



The description of the slag model allowing to optimize the process of steel melting in arc steel-furnace is presented. The functional possibilities of dynamic model of slag on changing of the slag composition, phosphorus extraction, magnesium oxide dissolubility, are shown at the example of model calculations.

А. А. ЧИЧКО, В. Ф. СОБОЛЕВ, БНТУ,  
Н. В. АНДРИАНОВ, В. В. ПИВЦАЕВ, С. В. ТЕРЛЕЦКИЙ, РУП «БМЗ»

УДК 519:669.27

## ОБ АЛГОРИТМИЗАЦИИ РАСЧЕТОВ СОСТАВА ШЛАКА ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

Одной из сложнейших задач металлургического производства является задача управления процессом плавки в дуговой сталеплавильной печи (ДСП). В основе задач управления часто используют термодинамические модели [1, 2]. Именно использование термодинамических моделей позволяет учесть особенности химических реакций, протекающих между компонентами в шлаковой ванне дуговой печи и предсказать динамику изменения состава стали. Подобные модели основаны на термодинамическом расчете системы уравнений, соответствующих совокупности, протекающих в печи химических процессов. Вместе с тем данные модели имеют ряд недостатков. Как правило, использование моделей основывается на прогнозировании конечного состояния исходя из начальных составов сталеплавильной ванны. При этом, как правило, используются термодинамические данные веществ в отрыве от динамики протекающего процесса. Практически не уделяется внимания контролю и оптимизации состава шлаковой фазы. Вместе с тем процессы рафинирования на границе раздела «шлак – металл» оказывают непосредственное влияние на качество выплавляемого металла.

Цель данной работы – разработка алгоритмов динамической модели шлака, позволяющей осуществлять прогноз и оптимизацию состава шлаковой фазы при выплавке стали в ДСП в зависимости от состава используемой шихты, шлакообразующих и конечных требований по содержанию фосфора в выплавляемой марке стали.

На основе анализа процесса плавки в дуговой печи можно предложить динамическую модель, которая должна осуществлять следующие функции:

- прогноз состава шлака в любой заданный момент плавки на основе доступных технологических данных;

- моделирование изменения состава шлака при различных вариантах ввода добавок доломита, извести, известняка;
- прогноз растворяющей способности шлака по отношению к футеровке дуговой сталеплавильной печи;
- прогноз распределения фосфора в зависимости от химического состава шлака и температуры;
- прогноз энергозатрат для различных вариантов наведения шлака заданного состава.

Таким образом, в состав данной модели должны быть включены блоки, осуществляющие нахождение тепловых затрат, концентраций компонентов, распределения фосфора, растворимости оксида магния и массы удаляемого фосфора при наведении шлака известными массами шлакообразующих. Приведем краткую характеристику блоков динамической модели шлака.

### Блок расчета тепловых затрат при вводе добавок

С целью наведения шлака в дуговую печь вводят известь, известняк, доломит. В их состав входят один или несколько  $i$ -х компонентов с содержанием  $\mu_i$ . Ниже приведены обозначения ( $a_n$ ) и химическая формула добавок:

известь  $a_1$  – CaO;

известняк  $a_{12}$  – CaCO<sub>3</sub>;

доломит  $a_{123}$  – CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

Индексы  $i$  условно соответствуют наличию следующих оксидных компонентов в составе добавок: CaO – 1; CO<sub>2</sub> – 2; MgO – 3. Известь содержит только один компонент, доломит и известняк – несколько оксидных компонентов, на которые они разлагаются при нагреве до температуры разложения  $T_n$ . Используемые в термодинамических расчетах свойства добавок приведены в табл. 1.

