

Рисунок 1 – Термограмма работы экзотермических смесей: немецкой термосмеси «Ferro G» (а) и смеси, разработанной БНТУ (б)

Из рисунка видно, что экзотермическая смесь разработки БНТУ не уступает немецкому аналогу, а по показателю максимальной температуры превосходит ее.

Проведенные исследования показали возможность создания экзотермических смесей не уступающим по своим характеристикам зарубежным аналогам. Разработанная экзотермическая смесь успешно прошла испытания на ОАО «Белоозерский энергомеханический завод».

Полученные экзотермические смеси могут корректироваться для изменения температурных и временных показателей работы, требуемых для различных условий использования экзотермических смесей.

УДК 669.187.25

### **Исследование состава рафинировочных шлаков при обработке стали 80К на установке «печь-ковш»**

Студенты гр. 10405114: Кулик М. А., Позняк О. А., Самусева А. И., Скируха А. С.  
 Магистрант Горбель И. А.  
 Научные руководители – Неменёнок Б. М., Трибушевский А. В.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

В настоящее время одна из основных задач обработки стали на установке «печь-ковш» заключается в проведении глубокой десульфурации расплава в условиях, определяемых составом шлака, его количеством, интенсивностью перемешивания металла и шлака продолжительностью обработки и порядком осуществления операций [1]. Для глубокой десульфурации металла необходимо обеспечить высокую основность ковшового шлака и низкое содержание оксидов железа при интенсивной продувке металла аргоном.

По данным Д. А. Дюкина с соавторами [2], оптимальный состав шлака в конце рафинирующей обработки на установке «печь-ковш» должен быть следующим, %:

58 – 58 CaO; 8 – 10 SiO<sub>2</sub>; 6 – 8 MgO; 20 – 25 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; <0,5 FeO; 0,13 – 0,15MnO. На практике шлак такого состава называют «белым» из-за светлого цвета, который бывает при низком содержании FeO. При обеспечении «белого» шлака степень десульфурации металла достигает 70 – 85 % [1].

Исследование составов рафинировочных шлаков при обработке стали 80К на установке «печь-ковш» на Белорусском металлургическом заводе свидетельствует о их значительном разбросе. Так, содержание SiO<sub>2</sub> изменяется от 15,1 до 56,6 %, CaO от 25,7 до 66,0 %, MgO от 1,94 до 11,89 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> от 1,18 до 4,24 %, FeO от 0,01 до 3,9 %, MnO от 0,01 до 5,21 %.

Результаты статистической обработки составов рафинировочного шлака для стали 80К приведены на рисунках 1 – 8.

