

Студент гр. 104324 Колоско П.С.

Научный руководитель – Чичко А. А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Одной из задач современного сталеплавильного производства является снижение себестоимости выплавляемой стали. Важную роль при этом играет оптимизация плавки с целью уменьшения расходуемых шлакообразующих, коррозии футеровки и потерь тепла со шлаком. Потери тепла в ходе окислительного рафинирования стали обусловлены нагревом и разложением вводимых шлакообразующих, износ футеровки – вымыванием из нее окиси магния. Мерой снижения материальных и энергетических затрат может являться оптимизация состава сталеплавильного шлака.

Целью настоящей работы является моделирование шлакового режима плавки с целью установления пределов удаления фосфора при обновлении шлака добавкой извести с фиксированной массой, а также оптимизация концентрации окиси магния в сталеплавильном шлаке.

При моделировании шлакового режима использовались термодинамические расчеты растворимости окиси магния, коэффициента перераспределения фосфора между металлом и шлаком а также нагрева и разложения известняка. Для расчета растворимости окиси магния и распределения фосфора использовался аппарат теории регулярных ионных растворов, при этом с использованием теории Кожеурова наряду с влиянием температуры учитывалось взаимное влияние компонентов шлака на их активности. При этом предварительно была произведена проверка адекватности используемых моделей: для коэффициента распределения фосфора – по экспериментальным данным Белорусского металлургического завода, для растворимости окиси магния – по литературным данным [1]. В качестве источника термодинамических данных был использован справочник [2]. В ходе проведения экспериментальных исследований осуществлялся отбор образцов шлака и металла с интервалом 3 – 4 мин через рабочее окно 100 – тонной дуговой печи РУП БМЗ. При этом для получения адекватной картины каждая проба шлака включала 4 – 5 одновременно отобранных образцов. Далее с помощью плазменной спектроскопии проводились анализы отобранных проб шлака на содержание SiO_2 , CaO , FeO , MgO и металла на содержание C и P .

В основе коррозии футеровки лежит процесс растворения и вымывания одного из основных компонентов – оксида магния. Скорость протекания данного процесса описывается уравнением:

$$V = kS(C_{\text{нас.}} - C)$$

где: V – скорость растворения, кг/с; S – площадь раздела фаз, м^2 ; $C_{\text{нас.}}$ и C – концентрации оксида магния в соответственно насыщенном и текущем составе шлака, %

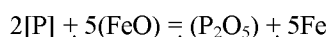
Распространенной практикой снижения агрессивного воздействия шлака на футеровку является повышение основности шлака и его насыщение по окиси магния путём введения добавок доломита. При этом достигается предел растворимости по окиси магния, разность $(C_{\text{нас.}} - C)$ уменьшается и растворение футеровки блокируется. Однако при введении доломита важно не допустить превышения концентрации окиси магния над пределом ее растворимости, что в противном случае вызовет выделение кристаллической фазы из шлака, то есть сделает его гетерогенным и ухудшит его рафинирующую способность вследствие затруднения протекания в нем массопереноса.

Разработанный алгоритм расчета растворимости окиси магния в сталеплавильных шлаках позволяет оценить массу добавки доломита, необходимой для достижения предела насыщения и снижения агрессивного воздействия на футеровку сталеплавильного агрегата. При этом учитывается влияние компонентов шлака и температуры.

Пределы удаления фосфора

Фосфор является вредной примесью, отрицательно влияющей на механические свойства стали, в частности, вызывающей повышение хрупкости. В большинстве распространенных марок сталей допустимое содержание фосфора ограничивается пределами 0,015 – 0,07%. Поэтому при получении высококачественной стали распространенной практикой является окисление фосфора и перевод его в шлак по ходу плавки, то есть дефосфорация металла. Шлак при этом выступает в роли экстрагента, извлекающего фосфор из металла и прочно его удерживающего в виде оксида.