Таблица 1. Свойства шлакообразующих добавок

Добавка, $a_n$	Содержание компонентов $\eta_i$ , мас.%	Теплота разложения $q_n$ , Дж/моль	Температура разложения $T_n$ , °C	Теплоемкость добавок $C_n$ , Дж/(К·моль)	Стоимость $S_n$ , \$/кг
Известь $a_1$	$\eta_1 - 96$	–	–	42,8	15
Известняк $a_{12}$	$\eta_1 - 56$ $\eta_2 - 44$	200000	800	81,88	5
Доломит $a_{123}$	$\eta_1 - 31$ $\eta_2 - 48$ $\eta_3 - 21$	213140	600	157,53	4

При расчете тепловых затрат на введение добавок используют различные схемы в зависимости от поведения добавок при нагревании.

**Известь**

Введенная добавка извести нагревается с затратой тепла нагрева  $Q_{n1}$  от исходной температуры добавок  $T_1$  до температуры шлака  $T_2$ , затем плавится с расходом теплоты плавления  $q_{m1}$ . Исходная  $T_1$  задается от 0 до 25 °C. Затраты тепла  $Q_1$  равны:

$$Q_1 = 10a_1 \frac{\eta_1}{Mr_1} (\Delta T C_1 + q_{m1}), \quad (1)$$

где  $\Delta T = (T_2 - T_1)$  – температурный интервал нагрева;  $a_1$  – масса введенной извести, добавки доломита и известняка до температуры разложения, кг.

**Известняк и доломит**

Введенная добавка нагревается с затратой тепла нагрева  $Q_{n2}$  от исходной температуры добавок  $T_1$  до температуры разложения  $T_n$ , после чего разлагается. Затем образовавшиеся при разложении компоненты нагреваются дальше до температуры шлака  $T_2$  и плавятся с расходом теплоты плавления  $q_{m2}$ . Исходная температура  $T_1$  задается от 0 до 25 °C. Затраты тепла  $Q_n$  равны:

$$Q_n = 10a_n \left( \frac{1}{Mr_n} (q_n + C_n (T_n - T_1)) + \sum_{i=1}^{k=2,3} \frac{\eta_i}{Mr_i} ((T_2 - T_n)(C_i + q_{mi})) \right), \quad (2)$$

где  $Mr_n$  – молярная масса добавки:  $Mr_{12} = 100$  г/моль;  $Mr_{123} = 184$  г/моль.

**Блок расчета динамики изменения концентрации компонентов шлака и его массы при введении шлакообразующих добавок**

При проведении расчетов приняты следующие обозначения:  $S_1, S_2$  – соответственно масса шлака до введения добавки и после введения компонента, кг;  $a_n$  – масса добавки;  $X_1, X_2$  – соответственно концентрация компонента в шлаке до и после введения добавки, мас.%.  
При проведении расчетов считается, что образующийся при разложении доломита и известняка  $CO_2$  покидает шлак, унося его тепло, но не увеличивая массу шлака  $S$ . Масса шлака увеличи-

вается только за счет добавления  $CaO$  и  $MgO$ , которые растворяются в шлаке.

**Блок расчета новых концентраций компонентов при наведении шлака**

Если компонент шлака присутствует в добавке (например,  $CaO$  или  $MgO$ ), то его новая концентрация после введения будет равна

$$X_{i2} = \frac{a_n \eta_i + X_{i1} S_1}{S_2}. \quad (3)$$

Если компонент шлака отсутствует в добавке, то его новая концентрация после введения будет равна

$$X_2 = \frac{X_1 S_1}{S_2}. \quad (4)$$

Для компонентов, оксиды которых поступают при окислении элементов из металла (кремний, алюминий), скорость поступления в шлак определяется скоростью плавления металлошихты и их содержанием.

На рис. 1 приведены результаты моделирования профиля концентрации компонентов шлака в период расплавления металлошихты при его обновлении двумя добавками извести массой по 600 кг. При этом приняты следующие начальные условия: исходная масса шлака (болота) – 10 т, общая масса металла – 100 т, скорость плавления металлошихты – 5 т/мин, содержание кремния в металлошихте – 0,5%; состав шлака болота (%):  $CaO - 38, SiO_2 - 20, FeO - 22, MgO - 8$ , другие компоненты – 12.