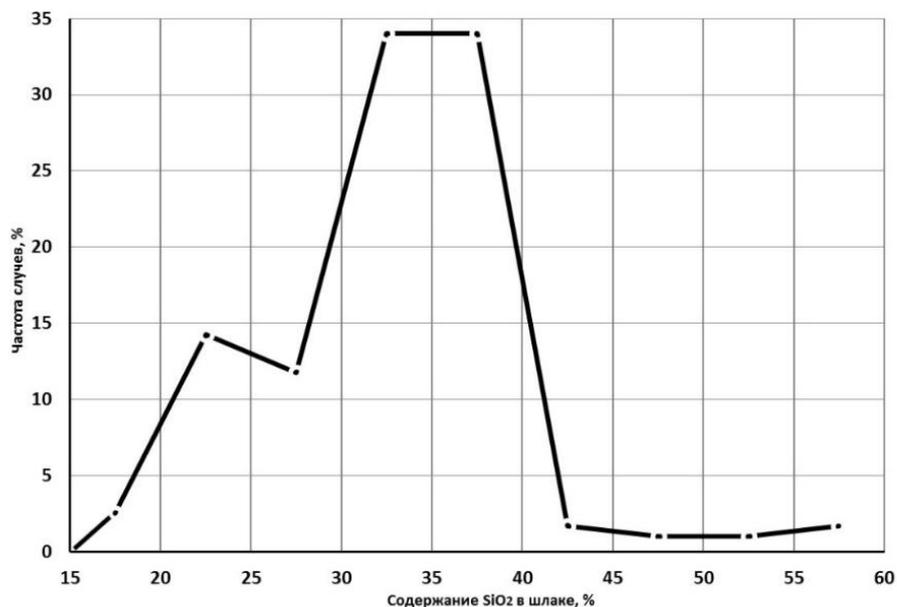


Рисунок 1 – Частотная кривая изменения содержания SiO<sub>2</sub> в рафинировочных шлаках для стали 80К

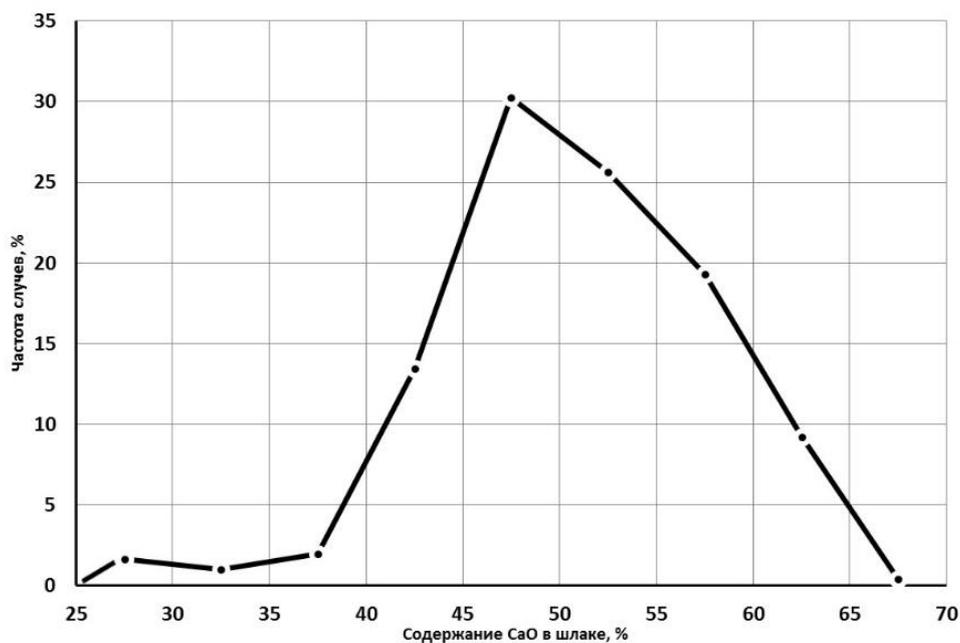


Рисунок 2 – Частотная кривая изменения содержания CaO в рафинировочных шлаках для стали 80К

