

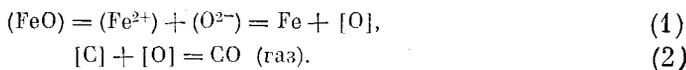
Л. М. НОВИК, Е. З. КАЦОВ, А. И. ЛУКУТИН

**РАСКИСЛЕНИЕ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ
ПРИ ЕЕ ВАКУУМНОЙ ОБРАБОТКЕ В КОВШЕ**

(Представлено академиком Н. В. Агеевым 24 III 1971)

Кислород в низкоуглеродистой стали определяет не только структуру литого металла, но и технологические свойства готовой продукции (¹, ²). Получение высококачественных стальных листов для глубокой вытяжки обычно связывают с возможностью глубокого раскисления металла наряду со снижением содержания углерода до 0,02—0,05%. Подобная задача успешно решается с помощью внепечной вакуумной обработки, осуществляемой различными методами (³, ⁴).

При ковшевом методе вакуумирования низкоуглеродистой стали основными являются следующие реакции:



Суммарный процесс носит сложный гетерогенный характер. Отличительной его особенностью является активная роль газовыделения, обеспечивающего интенсивное перемешивание фаз, принимающих участие в реакциях. Нарастающий поток газа, вызванный смещением равновесия реакции (2) при понижении давления над металлом, обуславливает турбулизацию системы, т. е. существенное развитие межфазной поверхности. Благодаря улучшению контакта на межфазной границе, реакция (1) обеспечивает увеличение потока кислорода из шлака в металл. Это в свою очередь способствует развитию взаимодействия между углеродом и кислородом, растворенными в металле, с выделением газообразной окиси углерода. Таким образом, имеет место обратная связь между гидродинамическим и физико-химическим состояниями ванны.

На рис. 1 представлена условная схема взаимосвязи химических реакций и этапов массопереноса в рассматриваемой системе, откуда видно, что при анализе механизма суммарного процесса следует учитывать по меньшей мере восемь стадий. В соответствии с приведенными выше уравнениями (1) и (2) в системе имеют место противоположно направленные потоки кислорода. По реакции распределения происходит накопление кислорода в металле, а по реакции обезуглероживания — его удаление. Следовательно, в зависимости от того, какой процесс является преобладающим во время вакуумной обработки в ковше, должно наблюдаться либо окисление, либо раскисление металла.

Формально кинетику изменения содержания кислорода в металле можно характеризовать уравнением

$$d[\text{O}] / d\tau = -d[\text{O}]^{\text{CO}} / d\tau + d[\text{O}]^{\text{шп}} / d\tau, \quad (3)$$

где $d[\text{O}] / d\tau$ — скорость изменения фактической концентрации кислорода в металле; $d[\text{O}]^{\text{CO}} / d\tau$ — скорость удаления кислорода из металла; $d[\text{O}]^{\text{шп}} / d\tau$ — скорость поступления кислорода из шлака в металл. В правой части уравнения (3) справедливы следующие преобразования:

$$\begin{aligned}d[\text{O}]^{\text{CO}} / d\tau &= {}^{16}/_{12}d[\text{C}] / d\tau, \\ d[\text{O}]^{\text{шп}} / d\tau &= {}^{16}/_{12}(d(\Sigma\text{FeO}) / d\tau)n,\end{aligned}$$

где $d[C] / d\tau$ — скорость обезуглероживания, $d(FeO) / d\tau$ — скорость раскисления шлага, n — доля шлага по отношению к металлу. После подстановок уравнение (3) приобретает вид:

$$d[O] / d\tau = -^{16}/_{12}d[C] / d\tau + ^{16}/_{72}(d(\Sigma FeO) / d\tau)n. \quad (4)$$

Уравнение (3) или (4) позволяет интерпретировать экспериментальные данные по кинетике изменения фактического содержания кислорода