Из рисунка видно, что концентрация оксидов элементов, поступающих преимущественно из металла (кремний), по мере протекания плавки проходит через максимум, соответствующий моменту полного расплавления металлошихты. Подобный характер подтверждается экспериментальными данными для концентраций оксидов кремния, марганца, хрома. Ввод извести вызывает ступенчатое изменение концентрации компонентов шлака: повышение для  $CaO$  и понижение для всех остальных. Дальнейший ход изменения концентраций компонентов шлака в период окислительного рафинирования определяется как введением добавок шлакообразующих, так и изменением равновесия на границе раздела «металл – шлак» для каждого примесного компонента металла.

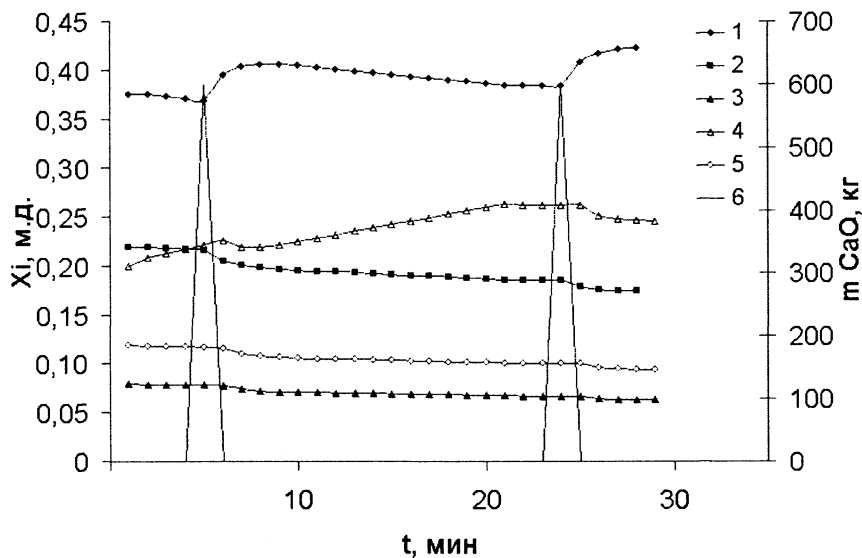


Рис. 1. Результаты моделирования профиля изменения концентрации компонентов шлака в момент расплавления металлошихты при параллельном вводе извести. Время  $t$  указано с момента начала плавки. Цифрами обозначены профили концентраций: 1 – CaO; 2 – FeO; 3 – MgO; 4 – SiO<sub>2</sub>; 5 – примесные компоненты шлака; 6 – моменты ввода добавок извести массой 600 кг

**Блок расчета удаления примеси из металла в результате обновления шлака**

В модельном расчете процесса рафинирования металла предполагается, что масса шлака может уменьшаться путем сливания определенной массы шлака либо увеличиваться путем введения известной массы шлакообразующей добавки. При этом изменение концентрации примесного компонента в металле и шлаке в результате перехода из шлака в металл или наоборот описывается одновременным решением уравнений термодинамического равновесия и материального баланса:

$$L_i = \frac{X_i}{Y_i}, \tag{5}$$

$$X_1 M_1 + X_2 M_2 + YS = m(P)_{\text{общ}}, \tag{6}$$

где  $M_1, M_2$  – соответственно масса металла завалки и болота;  $Y$  – содержание фосфора в шлаке болота,  $m(P)_{\text{общ}}$  – общая масса фосфора в системе, кг;  $M$  – масса металла, кг;  $L$  – коэффициент распределения примеси – отношение массовых концентраций компонента в шлаке и металле в равновесных условиях.