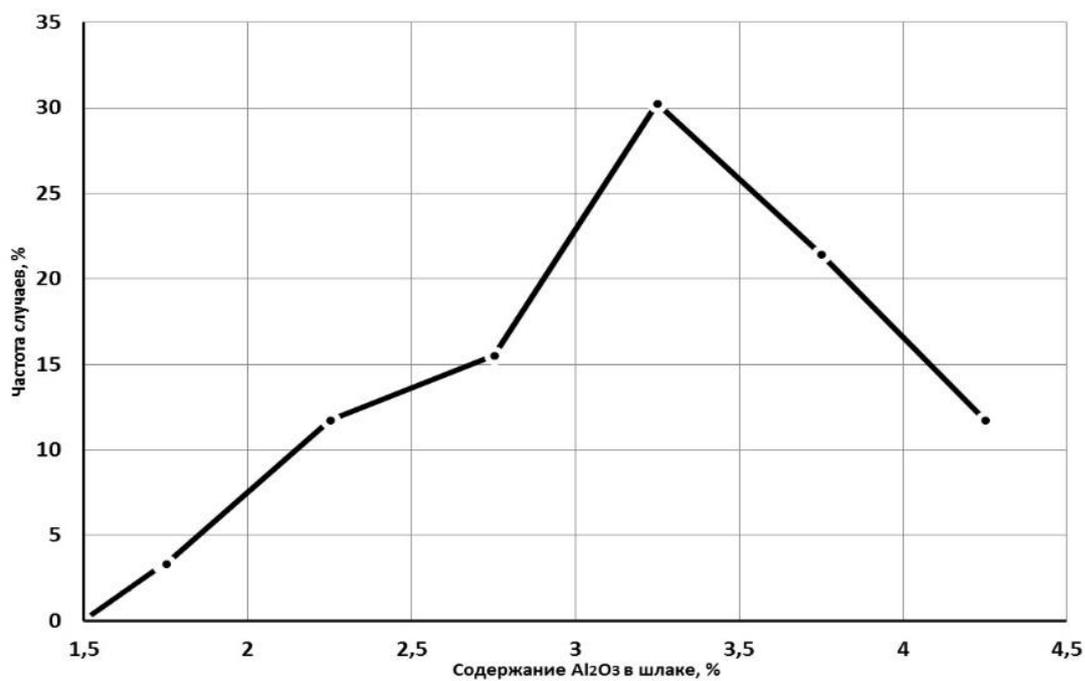


Рисунок 3 – Частотная кривая изменения содержания  $Al_2O_3$  в рафинировочных шлаках для стали 80К

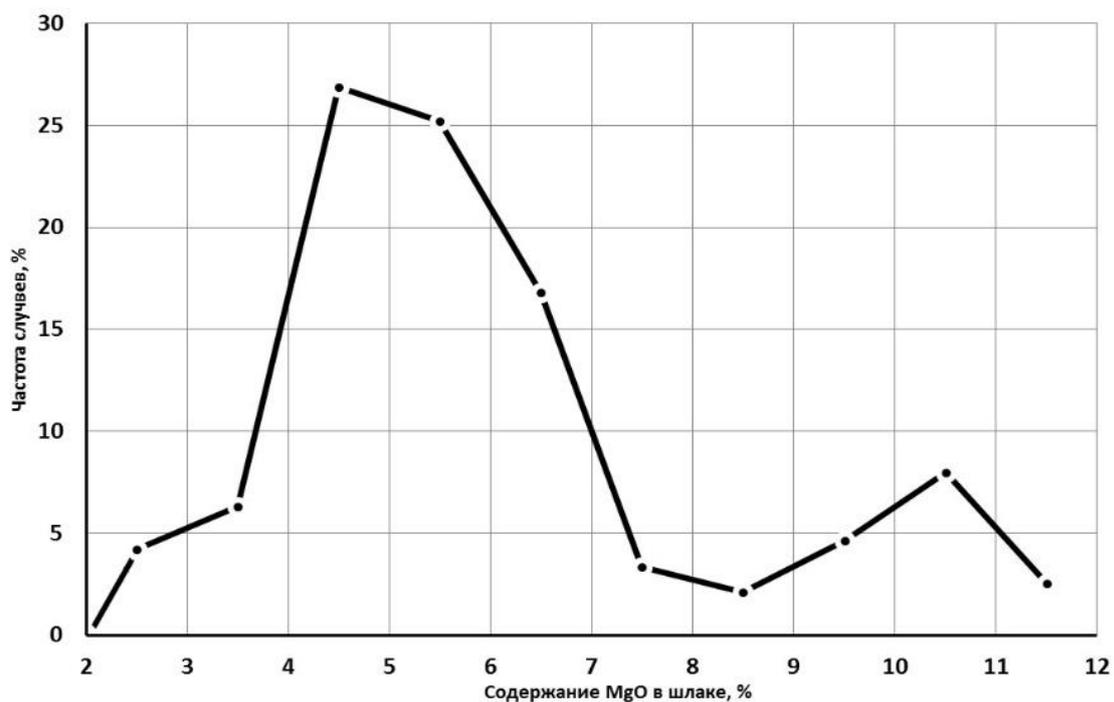


Рисунок 4 – Частотная кривая изменения содержания  $MgO$  в рафинировочных шлаках для стали 80К

