

А.Р. Цыганов, академик (БГТУ, г. Минск);  
Б.М. Немененок, проф., д-р техн. наук;  
А.С. Панасюгин, канд. хим. наук; Д.П. Михалап  
(БНТУ, г. Минск) e-mail: niilogaz@tut.by

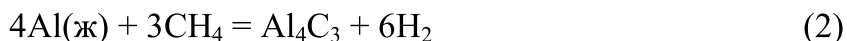
## **ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ ВО ВЛАЖНОЙ АТМОСФЕРЕ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С АЛЮМИНИЕВЫМИ ШЛАКАМИ**

Общая доля вторичного алюминия в общем потреблении алюминия достигает 30% [1]. В том числе упаковочная фольга, банка для напитков, тонкостенные профили и т.д., а доля алюминиевых деформируемых сплавов в ломах и отходах алюминия составляет примерно 70 %.

Вместе с тем, вторичная переработка алюминия осложнена образованием шлака, в зависимости от качества вторичного сырья шлаковая фаза может составлять 9-18% от массы расплавленного алюминия. Чем больше шлакообразование, тем больше потерь алюминия, как в виде металлического алюминия снятого вместе со шлаком, так и в виде оксида алюминия.

Значительное количество соединений алюминия, способных к гидролизу во влажной атмосфере воздуха, таких как нитриды, сульфиды и карбиды выявляются при рентгеноструктурном анализе отвальных шлаков. В среднем нитрид алюминия составляет около трети неметаллической и не солевой составляющей шлаков. На практике наличие нитридов, сульфидов и карбидов алюминия в дождливую погоду проявляется в виде выделений в атмосферу аммиака, ацетилена, пропана или сероводорода. Реакции, приведенные ниже, сопровождаются большим выделением тепла и разогревом шлака.

По данным работ [2-4] в температурном интервале 400-800 °С расплавленный алюминий вступает во взаимодействие с компонентами воздуха и печной атмосферы, которые описываются следующими химическими реакциями:



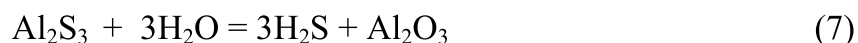
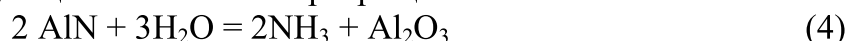
Целью данной работы являлось - определение термодинамической вероятности протекания процессов образования, соединений алюминия, способных во влажной атмосфере (при гидролизе) выделять в окружающую среду аммиак, ацетилен, пропан или сероводород. Оценить эконо-

мический ущерб от безвозвратных потерь алюминия и штрафов за выброс в атмосферу загрязняющих веществ.

В основу термодинамических расчетов легли положения, изложенные в работе [5]. Термодинамические расчеты проводили с использованием программы «IVTANTERMO» версия 2.0. В качестве критерия оценки вероятности протекания того или иного химического процесса выбрали  $\Delta G$ . Характер изменения энергии Гиббса позволяет судить о принципиальной возможности осуществления процесса. При  $\Delta G < 0$  процесс может протекать. При  $\Delta G > 0$  процесс протекать не может. Если же  $\Delta G = 0$ , то система находится в состоянии химического равновесия.

Судя по результатам проведенных термодинамических расчетов (значений  $\Delta G$ ) для реакций 1-3. даже при повышении температуры до 800 °С протекание вышерассмотренных реакций (1-3) имеет большую термодинамическую вероятность.

Далее в результате гидролиза (контакта с атмосферной влагой) происходят следующие химические превращения:



Полученные значения термодинамических величин  $\Delta G$  в зависимости от температуры разогрева алюминиевого шлака при гидролизе (реакции 4-7) как и для случая образования исходных нитридов, сульфидов и карбидов алюминия, процессы протекания гидролиза имеют большую термодинамическую вероятность. Более того, если сопоставить значения  $\Delta G$  образования исходных соединений и  $\Delta G$  образования продуктов гидролиза обращает на себя внимание тот факт, что протекание реакций гидролиза с точки зрения термодинамики в несколько раз более выгодно. Интервал  $\Delta G$  образования исходных продуктов (-31,7) – (147,1) kCal/mol для продуктов гидролиза соответственно (-55,3) – (773,8) kCal/mol.

Рассмотренные выше процессы идут даже при условии, когда остывший до температуры окружающей среды шлак вступает в контакт с атмосферной влагой. По данным эмпирических наблюдений, в зависимости от условий окружающей среды содержание металлического алюми-

ния в шлаке по сравнению с исходным содержанием при хранении в течение 4-6 месяцев может снижаться на 5-7%.

Таким образом, изученные закономерности позволили сделать вывод о том, что процесс образования карбидов, сульфидов и нитридов алюминия возможен.

Термодинамические параметры реакций гидролиза дают основание включить в перечень измеряемых факторов производственной среды и выбрасываемых в атмосферу, также такие соединения как аммиак, сероводород, ацетилен и пропан, которые не используют в процессе переработки алюминия.

В качестве рекомендаций можно сказать следующее – необходимо оптимизировать порядок обращения и условий хранения алюминиевых шлаков с целью снижения безвозвратных потерь алюминия выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от неорганизованных источников (мест хранения шлака), что должно стать темой отдельных исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Худяков И.Ф., Дорошевич А.П. Карелов С.В. // *Металлургия вторичных цветных сплавов*/ – М. Metallurgia, 1987.

2. Tayibi H., Perez C., Lopez F., Lopez – Delgado A. Evolucion de las propiedades mecanicas de un residuo de la metalurgia secundaria aluminio estabilizado con yeso // *Rev. met. CENIM.* – 2005.– V.41.– №4.–P. 280–285.

3. N. Tschischewski// *The Occurrence and Influence on Nitrogen on Iron and Steel*, JL. Iron and Steel Inst., 1915.

4. Добаткин В.И., Габидулин Р.М., Колачев Б.А., Макаров Г.С.// *Газы и окислы в алюминиевых деформированных сплавах*/ - М.: Metallurgia, 1976.

5. Клаус Корне// *Рециклинг алюминия: от исходного материала до готового сплава*. М.: АСТШ, 2003.