

*к.т.н. Романчук А.Н.,
к.т.н. Кравченко В.М.,
аспирант Романчук Я.А.
(ДонГТУ, г.Алчевск, Украина)*

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА МЕТАЛЛА И ШЛАКА ПРИ ПЕРЕДУВЕ КОНВЕРТЕРНОЙ ПЛАВКИ

Наведені результати досліджень глибокого знеуглецювання металу в конверторах, отримані залежності які описують динаміку зміни хімічного складу конверторної ванни при вмісті вуглецю 0,08- 0,02%.

***Ключові слова:** десульфуріяція, дефосфоруція, метал, шлак, кисневий конвертор, передув.*

Приведены результаты исследований глубокого обезуглероживания металла в конверторах, получены зависимости описывающие динамику изменения химического состава конвертерной ванны при содержании углерода 0,08 - 0,02%.

***Ключевые слова:** десульфурация, дефосфорация, металл, шлак, передув.*

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Транспорт является крупнейшим потребителем стали, в основном листовой. Автолистовые стали, особенно предназначенные для штамповки деталей относятся к сталям с содержанием примесей на минимально возможном уровне.

Анализ исследований и публикаций. Анализ отечественных и зарубежных исследований и разработок показывает, что большое внимание уделяется вопросам совершенствования технологии выплавки низкоуглеродистых сталей на завершающем этапе продувки металла кислородом. В работах [1-2] приведены теоретические и практические исследования динамики изменения химического состава конвертерной ванны в процессе продувки, в частности при достижении 1-й и 2-й критических концентраций углерода в металле. Вместе с тем изменение химического состава металла и шлака при содержании углерода 0,08-0,02% изучено не достаточно.

Постановка задачи. Исследовать влияние глубокого обезуглероживания металла на динамику изменения химического состава металла и шлака при производстве стали марки SAE-1006.

Изложение материала и его результаты. Исследования проведенные на металлургическом комбинате ПАТ «АМК». В конвертерном цехе установлены два конвертера емкостью 300 т., работающих комбинированным процессом, в котором сочетается верхняя кислородная продувка с интенсивностью 3-4 м³/(мин·т) с подачей через днище перемешивающих нейтральных газов – аргона, с интенсивностью 0,013–0,033 м³/(мин·т). Поступающий в цех чугуна подвергают десульфурации в заливочных ковшах, путём вдувания через погружную фурму порошкообразной смеси порошкообразной смеси карбида кальция и алюминия. Расход чугуна составляет 850-900 кг/т.

В сортаменте цеха преобладают низкоуглеродистые стали для получения листа с глубокой вытяжкой.

Химический состав стали марки SAE-1006 приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав стали марки SAE-1006

| Элемент | C | Mn | Si | Al | S | P |
|---------------|-----------|---------|---------|-----------|---------|---------|
| Содержание, % | 0,02-0,05 | 0,2-0,3 | < 0,025 | 0,03-0,06 | < 0,010 | < 0,015 |

Из рисунка 1 видно что снижение содержания углерода с 0,08 до 0,025 % приводит к существенному снижению содержания остаточного марганца в металле . Зависимость имеет вид:

