

*Журавлев А.А.*  
ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург  
*bsp@mtf.ustu.ru*

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОКСИДА КАЛЬЦИЯ И ДВУОКСИ КРЕМНИЯ НА СВОЙСТВА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ**

Шлаки систем  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$  широко используются в металлургии для создания печных шлаков и для внепечного рафинирования стали.  $\text{CaO}$  и  $\text{SiO}_2$  в составе этих систем являются поверхностно-активными компонентами, которые оказывают заметное влияние на многие физические и химические свойства шлаков этих систем (серопоглощение, поверхностное натяжение, тепло- и температуропроводность, плотность, вязкость, температуру плавления, содержание кислорода в металле и др.). В работе [1] установлено, что ( $\text{SiO}_2$ ) в шлаках системы  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ , являясь поверхностно-активным компонентом, оказывает влияние на  $\sigma$  шлаковых расплавов. С ростом ( $\text{SiO}_2$ ) в шлаке (в пределах от 10 до 30 вес.%) поверхностное натяжение  $\sigma$  шлаковых расплавов снижается. При этом концентрация  $\text{SiO}_2$  в поверхностном слое шлака значительно отличается от объемной и достигает до 0,34 мол.%, тогда как его молярная доля в объеме этого расплава в среднем в два раза меньше (0,1728 %). Попель С. И. и др. в [2], изучая распределение ( $\text{SiO}_2$ ) между поверхностью и объемом установили, что в расплаве  $\text{CaO-SiO}_2$  вблизи линии ликвидуса в глубине объема расплава  $N_{\text{SiO}_2} = 0,38$  мол.%, а в поверхностном слое  $\sim$  в 2 раза больше –  $N_{\text{SiO}_2} = 0,72$  мол.%. В работе [3] установлено заметное отличие в содержании  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  в поверхностном слое шлаков от их содержания в объеме. В изученных шлаках, доля  $\text{SiO}_2$  в поверхностном слое концентрация  $\text{SiO}_2$  была в два раза выше, чем в объеме. Расчет поверхностных концентраций компонентов для различных шлаков выполнен нами по методике Пополя С.И. и др. [4] в рамках монослоя. Изучение влияния химического состава шлака на его радиационные характеристики [3] показало, что увеличение мольной доли  $\text{SiO}_2$  за счет замены мольной доли  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в шлаке (при постоянной  $\text{CaO}$ ) в пределах изменения  $\text{SiO}_2$  в объеме от 0,06 до 0,22 мол.% приводит и к росту  $\text{SiO}_2$  в поверхностном слое от 0,12 до 0,40 мол.%. Изменение состава шлака в объеме, а соответственно, и в поверхностном слое, как показывают опытные данные,

приводит к уменьшению интегральной степени черноты шлака. В работе [5] снижение ( $\text{SiO}_2$ ) от 20 до 41,15 % также подтверждает влияние ( $\text{SiO}_2$ ) на радиационные характеристики шлаков. Найдек В.Л. и др. в [6] указывают, что рост ( $\text{SiO}_2$ ) с 10 до 15 % приводит к снижению величины сульфидной емкости  $C_s$  шлака в 3 раза. Тогобицкая Б.Н. и др. [7], классифицируя серопоглолительную способность металлургических шлаков  $C_s$ , через интегральные физико-химические критерии ( $\Delta e$  – химический эквивалент и  $\rho$  – показатель стехиометрии и среднестатистический заряд связи катиона-аниона  $Z_{(k-a)}$ ) установили, что в области (зоне, названной и выделенной авторами) шлаков, предназначенных для глубокой десульфурации металлов, нет составов содержащих ( $\text{SiO}_2$ ). В других зонах составов шлаков ( $\text{SiO}_2$ ) присутствует. Комельков В.К. и др. в [8] установили сложное влияние добавок ( $\text{SiO}_2$ ) на вязкость известково-глиноземистых шлаков при температуре 1600 °С и выше. Евсеев Г.П. и др. [10] установили, что возрастание  $\text{SiO}_2$  в известково-глиноземистых шлаках (в пределах от 1 до 18 % при постоянной мольной доле  $\text{CaO}$  и при замене  $\text{Al}_2\text{O}_3$  на  $\text{SiO}_2$ ) приводит к росту температуры плавления шлака. А в работе [11] Евсеев Г.П. и др. установили влияние различных добавок (в том числе и  $\text{CaO}$  и  $\text{SiO}_2$ ) на электропроводность известково-глиноземистых шлаков при этом рост содержания  $\text{SiO}_2$  приводит в большей степени к снижению удельной электропроводности, чем даже  $\text{ZrO}_2$ . В работе [12] установлено влияние  $\text{CaO}$  и  $\text{SiO}_2$  на тепло- и температуропроводность шлаков систем  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ . Увеличение  $\text{SiO}_2$  в этих шлаках от 0 до 15 вес.% приводит к уменьшению величины тепло- и температуропроводности, а  $\text{CaO}$  – к росту. Все это вместе взятое говорит о существенном влиянии  $\text{CaO}$  и  $\text{SiO}_2$  в разных шлаках на его физические и химические свойства.