В основе удаления фосфора лежит химическая реакция, которую в упрощённом виде можно представить так:



Как видно из уравнения реакции, протеканию процесса удаления фосфора из металла способствует понижение активности его оксида в шлаке. Поэтому для успешного протекания дефосфорации необходимо как дальнейшее связывание оксида фосфора в шлаке в форме различных соединений, так и

обновление шлака. Наиболее прочные соединения формируются при введении в шлак извести, однако ее избыточные количества также нежелательны. В рамках разработанной модели возможен расчет коэффициента распределения фосфора между металлом и шлаком в зависимости от его состава и температуры. Точность моделирования была проверена путем экспериментального определения коэффициента распределения фосфора. Коэффициент парной корреляции массивов экспериментальных и расчетных данных составил 0,75. Результаты сравнения экспериментальных и расчетных данных представлены на рис. 1:

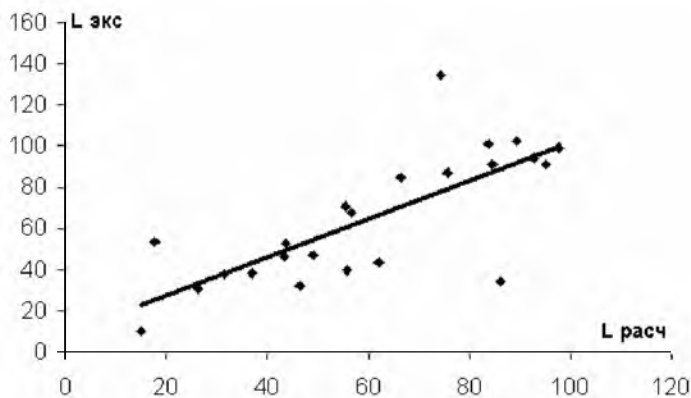


Рис. 1. Корреляция экспериментальных и расчетных значений коэффициента распределения фосфора L

При известном значении коэффициента распределения L можно рассчитать количество фосфора, удаляемое при введении в шлак извести известной массы. На рис. 2 приведен пример моделирования снижения общего содержания фосфора в модельной системе при введении порций извести в шлак массой 10 кг, находящийся на металле массой 100 кг и общим содержанием фосфора 0,1 кг:

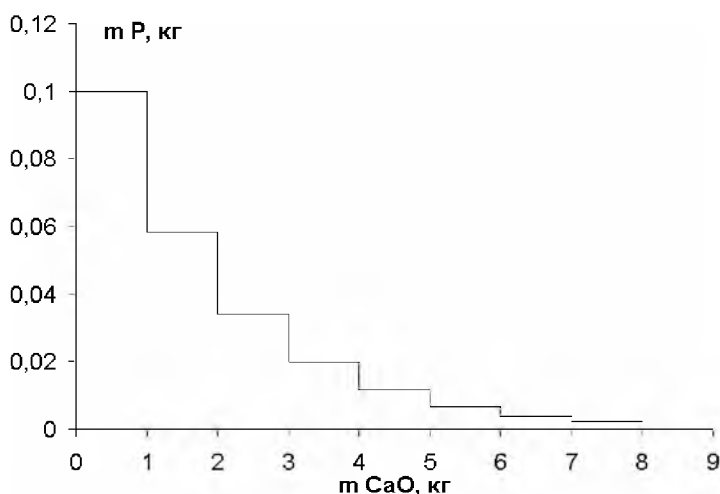


Рис. 2. Остаточный уровень содержания фосфора в системе при введении порций извести массой по 2 кг

Экономические затраты

Зачастую улучшение одного из показателей может приводить к общему удорожанию процесса, поэтому при любых рекомендациях по совершенствованию шлакового режима требуется расчёт сопутствующих энергетических и экономических затрат. Разработанная модель позволяет учесть тепловые потери на нагрев и разложение вводимых шлакообразующих добавок, что наряду с исходными данными по стоимости используемых материалов и электроэнергии помогает выбрать наименее затратный способ осуществления процесса.

Литература

1. Кожеуров В. А. Термодинамика металлургических шлаков. – Свердловск: ГНТИЛ, 1955.
2. Краткий справочник физико-химических величин / Под редакцией Мищенко К.П., Равделя А.А. – Л.: Химия, 1974.