

**Гидролиз шлаковых отходов литейного производства алюминиевых сплавов**

Аспирант Руленков А.Д.

Студенты группы 10405322: Клименок У.Б.;

10405522 Патенко Н.А.

Научный руководитель: Рафальский И.В.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Применение защитных покрытий на поверхности деталей машин перспективно и экономически целесообразно как при эксплуатации в условиях действия агрессивных сред и высоких температур, так и в тех случаях, когда определяющим ресурс работы детали является величина износа. Процессы плазменного напыления успешно применяются для упрочнения, восстановления и ремонта изделий ответственного назначения во многих отраслях промышленности, в том числе машиностроении, энергетике, строительстве, нефтегазопереработке, металлургии, электротехнике и др. В качестве материалов для напыления широко используются дисперсные материалы оксидной керамики, например, оксиды алюминия, циркония, титана, хрома и др. Согласно данным авторов [1–4], перспективными материалами являются переработанные отходы литейного производства алюминия, так как содержат в своем составе ценный и одновременно дешевый материал – оксид алюминия, обладающий высокой твердостью, огнеупорностью и химической стойкостью к агрессивным средам. Главная проблема при переработке шлаковых отходов заключается в отделении оксида алюминия от иных его составляющих. Наиболее эффективным способом можно считать гидролиз шлаковых отходов.

Эффективность водной обработки шлаков с целью извлечения солей определяется их растворимостью в воде. На рисунке 1 представлена информация о растворимости фторидных солевых соединений в воде при температуре 20-25°C [5].

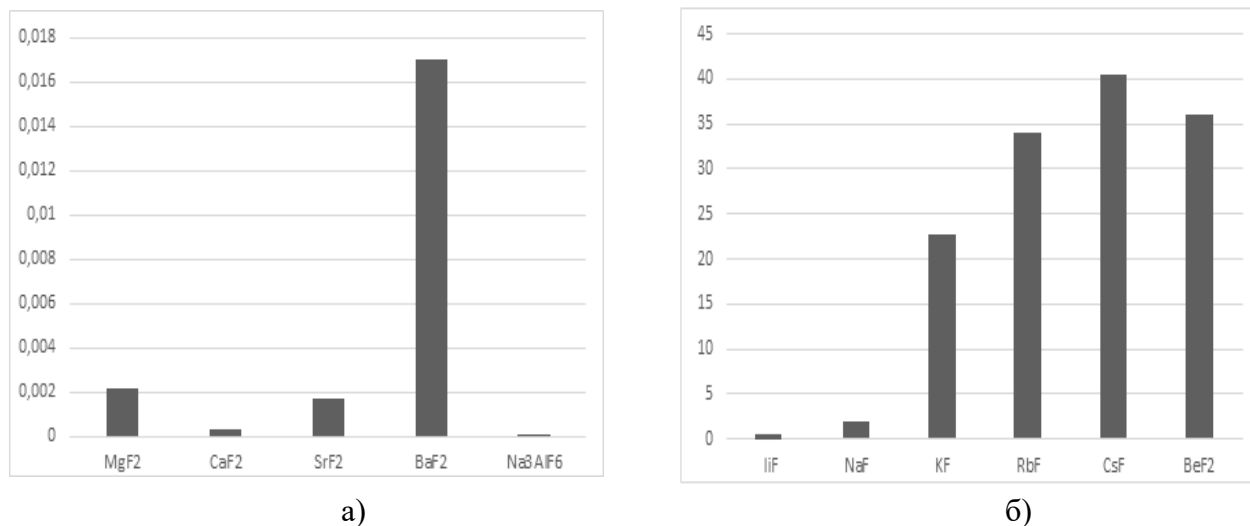
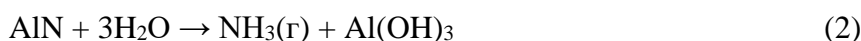
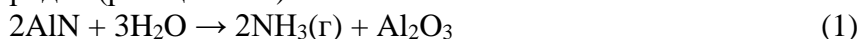
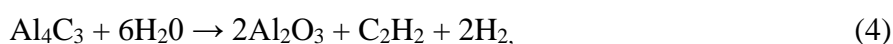
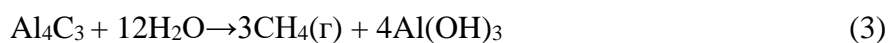


Рисунок 1 – Растворимость фторидов щелочноземельных металлов и криолита (а), фторидов щелочных металлов (б), *сх*, % мол. [5]

Гидролиз карбидных, нитридных составляющих шлака сопряжен с образованием газообразного аммиака и углеводородов (реакции 1–4):





Выделяющийся в процессе гидролиза нитридов газообразный аммиак ( $\text{NH}_3$ ) частично растворяется в воде, повышая pH раствора.

Изменение энергии Гиббса от температуры в ходе химических реакций гидролиза нитрида алюминия (1)–(2) и карбида алюминия (3)–(4) в водно-шлаковых суспензиях представлено на рисунках 2 и 3.