Выражение (5) справедливо для каждого  $i$ -го момента времени в приближении существования термодинамического равновесия. Коэффициент распределения фосфора  $L$  может быть определен экспериментально или рассчитан с достаточной точностью применительно к условиям конкретного сталеплавильного процесса по разработанному нами термодинамическому алгоритму. Его значение зависит от температуры и состава шлака и может изменяться по ходу плавки.

Таким образом, при введении добавки шлакообразующих удаление фосфора из металла про-

исходит в результате перераспределения фосфора между металлом и шлаком в соответствии с соотношением (5). Удаление фосфора из совокупной системы «металл – шлак» возможно только в результате слива из печи определенной массы шлака, содержащего фосфор:

$$m(P)_{\text{удал}} = YS_{\text{слив}}, \tag{7}$$

где  $m(P)_{\text{удал}}$  – масса удаляемого из системы фосфора;  $S_{\text{слив}}$  – масса сливаемого шлака.

Новая масса фосфора в системе при сливе будет меньше предыдущей на величину  $m(P)_{\text{удал}}$ . На рис. 2 приведен пример расчета 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.

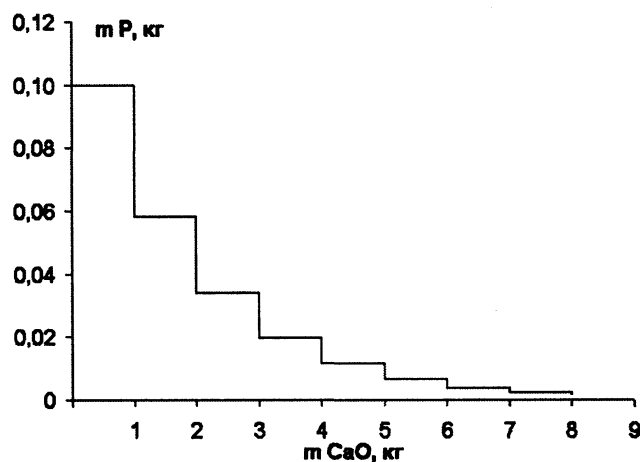
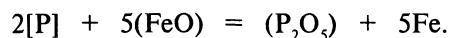


Рис. 2. Остаточный уровень содержания фосфора в системе при введении порций извести массой 10 кг

**Блок расчета распределения фосфора**

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



В рамках разработанной модели возможен расчет коэффициента распределения фосфора между металлом и шлаком в зависимости от его состава и температуры. Ниже приведены примеры моделирования влияния на распределение фосфора таких показателей шлака, как температура, основность, доля оксида магния.

*Влияние основности*

Под основностью будем понимать соотношение суммы мольных концентраций оксидов кальция и магния к оксиду кремния:

$$B = \frac{\chi(\text{CaO}) + \chi(\text{MgO})}{\chi(\text{SiO}_2)}, \quad (8)$$

где  $\chi(i)$  – мольные концентрации  $i$ -х компонентов шлака.

При переходе к массовым концентрациям с учетом молярных масс компонентов получим:

$$B = \frac{15 X(\text{CaO})}{14 X(\text{SiO}_2)} + \frac{3 X(\text{MgO})}{2 X(\text{SiO}_2)}, \quad (9)$$

где  $X(i)$  – массовые концентрации  $i$ -х компонентов шлака.

Предварительными исследованиями было установлено, что основность шлака в условиях технологического процесса РУП «БМЗ» изме-

няется в среднем от 2,0 до 3,5, имея тенденцию к повышению по мере протекания процесса плавки и рафинирования металла. В связи с этим решено было промоделировать изменение коэффициента распределения фосфора при изменении его основности от 1,5 до 4,0 с учетом среднестатистического состава шлака при температуре 1700 К. Влияние оксида магния не изучалось и будет рассмотрено в дальнейшем. При изучении влияния основности на распределение фосфора  $L$  использовали модельный состав шлака. Модельный состав рассчитывали следующим образом: считалось, что концентрация компонентов шлака, кроме CaO и SiO<sub>2</sub>, постоянна (табл. 2).

