

ВЛИЯНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА СИСТЕМУ ОКСИДНЫЙ РАСПЛАВ – ГАЗОВАЯ ФАЗА

С.А. Красиков², Б. Т. Утелбаев¹, Э.Н. Сулейменов^{1*}

¹Казахстанско-Британский Технический Университет, Алматы, Казахстан

²Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*e-mail: metallaim@mail.ru

Ранее нами были опубликованы материалы [1, 2 и др.], содержащие экспериментальные результаты по изучению химических реакций между компонентами газовой фазы и оксидным расплавом под влиянием нестационарного электрического тока (меандр) с частотой 50 импульсов в минуту. Использовался расплав синтетического шлака следующего состава, %: 41.44 SiO₂, 10.48 Al₂O₃, 13.62 FeO, 3.42 Fe₂O₃, 32.37 CaO; невязка анализа +1,65; температура плавления 1200°C. Измерительная ячейка помещалась в алуновую трубу, где создавалась газовая атмосфера необходимого состава. Равновесие между жидким шлаком и газовой фазой достигалось за 20-30 минут работы циркуляционного насоса, включенного последовательно с компенсационной емкостью (резиновой сферой). Система циркуляции трижды промывалась инертным газом (аргон, гелий). Величина «рабочего» тока в системе для данного типа шлака составляла 180 мА. После стабилизации заданной температуры при 1250 °С включали циркуляционный насос и прокачивали газ над расплавом в течение 30 минут. Затем насос выключали и на электроды подавалась разность потенциалов величиной 75, 110 и более вольт. После замера тока в течение 15-20 сек напряжение между электродами отключали и снова включали циркуляционный насос. Прокачка производилась циклами с продолжительностью 5, 10, 15 и 20 мин. После каждого цикла производился замер тока в течение 20 сек. Фиксировался стартовый ток и ток через 5, 10, 15 и 20 сек. Практически во всех опытах наблюдалось снижение давления в системе циркуляции, иногда компенсационная резиновая камера сильно сжималась, и замерить состав компонентов газа не представлялось возможным. Для нескольких опытов было установлено количество поглощенного расплавом газа, которое колебалось от 800 до 1200 см³.

Было выявлено: изменение величины электрического тока, проходящего через оксидный расплав (таблица 1), изменение напряжения при протекании химической реакции между расплавом и различными компонентами газовой фазы; возможность поглощения газа расплавами в значительном количестве (1200 см³ на 25.49 г расплава). Даже визуально наблюдалось необычное разнообразие химических реакций, протекающих в системе газ - оксидный расплав под влиянием нестационарного электрического тока (рисунки 1 и 2). Из рисунка 1 видно, что при измерении электропроводности шлака (одноразовое включение тока, состав газовой фазы - аргон) поверхность остывшего расплава (образец 1) гладкая и имеет стеклянный блеск. Поверхности образцов шлака после обработки газовой фазой различного состава имели волнообразную

структуру: образец 2 (газовая фаза - CO) и образец 4 (газовая фаза CO\CO₂ в соотношении 50:50) и окраску не характерную для остывшего шлака (образец 3, газовая фаза - CO₂) или имели поверхность с металлическим блеском (рисунок 2, средняя лодочка, газовая фаза - аргон). Наличие волнообразной структуры возможно объясняется изменением силы тока, проходящего через расплав. В частности, изменение силы тока может вызывать трибоэлектрические эффекты при движении твердых включений по поверхности расплава [3]. Изменение окраски поверхности остывшего расплава (образец 3, рисунок 1) происходило следующим образом. После опыта поверхность извлеченной лодочки была окрашена в нежно-розовый цвет. Под воздействием прямых солнечных лучей цвет изменился на бурый-коричневый. Такая фотохимическая реакция характерна для разложения девятикарбонила никеля с образованием оксида железа.

Таблица 1. Сила тока проходящего через расплав (газовая фаза CO₂).

Характеристики тока по времени	Время циркуляции газа, мин				
	30	5	10	15	20
I _{старт} , mA	100	75	75	75	70
I _{5 сек} , mA	110	75	65	65	60
I _{10 сек} , mA	100	80	80	80	80
I _{15 сек} , mA	135	125	100	90	90
I _{20 сек} , mA	270	195	215	215	215
V, вольт при включении тока	75.0	74.0	74.0	73.0	73.0

Окраска стального цвета (рисунок 2, средняя лодочка) появилась на поверхности шлака после обработки расплава аргонном,



Рисунок 1. Вид поверхности шлака после обработки расплава газовой фазой различного состава.

