

УДК 669.02/09:51.001.57:669.13:669.054.82.083.133

А.Ю. Гринько, Д.Н. Тогобицкая, А.И. Белькова

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ «ЧУГУН-ШЛАК»

Аннотация. В работе на основе методики определения активностей элементов многокомпонентных металлических и шлаковых расплавов, созданной в ИЧМ, разработан критерий оценки термодинамического состояния системы «чугун-шлак». Показана перспективность использования данного критерия на фактических данных о процессе доменной плавки.

Ключевые слова: чугун, шлак, критерий, термодинамика, активность элемента.

Важнейшая роль в исследовании и оптимизации процесса выплавки чугуна заданного качества отводится термодинамическому описанию системы «чугун-шлак» в горне доменной печи. Использование критериев оценки термодинамического состояния системы «чугун-шлак» в качестве алгоритмической составляющей систем управления шлаковым режимом доменной плавки позволит не только увеличить их эффективность, но и оценить процесс выплавки чугуна с точки зрения термодинамики, что может дать не только более полное понимание процесса с позиций теории расплавов для науки, но и повысить эффективность системы управления процессом.

Для разработки критерия оценки термодинамического состояния системы «чугун-шлак» был определен набор экспериментальных данных из 395 выпусков доменной печи №9 на ОАО «Арселор Миттал Кривой Рог» [1]. Из них 247 выпусков удовлетворяют интервалам качества ($0.6 \leq [Si] \leq 0.9$, $[S] \leq 0.03$, $1.1 \leq (CaO)/(SiO_2) \leq 1.3$). Такие выпуски были названы нами как «хорошие» и в дальнейших иллюстрациях будут отображаться кружочками. Далее были выделены 132 выпуска, не удовлетворяющие условию $0.6 \leq [Si] \leq 0.9$ – такие выпуски были названы нами «плохие» выпуски по кремнию и в дальнейших иллюстрациях будут отображаться треугольниками. Следующая группа с показателем $[S] > 0.03$ была обозначена квадратиками и

© Гринько А.Ю., Тогобицкая Д.Н., Белькова А.И., 2010

названа «плохие» выпуски по сере – в нее вошли 36 выпусков из 395 рассматриваемых. Выпуска, не удовлетворяющие условию $1.1 \leq (CaO)/(SiO_2) \leq 1.3$ попали или в группу «плохие» выпуски по кремнию или в группу «плохие» выпуски по сере. Кроме этого некоторые выпуски попали в обе группы «плохих».

В результате многоплановых исследований [2,3] влияния активностей компонентов чугуна и шлака на коэффициенты распределения серы и кремния между чугуном и шлаком, в работе предлагается отношение $\frac{a_{[Si]}}{a_{(SiO_2)}}$ в качестве критерия для оптимизации технологии доменной плавки, обеспечивающее выпуск кондиционного по кремнию чугуна. При этом величины $a_{[Si]}$ и $a_{(SiO_2)}$ вычислялись по моделям (1) и (2) соответственно:

$$a_{[X]} = C_{[X]} \cdot 10^{1.21 \cdot (\rho_{l[X]} + Z^Y \cdot Z_{0[X]}^Y) - 5.64}, \quad (1)$$

где $C_{[X]}$ – концентрация компонента X в металлической системе, $\rho_{l[X]}$, $Z_{0[X]}^Y$ – соответственно зарядовая плотность и параметр состояние до вступления в реакцию компонента X , Z^Y – химический эквивалент, суммирующий данные об эффективных зарядах всех компонентов металлического расплава;

$$a_{(X)} = C_{(X)} \cdot 10^{3.1 \cdot (\rho_{l(X)} + Z^Y \cdot Z_{0(X)}^Y) - 18.16}, \quad (2)$$

где $C_{(X)}$ – концентрация компонента X в шлаковой системе, $\rho_{l(X)}$, $Z_{0(X)}^Y$ – соответственно зарядовая плотность и состояние до вступления в реакцию компонента X , Z^Y – химический эквивалент, суммирующий данные об эффективных зарядах всех компонентов шлакового расплава.