$$[\%Mn] = 1,1849 \cdot [\%C] + 0,0404, R^2 = 0,4013.$$

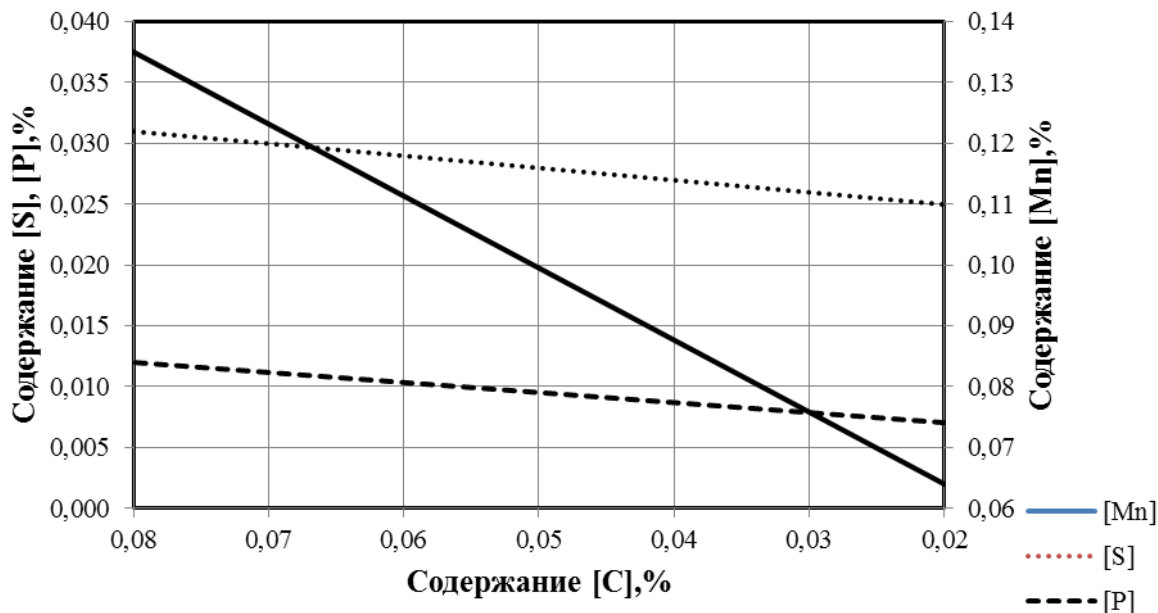


Рисунок 1 – Динамика изменения химического состава металла при глубоком обезуглероживании конвертерной ванны

В таблице 2 представлены химический состав металла и шлака опытных плавов.

Таблица 2 – Химический состав металла и шлака опытных плавов

| Массовая доля элементов, % | | | | Т-ра металла, С | Химический состав шлака, % | | | | Основность |
|----------------------------|-------|--------|--------|-----------------|----------------------------|------------------|-------|--------------------------------|------------|
| С | Mn | S | P | | CaO | SiO ₂ | FeO | Fe ₂ O ₃ | |
| 0,082 | 0,146 | 0,0263 | 0,0116 | 1641 | 45,89 | 15,04 | 15,98 | 10,84 | 3,17 |
| 0,077 | 0,101 | 0,0306 | 0,0069 | 1637 | 45,09 | 9,37 | 18,31 | 12,42 | 5,21 |
| 0,059 | 0,099 | 0,0313 | 0,0053 | 1615 | 43,95 | 11,34 | 18,32 | 12,43 | 4,15 |
| 0,056 | 0,156 | 0,0209 | 0,0093 | 1641 | 42,03 | 18,18 | 20,60 | 13,98 | 3,42 |
| 0,049 | 0,076 | 0,0249 | 0,0058 | 1608 | 42,52 | 13,31 | 19,54 | 12,26 | 3,42 |
| 0,045 | 0,096 | 0,0269 | 0,0100 | 1623 | 45,25 | 15,85 | 14,53 | 9,86 | 3,06 |
| 0,04 | 0,079 | 0,0196 | 0,0063 | 1649 | 44,60 | 13,84 | 16,88 | 11,46 | 3,46 |
| 0,039 | 0,109 | 0,0231 | 0,0075 | 1630 | 46,18 | 17,12 | 14,19 | 9,63 | 2,89 |
| 0,039 | 0,09 | 0,023 | 0,0144 | 1630 | 43,05 | 17,22 | 16,72 | 11,34 | 2,67 |
| 0,038 | 0,117 | 0,0256 | 0,0263 | 1675 | 39,47 | 14,06 | 23,19 | 15,73 | 3,09 |
| 0,035 | 0,068 | 0,0487 | 0,0086 | 1629 | 42,41 | 14,25 | 19,32 | 13,11 | 3,19 |
| 0,032 | 0,054 | 0,049 | 0,0151 | 1649 | 41,25 | 10,57 | 20,01 | 13,58 | 4,15 |
| 0,032 | 0,071 | 0,0277 | 0,0108 | 1668 | 45,20 | 8,70 | 21,06 | 14,29 | 5,49 |
| 0,031 | 0,115 | 0,031 | 0,0146 | 1644 | 44,76 | 9,95 | 20,51 | 13,91 | 4,73 |
| 0,031 | 0,057 | 0,0279 | 0,0098 | 1629 | 37,33 | 9,09 | 24,58 | 16,67 | 4,56 |
| 0,03 | 0,109 | 0,0382 | 0,0101 | 1625 | 35,93 | 14,39 | 22,25 | 15,09 | 2,80 |
| 0,03 | 0,071 | 0,0274 | 0,0097 | 1653 | 38,39 | 7,88 | 24,97 | 16,94 | 5,61 |
| 0,029 | 0,063 | 0,0256 | 0,0116 | 1690 | 39,55 | 7,98 | 23,64 | 16,03 | 5,47 |
| 0,026 | 0,063 | 0,0346 | 0,0164 | 1630 | 39,98 | 8,06 | 22,33 | 15,15 | 5,50 |
| 0,025 | 0,046 | 0,0278 | 0,0145 | 1692 | 42,32 | 10,65 | 19,47 | 13,21 | 4,43 |