В некоторых экспериментах на поверхности шлака на границе алунд - шлак обнаружены (рисунок 3) игольчатые кристаллы, образование которых наблюдалось только на этой границе. Мы пришли к выводу, что такая

кристаллизация в первую очередь вызвана прохождением электрического тока по границе раздела фаз жидкость - твердое. Это согласуется с данными работы М. Фарадея, где поясняется влияние тока [4] на макросистемы.



Рисунок 2. Вид поверхности шлака после обработки расплава аргонном (средняя лодочка).



Рисунок 3. Игольчатые кристаллы на границе алунд - шлак после обработки шлака газовой фазой.

При анализе микроструктуры шлаков выявлена полная аналогия в поведении макросистемы и микросистемы при обработке расплава компонентами газовой фазы нестационарным электрическим током. На рисунке 4 показано образование игольчатых кристаллов шлака на границе алунд - шлак при однократном включении электрического тока. При многократном включении электрического тока картина (рисунок 5) образования игольчатых кристаллов была более рельефной.

Очевидно, что обработка расплава компонентами газовой фазы изменяет его макроструктуру. Температура плавления вновь образованных компонентов превышает 1250°C . Применение электрического тока может промотировать такие химические реакции, которые считаются маловероятными. При этом деление компонентов газовой фазы на газы – окислители и газы – восстановители становится весьма условным. При организации электрохимических процессов необходимо учитывать, что стабильная подача электрического тока может привести систему в квазиравновесное состояние, которое будет тормозить дальнейшее развитие химической реакции, а непосредственно химическая реакция может по ходу процесса генерировать электрический ток, который в отдельных случаях будет изменять ход технологического процесса.

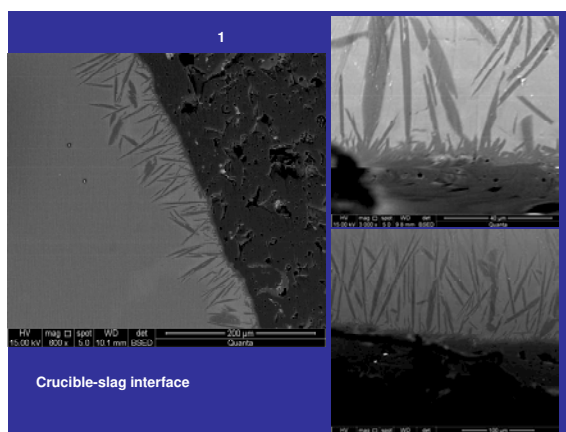


Рисунок 4. Кристаллизация шлака на границе алунд - шлак (образец 1, рисунок 1).

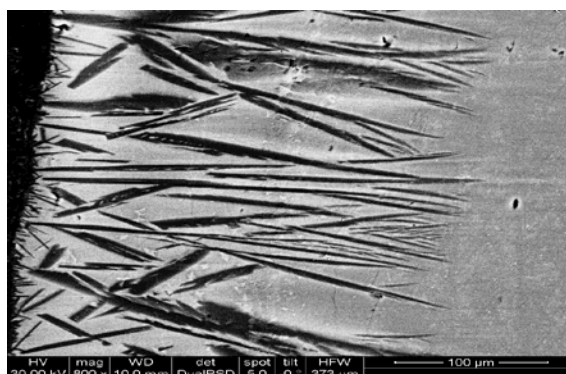


Рисунок 5. Кристаллизация шлака на границе алунд - шлак (образец 2, рисунок 1).

Авторы благодарят руководство Индийского Института Наук (Бангалор, Республика Индия), руководство Департамента технологии материалов и лично профессора К. Chattohadhyay за представленную возможность вести исследования продуктов реакции газовой фазы и расплава на исследовательской базе Индийского Института Наук.

Список литературы

1. Паничкин А.В., Сулейменов Э.Н. // Физико-химическая механика материалов. 2008. № 7. С.71-75.
2. Utelbayev B.T., Myrzakhanov Maxat, Markaev Yergali, Suleimenov E.N. // Proceedings of 47th International October Conference on Mining and Metallurgy: 2015, 04 – 06 October, Bor Lake, Bor, Serbia, P. 213.
3. Утелбаев Б.Т., Мырзаханов М.М., Сулейменов Э.Н. // Science and world. 2015. Vol. I. № 5 (21). P. 125 – 129.
4. Фарадей М. Силы материи и их взаимоотношения. М.: ГАИЗ, 1940.