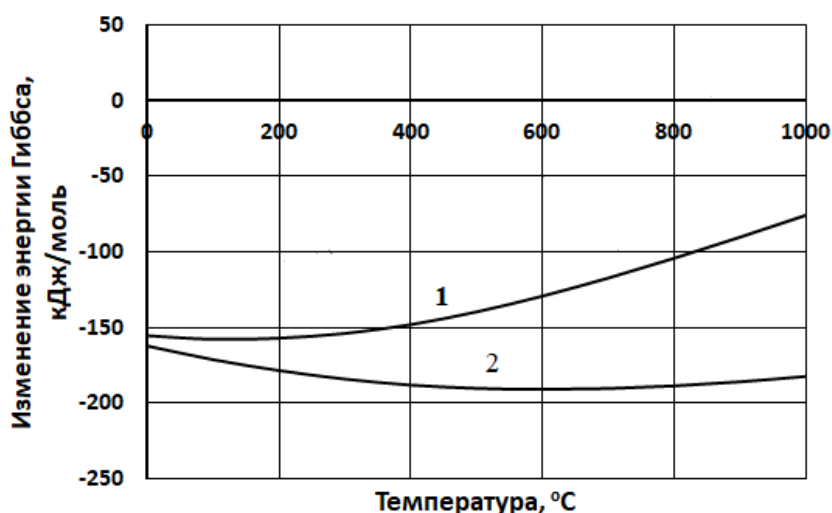


Рисунок 2 – Изменение энергии Гиббса от температуры при протекании химических реакций гидролиза нитрида алюминия в водно-шлаковых суспензиях:  $2\text{AlN} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{r}) + \text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{AlN} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3(\text{r}) + \text{Al}(\text{OH})_3$

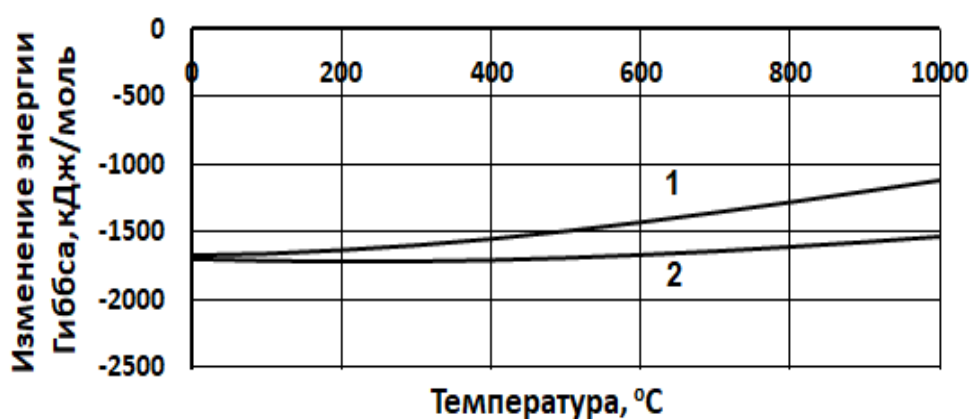


Рисунок 3 – Изменение энергии Гиббса от температуры при протекании химических реакций гидролиза карбида алюминия в водно-шлаковых суспензиях:

1)  $\text{Al}_4\text{C}_3 + 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CH}_4(\text{r}) + 4\text{Al}(\text{OH})_3$ ; 2)  $\text{Al}_4\text{C}_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CH}_4(\text{r}) + 2\text{Al}_2\text{O}_3$

Как видно из представленных данных, термодинамическая вероятность протекания реакций гидролиза карбидов существенно выше, чем нитридов алюминия.

Таким образом, в процессе взаимодействия с водой ряда керамических фаз, содержащихся в шлаке, протекают химические реакции их гидролиза, как правило, с образованием

щелочных растворов и газообразных продуктов реакции. Выделяющийся в процессе гидролиза нитридов газообразный аммиак частично растворяется в воде, повышая pH раствора при выстаивании водно-шлаковой суспензии. Высокая щелочность раствора водно-шлаковой суспензии установлена стандартными методами химического анализа.

#### Список использованных источников

1. Рафальский, И.В. Структура и свойства шлаков, образующихся при металлургической переработке алюмоматричных кварцсодержащих композиций / И.В. Рафальский, П.Е. Лущик, А.Д. Руленков [и др.] // Металлургия: республиканский межведомственный сборник научных трудов / редкол.: И. А. Иванов (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2021. – Вып. 42. – С. 26-34.

2. Руленков, А. Д. Дисперсные металлокерамические материалы из отходов литейного производства алюминиевых сплавов / А. Д. Руленков, И. В. Рафальский, Л. П. Долгий // Беларусь-Китай: контуры инновационно-технологического сотрудничества: сборник материалов научно-практической конференции (Минск, 19-20 октября 2023 г.) // Республиканское инновационное унитарное предприятие «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»; сост. М. А. Войтешенок. – Минск: БНТУ, 2023. – С. 74-76.

3. Немененок, Б.М. Процессы переработки солевых шлаков алюминиевого производства для получения порошкового материала с высоким содержанием алюмооксидных фаз / Б.М. Немененок, И.В. Рафальский, П.Е. Лущик, Л.П. Долгий, А.Д. Руленков // Литье и металлургия. – 2022, №4. – С.88–96.

4. Немененок, Б.М. Рециклинг литейных шлаков для получения порошковых материалов на основе системы Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / Б.М. Немененок, И.В. Рафальский, А.Д. Руленков // В сборнике научных статей XXVII Международной научно-практической конференции «Инновация-2023»: Ташкент, 2023. – С. 108-110.

5. Рафальский, И.В. Переработка литейных шлаков, образующихся при плавке алюминиевых сплавов / И.В. Рафальский, П.Е. Лущик, А.Д. Руленков [и др.] // Современные технологии для заготовительного производства [Электронный ресурс]: сборник научных работ Республиканской научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов МТФ БНТУ (в рамках 75-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов БНТУ), 14 апреля 2022 г./сост. А.П. Бежок. – Минск: БНТУ, 2022. – с.26.