Ускорение десульфурации в конце конвертерной плавки совпадает с резким увеличением $\Sigma(FeO)$ в шлаке. Это свидетельствует о том, что окисленность шлака имеет решающее значение для десульфурации металла, несмотря на отрицательное влияние повышения (FeO) на термодинамику процесса. Вместе с тем рост (FeO) положителен для десульфурации до определенного предела, отвечающего отношению $(\%FeO)/(\%CaO) = 0,3$ [3].

Анализ квазитройной диаграммы конвертерных шлаков, показывает что максимальное значение коэффициента распределения серы между шлаком и металлом соответствует высокоосновным шлакам содержащим

$$(CaO + MgO + MnO = 65 - 75\%),$$

$$(FeO) + (Fe_2O_3) = 15 - 22\%.$$

На опытных плавках **(Fe)** составило 17,8-30,9%, что приводит к уменьшению коэффициента распределения серы между шлаком и металлом и только увеличение количества шлака сохраняет достигнутую ранее степень десульфурации металла.

При снижении содержания углерода с 0,08 до 0,025 % наблюдается тенденция к увеличению содержания фосфора в металле.

На практике для контроля процесса дефосфорации металла обычно используют коэффициент распределения фосфора между металлом и шлаком $Lp' = \frac{(\%P_2O_5)}{[P]}$.

По ходу конвертерной плавки Lp' колеблется в пределах 50-500 в зависимости от **(%FeO)**, величины основности и температуры металла. Фактические значения Lp' несколько ниже равновесных и зависят от степени приближения системы металл-шлак к равновесию. Оценивая влияние основности и окисленности шлака на Lp' японские исследователи установили что существуют оптимальные значения содержания **(FeO)** в шлаке (14-18%) и отношение $\frac{\%CaO}{\%FeO} = 2,5 - 3$ при которых Lp' максимально.

Из рисунка 2 видно что со снижением содержания углерода в металле, содержание оксидов железа в шлаке растет.