Если использовать отношение $\frac{a_{[Si]}}{a_{(SiO_2)}}$ для попытки ответа на вопрос «Какой должны быть величина коэффициента распределения кремния между чугуном и шлаком для обеспечения кондиционности

чугуна по кремнию?», то из рисунка 1 видно, что отношение $\frac{a_{[Si]}}{a_{(SiO_2)}}$

в качестве условия $60 \leq \frac{a_{[Si]}}{a_{(SiO_2)}} \leq 100$ является критерием качества

чугуна по кремнию в конкретных условиях плавки. При этом коэффициент распределения L_{Si} , соответствующий требованию качества, изменяется в пределах: $45 \leq L_{Si} \leq 65$. Данная иллюстрация охватывает 247 «хороших» выпусков и 132 «плохих» выпуска по кремнию.

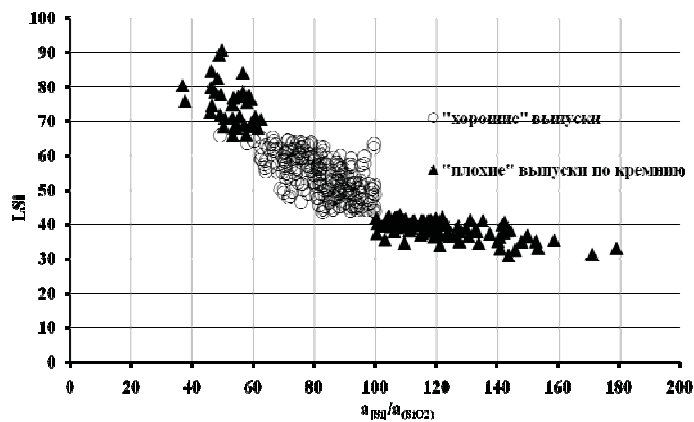


Рисунок 1 - Отношение $\frac{a_{[Si]}}{a_{(SiO_2)}}$ в качестве критерия качества чугуна по кремнию

Для ответа на вопрос «Какой должны быть величина коэффициента распределения серы между чугуном и шлаком для обеспечения кондиционности чугуна по сере?» была составлена выборка, включающая в себя 247 «хороших» выпусков и 36 «плохих» выпуска по сере. Как видно из рисунка 2, отношение $\frac{a_{[Si]}}{a_{(SiO_2)}}$ может быть рекомендовано и в качестве критерия,

отображающего кондиционность чугуна по сере. Условие $\frac{a_{[Si]}}{a_{(SiO_2)}}$ дает

также ответ о величине коэффициента распределения серы между чугуном и шлаком для обеспечения кондиционности чугуна по сере: $L_S > 40$.

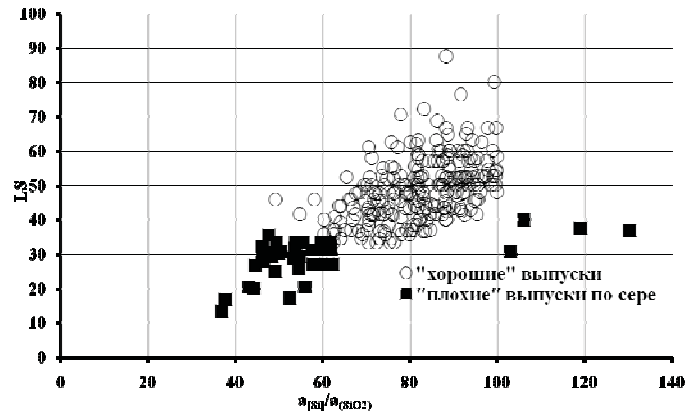


Рисунок 2 - Отношение $\frac{a_{[Si]}}{a_{(SiO_2)}}$ в качестве критерия качества чугуна по сере

Как видно из рисунка 3, отношение $\frac{a_{[Si]}}{a_{(SiO_2)}}$ повышает информационную мощность критерия качества чугуна по сере и кремнию против традиционно используемого критерия основности шлака.