Таблица 2. Содержание компонентов шлака (CaO и SiO<sub>2</sub> являются переменными) в модельном шлаке, используемом для расчета величины  $L$

Компонент	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% CaO	% FeO	% MgO	% SiO <sub>2</sub>	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% MnO
Содержание, мас.%	4	перем.	22	0	перем.	1	6

Результаты моделирования приведены на рис. 3. Как видно из рисунка, повышение основности шлака приводит почти к линейному повышению коэффициента распределения фосфора. Это позволяет регулировать распределение фосфора в требуемых пределах, изменяя основность шлака. При больших значениях основности на зависимости наблюдается перегиб, свидетельствующий о снижении эффективности использования извести по мере повышения концентрации CaO в шлаке, т.е. в условиях ее избытка.

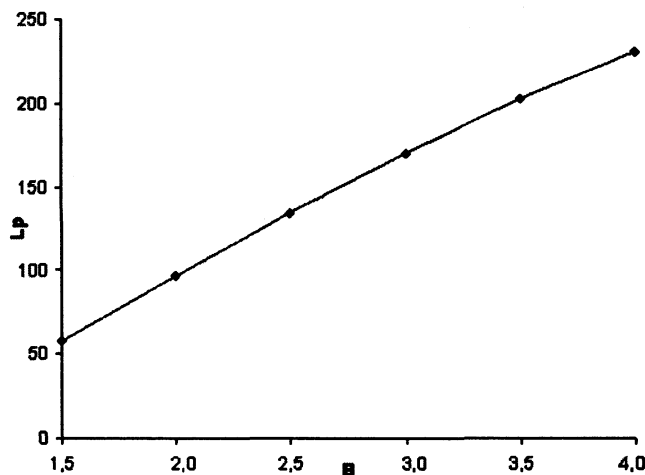


Рис. 3. Зависимость распределения фосфора от основности для модельного состава шлака при температуре 1700 К

*Влияние доли оксида магния*

При замене определенной части кальция на магний для поддержания необходимой основности можно добиться снижения экономических затрат ввиду меньшей стоимости доломита. Однако при этом необходимо также учитывать сопутствующее изменение дефосфорирующей способности шлака.

Для характеристики содержания оксида магния в сталеплавильном шлаке было введено понятие соотношения магния и кальция в общей основности шлака ( $M$ ):

$$M = 1,4 \frac{X(\text{MgO})}{X(\text{CaO})}, \quad (10)$$

где  $X_i$  – массовое содержание компонентов, %.

Для изучения влияния содержания оксида магния на распределение фосфора  $L$  также использовали модельный состав шлака. Модельный состав рассчитывали следующим образом: считалось, что концентрация компонентов шлака, кроме CaO, MgO и SiO<sub>2</sub>, постоянна и равна значениям, приведенным в табл. 3, 4. Концентрации компонентов с переменным содержанием вычисляли исходя из задаваемых значений основности  $B$  и соотношения магния  $M$ . Таким образом, были получены составы модельных шлаков.

Таблица 3. Содержание компонентов шлака (CaO, MgO и SiO<sub>2</sub> являются переменными) в модельном шлаке, используемом для изучения влияния MgO на величину  $L$

Компонент	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% CaO	% FeO	% MgO	% SiO <sub>2</sub>	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% MnO
Содержание, мас.%	4	перем.	22	перем.	перем.	1	6

Таблица 4. Модельные составы шлаков, используемые для исследования влияния MgO на  $L_p$

