зависит от содержания в расплаве кислорода; при этом наибольшие возможности для экспрессного определения его концентрации имеет метод ЭДС. В нашей стране первые работы по созданию так называемых активометров были выполнены В. И. Явойским, В. П. Лузгиным, А. Ф. Вишкаревым. Активометры нашли широкое применение с началом серийного производства устройства для измерения окисленности стали (УКОС-1), работа которого характеризуется высокой надежностью, хорошей чувствительностью и сходимостью определений.

Проведенные на Западно-Сибирском металлургическом комбинате исследования окисленности стали, выплавляемой в конвертерах, с помощью УКОС-1 показали, что широкий сортамент выплавляемого металла, применение различных типов теплоносителей предопределяют значительные колебания активности кислорода от плавки к плавке.

Было установлено, что амплитуда колебаний ЭДС активометра зависит от содержания углерода в металле на повалке и закиси железа в конвертерном шлаке. При этом с увеличением концентрации углерода амплитуда пульсации ЭДС значительно повышается и слабо зависит от окисленности шлака. Наиболее стабильные значения окисленности металла были получены при $< 0,06\%$ С. Поэтому при расчете активности кислорода в металле принимали наибольшее значение ЭДС активометра.

Обработка экспериментальных данных показала следующую зависимость между активностью кислорода и содержанием углерода на повалке конвертера (рис. 1): $a_O = 0,033 + 0,0022/[C]$; $r = 0,432$.

Однако следует отметить большой разброс значений активности кислорода в расплаве на повалке конвертера, который объясняется в основном нали-

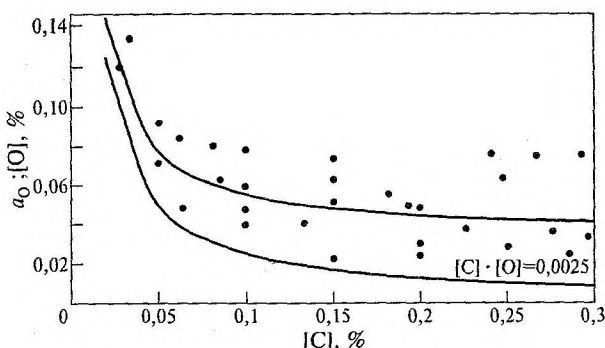


Рис. 1. Зависимость активности кислорода от содержания углерода в расплаве на повалке конвертера

чием окисленного шлака и неравномерностью состава ванны. Так, при содержании углерода в расплаве $> 0,2\%$ и закиси железа $> 22\%$ активность кислорода в области измерения находится ближе к равновесию со шлаком, чем с углеродом расплава.

Повышение температуры расплава до $1630 - 1670^\circ\text{C}$ на повалке приводит к росту активности кислорода на $0,0050 - 0,015\%$, что, по-видимому, объясняется увеличением растворимости кислорода в металле; доля таких плавок весьма незначительна. Влияние концентрации марганца на активность кислорода в расплаве значимо лишь при условии содержания в расплаве $< 0,15\%$ С и в шлаке $< 18\%$ FeO.

Отмечено значительное повышение активности кислорода в расплаве при додувках, особенно при $0,18 - 0,30\%$ С на повалке (рис. 2). Небольшое увеличение активности кислорода в расплаве при таком содержании углерода в случае кратковременных додувок объясняется тем, что при повалке конвертера в металле, как правило, концентрация закиси железа в шлаке не превышает $14 - 16\%$, то есть содержание углерода в значительной мере определяет концентрацию кислорода в расплаве. Додувка металла в течение более $1,5$ мин при $> 0,18 - 0,30\%$ С на повалке приводит к росту содержания закиси железа в шлаке, снижению концентрации углерода в расплаве и, как результат, к увеличению содержания растворенного кислорода в подшлаковом слое. Незначительное повышение концентрации растворенного кислорода при додувках до содержания углерода $0,06 - 0,08\%$ объясняется достаточно высоким

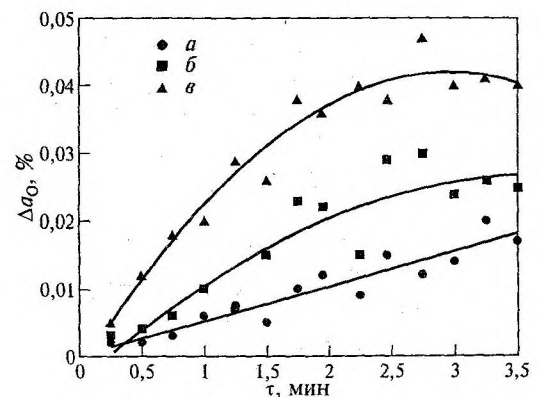


Рис. 2. Влияние продолжительности додувок на активность кислорода в расплаве: а — $0,06 - 0,08\%$ С; $\Delta a_O = 1,0 \cdot 10^4 r_d^2 + 0,0048 r_d + 0,0002$; б — $0,09 - 0,18\%$ С; $\Delta a_O = -0,0022 r_d^2 + 0,0163 r_d - 0,0038$; в — $0,18 - 0,30\%$ С; $\Delta a_O = -0,0049 r_d^2 + 0,0295 r_d - 0,0023$

исходным уровнем концентрации кислорода на повалке.