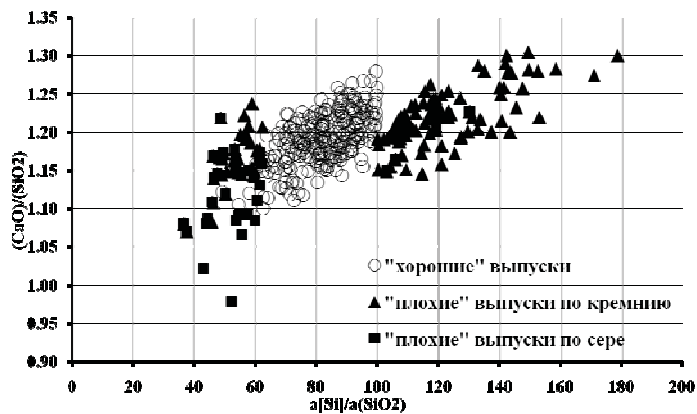


Рисунок 3 - Сравнительная оценка критериев $\frac{a_{[Si]}}{a_{(SiO_2)}}$ и основности

Таким образом, можно сделать вывод о том, что выражение $\frac{a_{[Si]}}{a_{(SiO_2)}}$ является более обобщенным критерием качества чугуна по содержанию в нем серы и кремния (рис. 4), отображая область кондиционности и некондиционности чугуна.

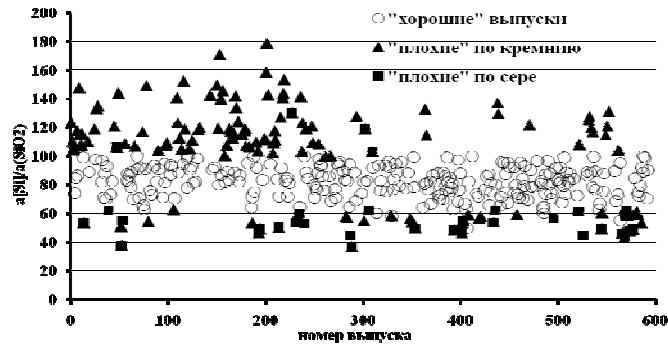


Рисунок 4 - Применение критерия $a_{[Si]}/a_{(SiO_2)}$ для описания

выпусков, кондиционных и некондиционных по сере и кремнию

Таким образом, из всего вышеизложенного можно сделать следующий вывод: для получения чугуна, удовлетворяющего требованиям качества $0.6 \leq [Si] \leq 0.9$, $[S] \leq 0.03$,

$a \leq (CaO)/(SiO_2) \leq b$, следует вести доменный процесс так, чтобы

$c \leq \frac{a_{[Si]}}{a_{(SiO_2)}} \leq d$. Параметры a, b, c, d определяются по данным

выпусков в конкретных сырьевых и технологических условиях.

Использование отношения $a_{[Si]}/a_{(SiO_2)}$ в качестве критерия оценки термодинамического состояния системы «чугун-шлак» обеспечивает уровень значений коэффициентов распределения серы и кремния между чугуном и шлаком, соответствующий кондиционному по сере и кремнию чугуна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Информационная привязка к шихтовым и технологическим условиям, анализ обобщающих критериев управления, внедрение и оценка эффективности функционирования подсистем «Разгар футеровки металлоприемника, распределения дутья по фурмам, шлакового режима и теплового состояния горна по содержанию углерода в чугуне» в составе АСУТП ДП №9: Отчет о НИР / ИЧМ НАНУ – №1376. – Днепропетровск, 2005. – 157с.

2. Гринько А.Ю. Определение численного значения активности углерода в системе «железо-углерод-легирующий компонент» // Сб.н.т. «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии». – 2004. – №7 – с.331-336

3. Гринько А.Ю., Тогобицкая Д.Н. Прогнозирование термодинамических свойств расплавов при выплавке чугуна // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. науч. тр. – Днепропетровск, 2005. – Вып.11. – С. 185-193.