Значения задаваемых параметров		Модельный состав шлака						
$B$	$M$	% SiO <sub>2</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% CaO	% FeO	% MgO	% MnO	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
2,00	0,00	23,4	4,0	43,6	22,0	0,0	6,0	1,0
2,00	0,20	24,1	4,0	37,5	22,0	5,4	6,0	1,0
2,00	0,40	24,7	4,0	32,9	22,0	9,4	6,0	1,0
2,00	0,60	25,1	4,0	29,3	22,0	12,6	6,0	1,0
2,00	0,80	25,5	4,0	26,4	22,0	15,1	6,0	1,0
2,00	1,00	25,8	4,0	24,1	22,0	17,2	6,0	1,0
3,00	0,00	17,6	4,0	49,3	22,0	0,0	6,0	1,0
3,00	0,20	18,3	4,0	42,6	22,0	6,1	6,0	1,0
3,00	0,40	18,8	4,0	37,5	22,0	10,7	6,0	1,0
3,00	0,60	19,1	4,0	33,5	22,0	14,4	6,0	1,0
3,00	0,80	19,5	4,0	30,3	22,0	17,3	6,0	1,0
3,00	1,00	19,7	4,0	27,6	22,0	19,7	6,0	1,0
4,00	0,00	14,2	4,0	52,8	22,0	0,0	6,0	1,0
4,00	0,20	14,7	4,0	45,8	22,0	6,5	6,0	1,0
4,00	0,40	15,1	4,0	40,3	22,0	11,5	6,0	1,0
4,00	0,60	15,5	4,0	36,1	22,0	15,5	6,0	1,0
4,00	0,80	15,7	4,0	32,6	22,0	18,6	6,0	1,0
4,00	1,00	16,0	4,0	29,8	22,0	21,3	6,0	1,0

Результаты моделирования для температуры 1700 К приведены на рис. 4. Из рисунка видно, что с увеличением доли оксида магния в общей основности сталеплавильного шлака наблюдается закономерное снижение коэффициента распределения фосфора  $L_p$ .

Таким образом, при строгих требованиях, предъявляемых к конечному содержанию фосфора в стали, замена оксида кальция на оксид магния в шлаке должна быть в пределах, обеспечивающих достижение необходимого уровня содержания фосфора.

*Влияние температуры*

Повышение температуры оказывает отрицательное влияние на дефосфорирующую способность шлака, вызывая снижение распределения фосфора между шлаком и металлом. Для количественного изучения влияния температуры на распределение фосфора было использовано термодинамическое моделирование для модельных составов шлаков, аналогичных используемым на РУП «БМЗ». Моделирование было выполнено для шлаков, имеющих основность от 2 до 4 и интервала температур от 1500 до 2000 К. Составы модельных шлаков приведены в табл. 5, а результаты моделирования – на рис. 5.

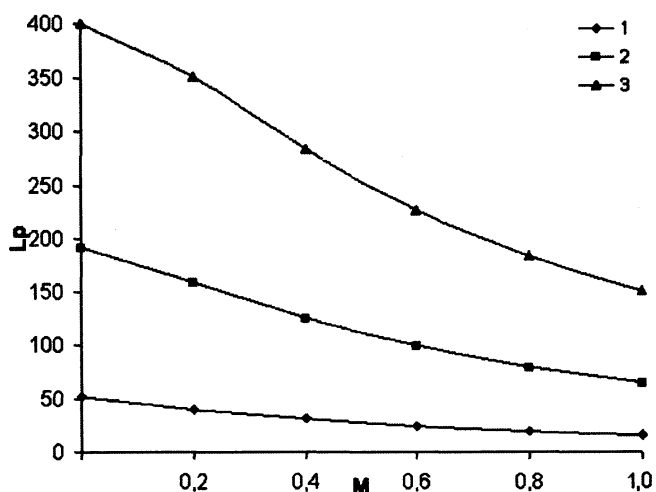


Рис. 4. Результаты моделирования влияния MgO на коэффициент распределения фосфора  $L_p$  для температуры 1700 К. Цифрами обозначены значения основностей модельных шлаков (B): 1 – 2; 2 – 3; 3 – 4

Представленные данные свидетельствуют о существенном уменьшении распределения фосфора с ростом температуры.