Изменение активности кислорода в расплаве после выдержки в конвертере (время ожидания результатов химического анализа) показало, что наибольшее снижение активного кислорода наблюдалось при $> 0,14\% \text{ C}$ (рис. 3); при этом Δa_{O} в основном зависит от окисленности шлака. Наиболее стабильные значения активности кислорода в конвертерной ванне получили при $0,06\% \text{ C}$.

Очевидно, что по окончании продувки активность кислорода в металлическом расплаве в конвертере и, особенно в подшлаковом слое, в значительной степени определяется окисленностью шлака. Обработка экспериментальных данных позволила определить влияние содержания углерода при повалке конвертера, температуры металла и продолжительности выдержки расплава в конвертере на соотношение оксидов железа в конечном шлаке. Было получено следующее уравнение множественной регрессии:

$$(\text{Fe}_x\text{O}) = \text{FeO} (16,57 - 1,151[\text{C}]_{\text{пов}} - 0,009t - 0,0378\tau_{\text{выд}}),$$

где (Fe_xO) — суммарное содержание оксидов железа в шлаке в пересчете на FeO , %.

С целью исследовать наблюдаемую на практике зависимость концентраций кислорода в металле от окисленности шлака по экспериментальным данным определили температурные зависимости распределения кислорода между шлаковой и металлической фазами. Статистическая обработка результатов опытных плавков показала, что различие дисперсий для выборки с содержанием углерода менее $0,06\%$ и более $0,12\%$, а также в пределах $0,07 - 0,11\%$ является значимым.

В пересчете на FeO эта зависимость при различной концентрации углерода на повалке конвертера $[\text{C}]_{\text{пов}}$ имеет следующий вид:

$$\lg (\text{Fe}_x\text{O})/a_{\text{O}} = 7883/T - 1,452 \text{ при } 0,06\% [\text{C}]_{\text{пов}};$$

$$\lg (\text{Fe}_x\text{O})/a_{\text{O}} = 9712/T - 2,441 \text{ при } 0,07 - 0,11 [\text{C}]_{\text{пов}};$$

$$\lg (\text{Fe}_x\text{O})/a_{\text{O}} = 5868/T - 0,147 \text{ при } > 0,12\% [\text{C}]_{\text{пов}}.$$

Таким образом, с помощью эмпирического уравнения $\lg (\text{Fe}_x\text{O})/a_{\text{O}} = f(T)$, учитывающего изме-

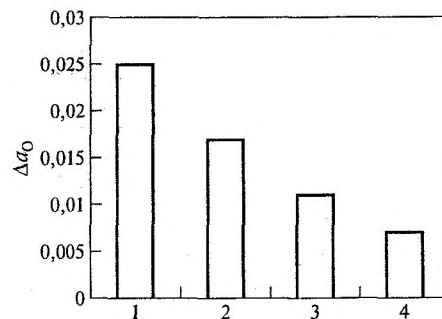


Рис. 3. Снижение активности кислорода в металлической ванне после выдержки в течение 3 — 4 мин при следующем содержании углерода в металле и FeO в шлаке, %:

	1	2	3	4
$[\text{C}]$	0,14	0,14	0,08 — 0,13	0,05
(FeO)	23 — 30	16 — 22	16 — 22	23

нение соотношения оксидов железа в шлаке в зависимости от углерода в металле на повалке конвертера, температуры и продолжительности выдержки металла в конвертере, по результатам измерения окисленности расплава возможно экспрессное определение суммарного содержания оксидов железа в шлаке.

Сравнение результатов экспрессного определения окисленности шлака с результатами химического анализа показало высокую сходимость. Так, количество удовлетворительных определений окисленности шлака, которые не отличались от результатов химического анализа более чем на $\pm 10\%$, составило $87 - 92\%$ в диапазоне определения содержания углерода в металле на повалке.

Заключение

Установлено влияние основных технологических факторов выплавки стали в конвертере на ее окисленность; наличие окисленного шлака в большей степени определяет концентрацию кислорода в верхних горизонтах металлической ванны (в зоне измерения a_{O}). Показана возможность экспрессного определения окисленности шлака по результатам измерения окисленности расплава с помощью УКОС-1.