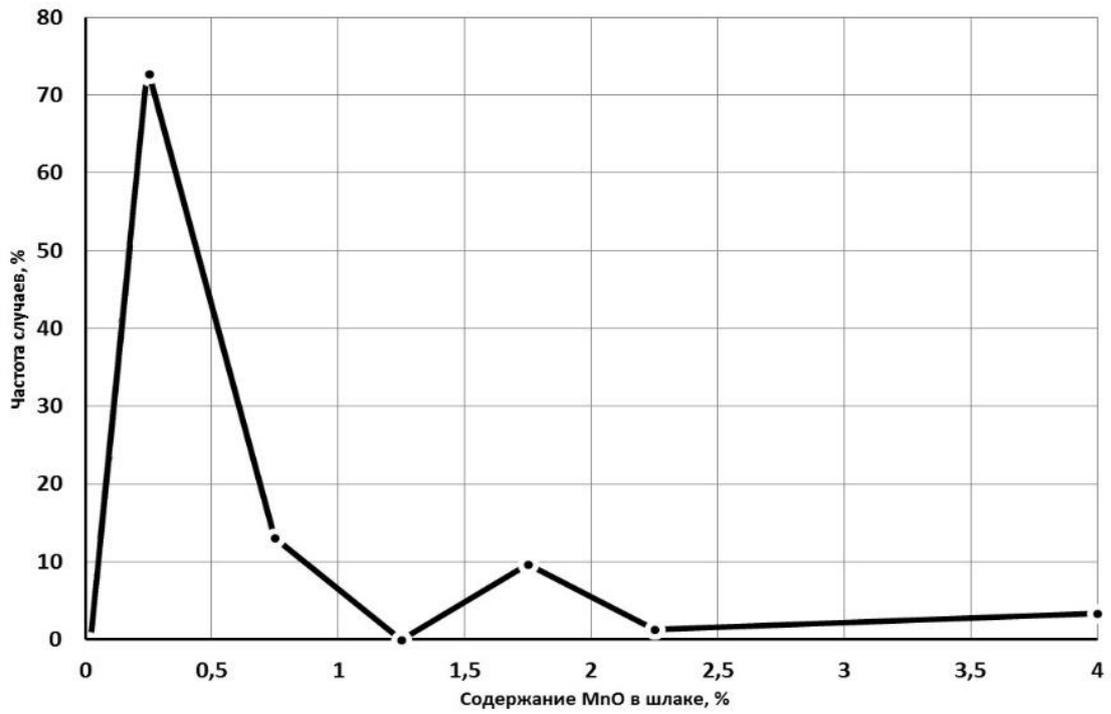


Рисунок 5 – Частотная кривая изменения содержания MnO в рафинировочных шлаках для стали 80К