Таким образом, наиболее целесообразным является ранний слив шлака сразу после расплавления металла. При необходимости удержания

Таблица 5. Модельные составы шлаков, используемые для изучения влияния температуры на распределение фосфора  $L_p$

Основность B	% SiO <sub>2</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% CaO	% FeO	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% MnO
2	23,4	4,0	43,3	22,0	1,0	6,0
3	17,7	4,0	49,0	22,0	1,0	6,0
4	14,2	4,0	52,4	22,0	1,0	6,0

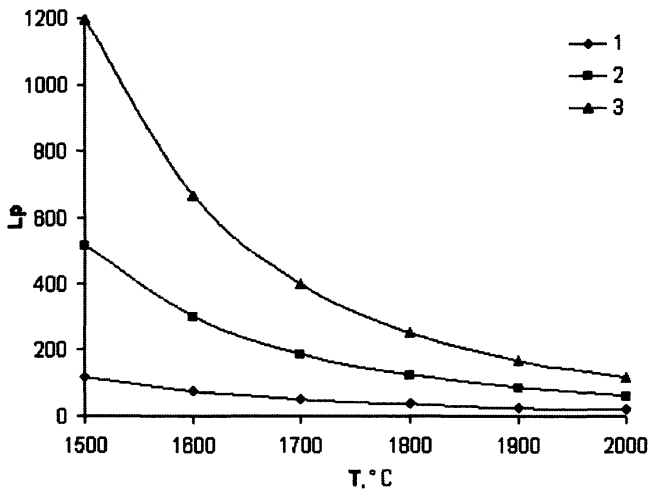


Рис. 5. Результаты моделирования влияния температуры на распределение фосфора  $L_p$ . Цифрами обозначены значения основностей модельных шлаков (В): 1 – 2; 2 – 3; 3 – 4

фосфора в шлаке при повышении температуры можно использовать повышение его основности путем ввода дополнительных количеств извести. В противном случае будет наблюдаться рефосфоризация. Указанные выводы были подтверждены в ходе экспериментального изучения процесса дефосфорации в условиях РУП «БМЗ».

**Блок расчета по влиянию состава шлака на его растворяющее воздействие по отношению к футеровке**

Уровень минимальной основности сталеплавильного шлака обусловлен не только требованиями, предъявляемыми к содержанию фосфора в конечном продукте, но и необходимостью обеспечения устойчивости футеровки агрегата в ходе протекания сталеплавильного процесса.

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

$$V = kS(C_{sat} - C), \quad (11)$$

где  $V$  – скорость растворения, кг/с;  $S$  – площадь раздела фаз, м<sup>2</sup>;  $C_{sat}$ ,  $C$  – соответственно концентрации оксида магния в насыщенном и текущем составе шлака, %.

Распространенной практикой снижения агрессивного воздействия шлака на футеровку является повышение основности шлака и его насыщение по оксиду магния путем введения добавок доломита. При этом важно не допустить превышения концентрации оксида магния над пределом растворимости, что в противном случае вызовет выделение кристаллической фазы из шлака, т. е. сделает его гетерогенным и ухудшит рафинирующую способность вследствие затруднения протекания в нем массопереноса.

Разработанный алгоритм расчета растворимости оксида 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.

На рис. 6 приведены полученные в результате моделирования границы соотношения оксидов магния и кальция ( $M$ ) в насыщенном по MgO шлаке в зависимости от его температуры и основности. Из рисунка видно, что максимально допустимое отношение оксида магния к оксиду кальция, обеспечивающее устойчивость футеровки в шлаке, снижается от 0,5 до 0,15 при повышении основности шлака от 2 до 4.