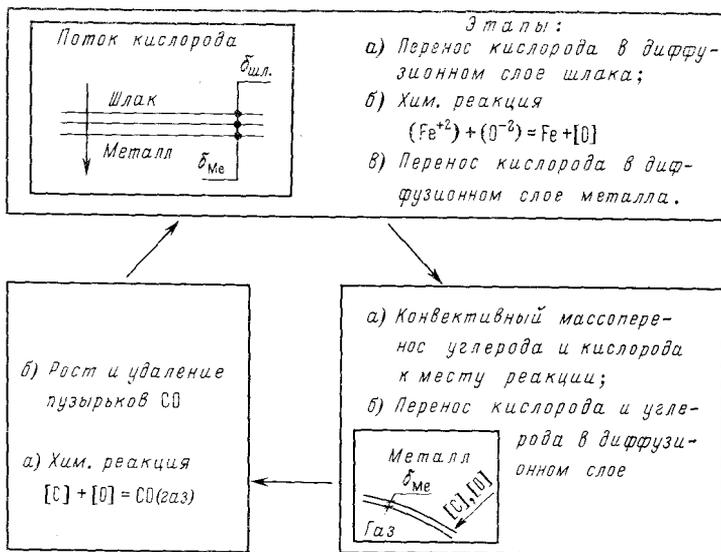


Рис. 1. Схема взаимосвязи процессов, протекающих при вакуумной обработке низкоуглеродистой стали в ковше

в металле для оценки лимитирующих стадий процесса раскисления. В случае, когда обнаруживается, что $d[O] / d\tau < 0$ — процесс раскисления металла углеродом имеет большую скорость, чем процесс перехода кислорода из шлага в металл и, следовательно, лимитирующей стадией в этом случае является один из этапов массопереноса кислорода из шлага в металл. Напротив, при $d[O] / d\tau \geq 0$ скорость раскисления металла углеродом будет меньше, чем скорость массопереноса кислорода из шлага в металл. В этом случае суммарный процесс будет тормозиться одним из этапов, характеризующих реакцию обезуглероживания металла.

На рис. 2 приведены данные по изменению содержания углерода и кислорода в металле по ходу вакуумной обработки опытных плавов низкоуглеродистой стали в ковше. Приведенные данные свидетельствуют, что протекающий одновременно с обезуглероживанием процесс раскисления металла характеризуется $d[O] / d\tau < 0$, поэтому в период активного обезуглероживания общее торможение процесса связано с наиболее медленной стадией доставки кислорода из шлага в металл.

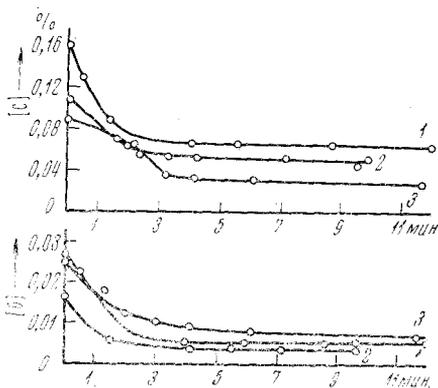


Рис. 2. Изменение содержания углерода и кислорода в металле, обрабатываемом в ковше под вакуумом

Сам факт превалирования в данном случае раскисления металла углеродом над окислением позволяет утверждать, что в условиях ковшевой вакуумной обработки возможно осуществлять окисление значительного количества углерода с одновременным раскислением металла этим же углеродом, что невозможно достигнуть ни в одном из сталеплавильных агрегатов, работающих в условиях атмосферного давления.

Институт металлургии им. А. А. Байкова
Академии наук СССР
Москва

Поступило
18 III 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ И. Копицек, З. Шельте, А. Зикберт. Черные металлы, 82, № 13, 67 (1962).
² J. Doi, Open Hearth Proceedings, 50, 101 (1967). ³ Л. М. Новик, А. И. Лукутин и др., Проблемы стального слитка, 3, 1969, стр. 400. ⁴ J. Tirs. Techn. ekon. Škoda, № 1, 10 (1967).