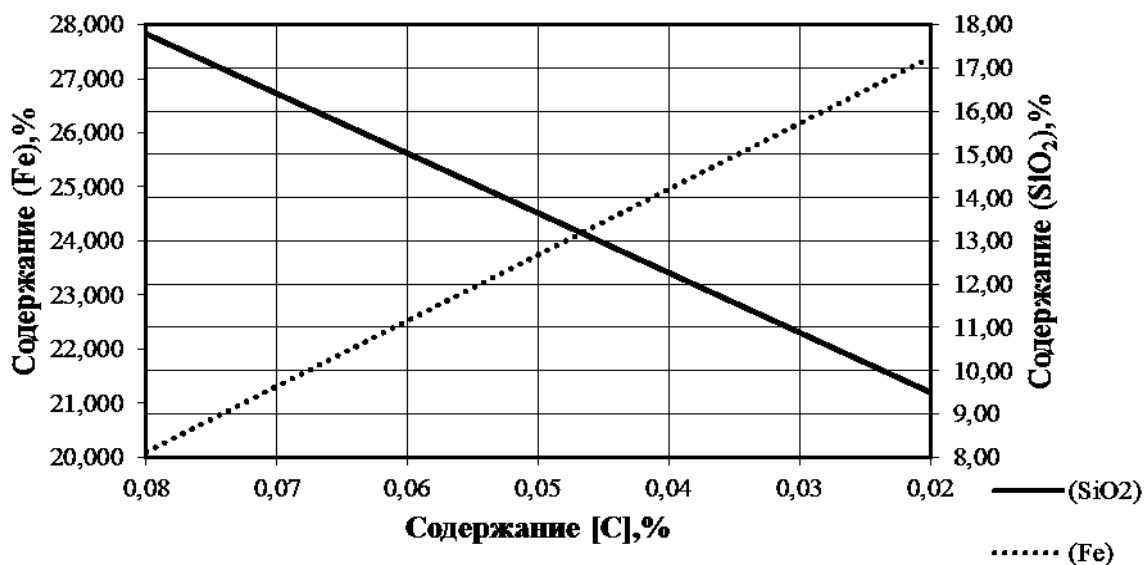


Рисунок 2 – Динамика изменения химического состава шлака при глубоком обезуглероживании конвертерной ванны

На опытных плавках отношение $(\%CaO)/(\%FeO)$ меньше 2,5 что ведет к уменьшению активности (CaO) в шлаке и снижению Lp' , и только увеличение количества шлака обеспечивает степень дефосфорации металла на достигнутом уровне.

С увеличением содержания оксидов железа в шлаке и массы конечного шлака содержание SiO_2 в шлаке снижается.

Зависимость имеет вид:

$$(\%SiO_2) = 138,54 \cdot [\%C] + 6,67, R^2 = 0,4238.$$

Снижение содержания SiO_2 связано с разбавлением шлака с оксидами железа и марганца.

Выводы и направление дальнейших исследований.

1. При снижении остаточного содержания углерода в металле (с 0,08 до 0,025 %) содержание марганца в металле существенно снижается, а сера и фосфор при этом практически не удаляются.

2. При глубоком обезуглероживании металла значительно увеличивается содержание оксидов железа в шлаке и масса шлака, что подтверждается снижением содержания SiO_2 в шлаке.

3. Необходимый передув металла при производстве стали марки SAE-1006, ведет к уменьшению выхода годного, способствует увеличению износа футеровки, повышению расхода марганецсодержащих материалов.

4. Рекомендуется заканчивать процесс обезуглероживания металла в конверторах при содержании углерода в металле не менее 0,08% с последующим обезуглероживанием расплава вне конвертера за счет аргоно-кислородной продувки.

Библиографический список

1. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали: учебник для вузов / В.А. Кудрин. – М.: «Мир», ООО «Издательство АСТ», 2003. – 528 с.

2. Поживанов М.А. Выплавка стали для автолиста / М.А. Поживанов, Е.Х. Шахпазов, А.Г. Свяжин. – М.: Интерконтакт Наука, 2006. – 166 с.

3. Меджибожский М.Я. Основы термодинамики и кинетики сталеплавильных процессов / М.Я. Меджибожский. – Киев. – Донецк.: Вища школа, 1979. – 280 с.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Петрушовым С.Н.