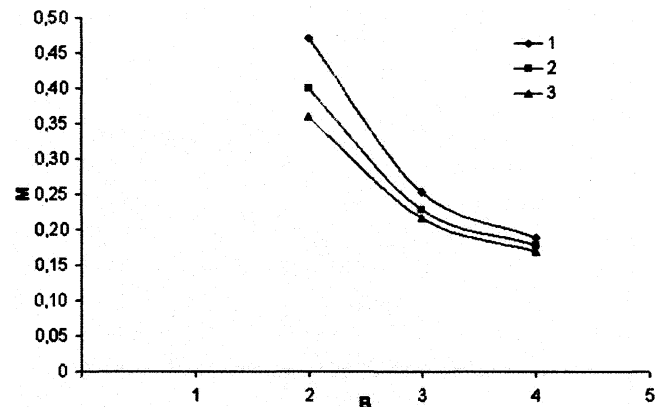


Рис. 6. Значения  $M$  в зависимости от основности, при которых наступает насыщение шлака по MgO при температурах: 1 – 1500 К; 2 – 1700; 3 – 1900 К

Таким образом, полученные данные подтверждают, что даже с целью повышения стойкости футеровки увеличение содержания оксида магния в шлаке выше значений  $M=0,5$  является нецелесообразным. В противном случае становится возможным образование малоактивного гетерогенного шлака.

**Выводы**

1. Разработан алгоритм динамической модели, позволяющий определять распределение фосфора в зависимости от химического состава и температуры используемого шлака. В основу модели положены термодинамические полуэмпирические модели, учитывающие взаимодействие элементов в печи при заданной температуре.

2. На основе моделирования исследовано влияние на процесс дефосфорации основности шлака, доли оксида магния, температуры. Проиллюстрированы положительное влияние на ход дефосфорации основности шлака и отрицательное влияние – повышение доли оксида магния и температуры. При рассмотрении коррозии футеровки показано, что пределом целесообразного соотношения магния к оксиду каль-

ция является значение не более 0,5, что соответствует его массовой концентрации в шлаке не более 11%.

3. Разработанные алгоритмы планируется использовать при создании компьютерной программы «ШлакДСП», которая позволит проводить прогноз состояния шлака в заданный момент времени и управлять шлаковым режимом плавки дуговой печи.

### Литература

1. Толстолицкий А.А. и др. Моделирование плавки низколегированной стали в электропечи с использованием компьютерной системы ГИББС // Сб. тр. 7-го Международного конгресса металлургов. М., 2002. С. 309–313.
2. Пономаренко А.Г. и др. Промышленное освоение компьютерного управления выплавкой стали на БМЗ и ММЗ на основе физико-химической модели ОРАКУЛ // Тр. 5-го конгресса сталеплавателей. М., 1999. С. 174–177.



## ВЫСТАВКА GIFA 2007

*Международная торговая выставка и технический форум литейной промышленности*

**12.06 – 16.06.2007**

**Дюссельдорф, Германия**

11-я Международная специализированная выставка в области литейного производства **GIFA 2007** пройдет в Дюссельдорфе с 12 по 16 июня 2007 г. В этом году Вы вновь сможете извлечь выгоду из многочисленных возможностей, которые предлагает Вам выставка **GIFA 2007**. Еще в 2003 г. выставка отличалась крупными масштабами, высокой компетенцией участников и посетителей, что позволило создать идеальные условия для заключения новых сделок, презентации новейших отраслевых технологий.

Значение литейной отрасли постоянно увеличивается для металлообрабатывающей промышленности, а также других отраслей, входящих в определенные логистические цепочки. Рациональная организация процесса производства, высокопроизводительные инженерно-технические решения, а также инновационные методы литья составляют опоры одной отрасли промышленности, которая будет представлена экспонентами, специалистами и посетителями конгрессов в рамках выставки **GIFA!** Высочайший уровень организации: эту выставку, проходящую одновременно с Международной специализированной выставкой литых деталей **NEWCAST**, а также выставками **METEC** и **THERMPROCESS**, можно назвать технологическим форумом мирового масштаба, который как магнит притягивает разработчиков новейших технологий.