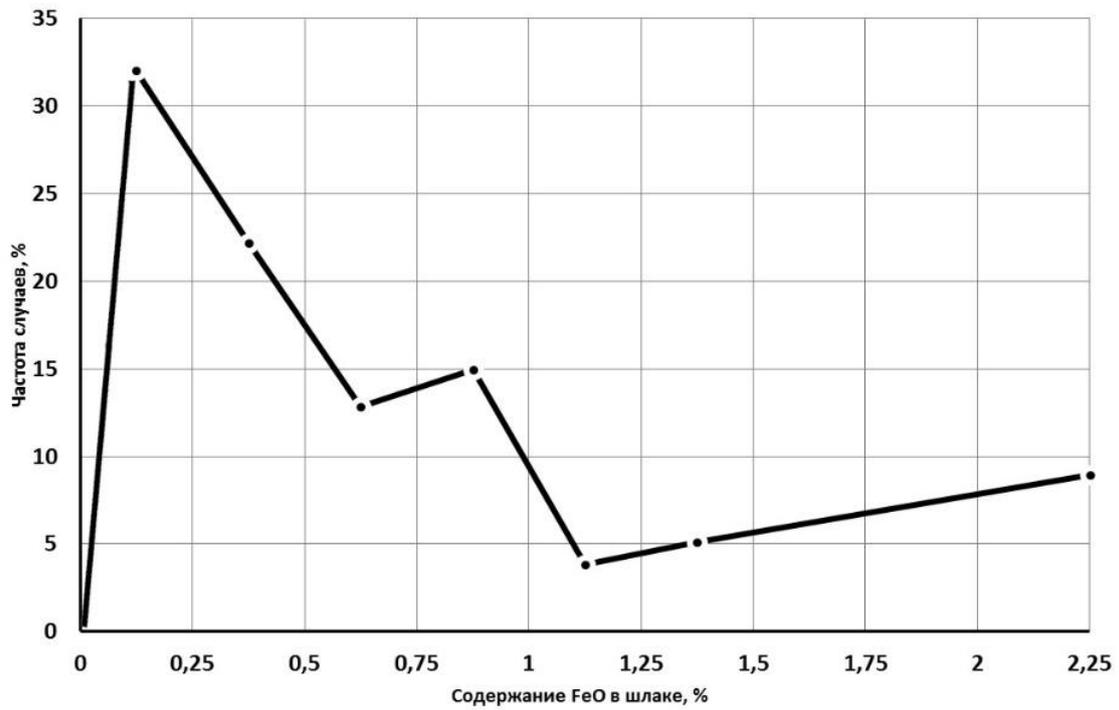


Рисунок 6 – Частотная кривая изменения содержания FeO в рафинировочных шлаках для стали 80К