#### Список источников

1. Магидсон И.А., Басов А.В., Смирнов Н.А. Поверхностное натяжение и адсорбция высокоизвестковых расплавов  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  : труды XIII Рос. конф. «Строение и свойства металлических и шлаковых расплавов». Екатеринбург, 2011. Т. 3. С. 95–98.
2. Попель С.И., Сотников А.И., Бороненков В.Н. Теория металлургических процессов. М.: Металлургия, 1986. 463 с.
3. Журавлев А.А. Количественная оценка влияния химического состава объема и поверхностного слоя шлаков системы  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  на

радиационные характеристики : XIII Рос. конф. «Строение и свойства металлических и шлаковых расплавов». Екатеринбург, 2011. Т. 3. С. 92–93.

4. Попель С.И., Павлов В.В., Залазинский А.Г. Номограммы для расчета поверхностного натяжения растворов. Свердловск: УПИ, 1974. 7 с.

5. Каиров Э.А., Мاستрюков Б.С., Кривандин В.А. Влияние химического состава расплавленного мартеновского шлака на его радиационные характеристики // Известия вузов. ЧМ. 1970. № 7. С. 155–158.

6. Найдек В.Л., Мельник С.Г., Курпас В.И. Десульфурierende свойства активных шлаковых расплавов при полиреагентном ковшевом рафинировании конверторной стали : труды XIII Рос. конф. «Строение и свойства металлических и шлаковых расплавов». Екатеринбург, 2011. Т. 3. С. 65–66.

7. Тогобицкая Д.Н., Пиптюк В.П., Ходотова Н.Е. и др. Оценка серопоглогительной способности металлургических шлаков : труды XIII Рос. конф. «Строение и свойства металлических и шлаковых расплавов». Екатеринбург, 2011. Т. 4. С. 106–109.

8. Комельков В.К., Ширер Г.В., Воинов С.Г. и др. Вязкость известково-глиноземистых шлаков содержащих окислы Si, Mg фтористый кальций : сб. «Теория металлургических процессов» (ЦНИИМ). Металлургия: 1968. Вып. 61. С. 16–19.

9. Волосников М.И., Арзамасцев Е.И., Умрихин П.В. Исследование взаимодействия металла с синтетическими шлаками с повышенным содержанием двуокиси кремния : дис. ... канд. техн. наук. Свердловск, 1974. 179 с.

10. Евсеев Г.П., Синюкова Л.И., Филиппов А.Ф. Влияние добавок на температуру плавления шлаков системы CaO- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Me<sub>x</sub>A<sub>y</sub> // Изв. вузов. ЧМ. 1966. № 1. С. 74–78.

11. Евсеев Г.П., Филиппов А.Ф. Влияние добавок на электропроводность фтористых и известково-глиноземистых шлаков : сб. «Физико-химические основы производства стали». М., 1968. С.76–82.

12. Журавлев А.А. Измерение теплофизических свойств шлаковых расплавов при высоких температурах : труды XIII Рос. конф. «Строение и свойства металлических и шлаковых расплавов». Екатеринбург, 2011. Т. 3. С. 85–87.