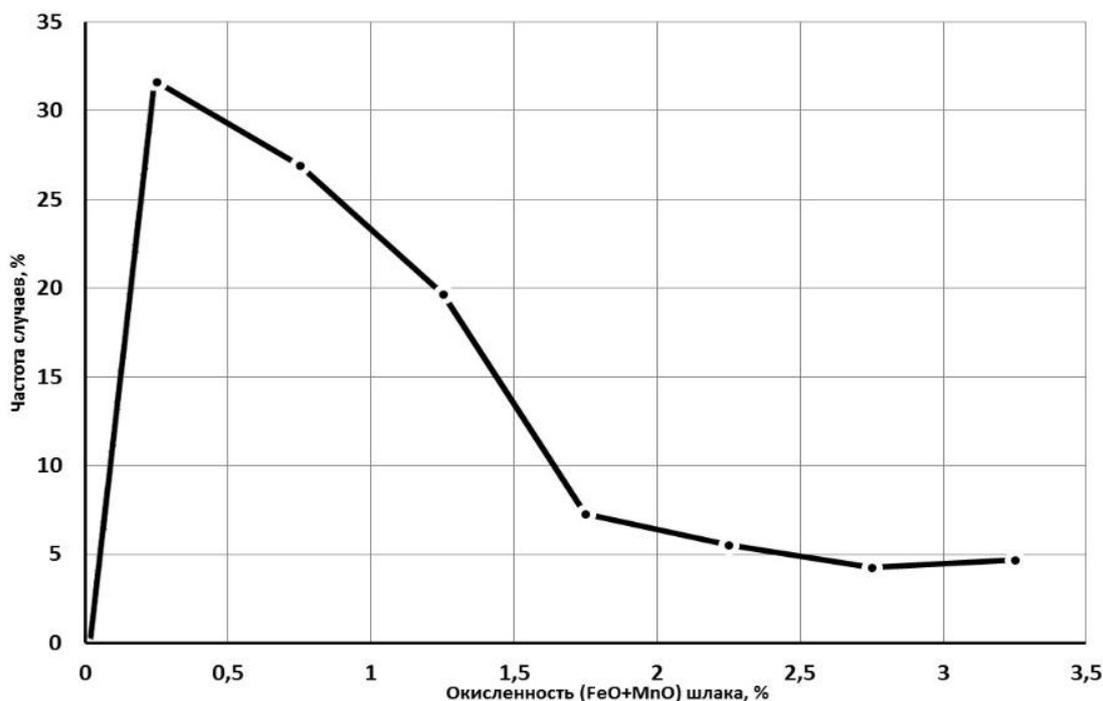


Рисунок 7. Частотная кривая изменения окисленности (FeO+MnO) рафинировочного шлака для стали 80К

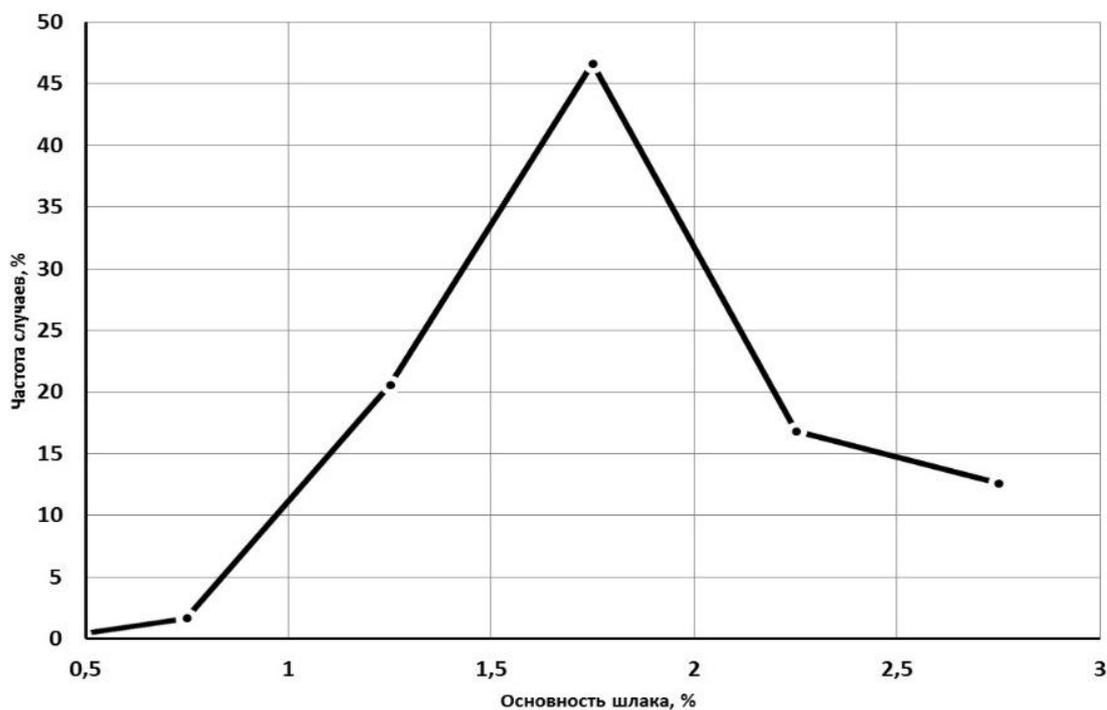


Рисунок 8 – Частотная кривая изменения основности рафинировочного шлака для стали 80К

Из анализа рисунка 1 следует, что содержание  $\text{SiO}_2$  в шлаках подчиняется закону нормального распределения за исключением интервала 25,0–30,0 %. При этом максимальное количество случаев приходится на содержание  $\text{SiO}_2$  – 30,0–40,0 %, что намного превышает оптимальную концентрацию  $\text{SiO}_2$  для рафинировочных шлаков [2]. Учитывая, что футеровка сталеплавильного ковша основная, то превышение в рафинировочных шлаках оптимальных концентраций  $\text{SiO}_2$  может приводить к взаимодействию с MgO футеровки и вызывать ее коррозию в зоне шлакового пояса.

Распределение содержания СаО в рафинировочных шлаках (рисунок 2) полностью подчиняется закону нормального распределения и наибольшее количество случаев приходится на диапазон концентраций 45,0–55,0 %, что ниже рекомендуемых в работе [2].

Как следует из рисунка 3 распределение концентраций  $Al_2O_3$  в рафинировочных шлаках также подчиняется закону нормального распределения с преобладающим количеством случаев в интервале 2,5–4,0 %. Такая низкая концентрация  $Al_2O_3$  в рафинировочных шлаках объясняется спецификой производства кордовой стали из-за опасности ее загрязнения трудно деформируемыми включениями корунда. Этим, очевидно, можно объяснить отличие в 5–6 раз от оптимального содержания данного оксида в рафинировочных шлаках.

В отношении распределения MgO (рисунок 4), следует отметить, что в интервале концентрации 2,0–9,0 % оно подчиняется закону нормального распределения, но при этом максимальное количество случаев приходится на концентрацию 4,0–6,0 %, что ниже оптимальных значений. Следует отметить, что оксид магния повышает вязкость шлаков, что ухудшает десульфурацию, но замедляет процесс растворения футеровки ковша в зоне шлакового пояса [3].

Относительно распределения MnO в рафинировочных шлаках (рисунок 5), можно отметить, что в подавляющем большинстве случаев (более 72 %) содержание MnO не превышает 0,5 %. Вместе с тем, ряд составов шлаков (около 15 %) имеют содержание оксида марганца от 1,0 до 4,0 %. Почти такая же зависимость наблюдается и в отношении содержания в шлаке FeO (рисунок 6). Примерно 55% составов шлаков содержит FeO в пределах от 0,01 до 0,5 %. При этом встречаются составы шлаков с концентрацией FeO от 0,5 до 1,5 % (около 37 % случаев) и около 10 % шлаков содержат более 2,0 % FeO, что свидетельствует о плохой раскисленности рафинировочного шлака и значительно превышает оптимальное содержание FeO [2].

Подобная зависимость, только без резких колебаний, сохраняется и в отношении окисленности рафинировочного шлака (рисунок 7). Максимально допустимая концентрация (FeO + MnO) в оптимальном составе рафинировочного шлака не должна превышать 0,65 % [2]. Таким требованиям соответствует только около 60 % составов шлаков, а все остальные характеризуются окисленностью от 1,0 до 3,25 %.

Частотная кривая по распределению основности шлака практически соответствует закону нормального распределения с максимальным количеством случаев (около 45 %), приходящихся на основность 1,75. Для оптимального состава рафинировочного шлака основность составляет более 2,0 [2]. Такие колебания по содержанию основных компонентов шлака сказываются на стабильности процессов раскисления и десульфурации стали, ее загрязненности неметаллическими включениями и стойкости футеровки сталеразливочного ковша в зоне шлакового пояса.

Проведенный анализ составов рафинировочных шлаков выявил существенные отклонения в его составе от оптимальных значений. Поэтому необходимо обратить внимание на операцию по диффузионному раскисления шлака с целью минимизации содержания в нём оксидов железа и марганца.

#### Список использованных источников

1. Процессы десульфурации в агрегате печь-ковш с полыми электродами / Е. Б. Агапитов [и др.] // Сталь. – 2008. – №8. – С.37 – 40.
2. Производство стали на агрегате ковш-печь / Д. А. Дюкин [и др.] – Донецк: ООО «Юго-Восток, ЛТД», 2003. – 300с.
3. Магнезиальные флюсы и особенности их использования при плавке стали / Г. А. Румянцева [и др.]. // Металлургия. Республиканский межвед. сборник научных тр. – Минск: БНТУ, 2016. – №37. – С.31–37.