

**Разработка когенерационной установки на основе реакции окисления алюминия**

С.С. Рыжкова, О.А. Буряковская, А.О. Дудолодов, М.С. Власкин

Московский физико –

технический институт

(государственный университет)

Объединенный институт высоких температур РАН

Данная работа посвящена разработке научно-технических основ создания энергетических установок, использующих в качестве топлива алюминий, а в качестве окислителя – воду, в условиях низких температур. Существуют опубликованные работы, посвященные генерации водорода путем окисления алюминия водой или различными водными растворами, при атмосферном давлении и температурах от 20 – 25 °С, до 90 – 95 °С. Ряд работ посвящен окислению алюминия при повышенных давлениях и температурах [1, 2, 3, 4]. Опубликованных материалов, в которых бы освещались процессы окисления алюминия при низких температурах, обнаружено не было.

В рамках данной работы проводятся экспериментальные исследования реакции окисления алюминия в различных водных растворах при отрицательных температурах до -40°С. В процессе реакции генерируется водород и тепло. Особенностью данной работы является возможность протекания реакции даже при низких температурах.

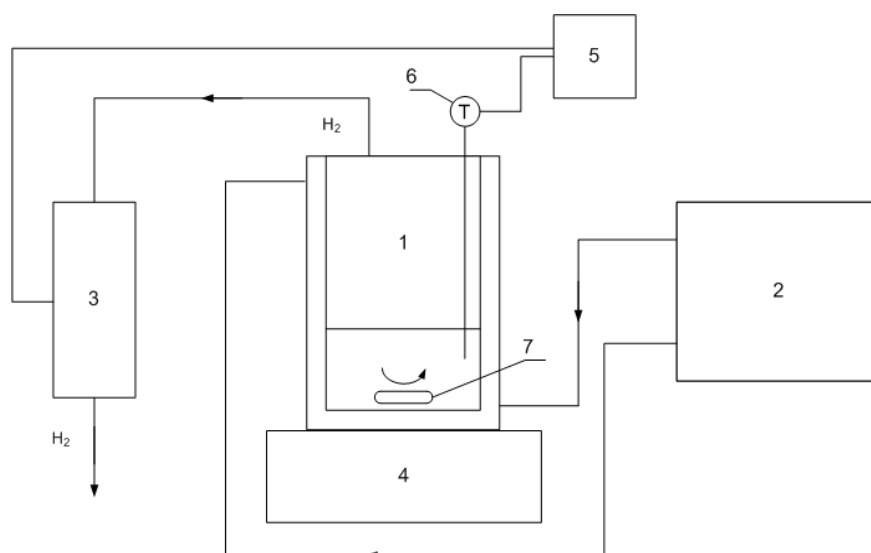


Рис.1. — Схема экспериментальной установки для исследования процессов окисления алюминия в водных растворах, имеющих низкую температуру замерзания, в изотермическом режиме: 1 – стеклянный реактор, 2 – криотермостат, 3 – измеритель

расхода газа, 4 – магнитная мешалка, 5 – компьютер, 6 – термометр сопротивления, 7 – мешательный элемент.

В ходе эксперимента использовали порошок активированного алюминия галламой Ga – In – Zn, а также неактивированный алюминий технической чистоты в виде гранул. Окисление алюминия в виде гранул проводилось для водных растворов KOH, HCl, FeCl<sub>3</sub>. По результатам работы было выявлено, что объем выделившегося водорода при взаимодействии порошка активированного алюминия с водным раствором KOH, значительно выше, чем с растворами ZnCl<sub>2</sub> и CaCl<sub>2</sub>. При –10°C степень превращения алюминия для NaOH равна 94%, для KOH – 93%; при –20°C для NaOH – 36%, для KOH – 80%. Для раствора KOH при –30°C и –40°C: 67 и 17% соответственно. При окислении гранул неактивированного алюминия в водном растворе соляной кислоты с добавлением соли CuCl<sub>2</sub> с 2,5 г алюминия выделилось более 2120 мл водорода; для раствора FeCl<sub>3</sub> был зарегистрирован выход водорода порядка 70 мл при частичном замерзании раствора.

По результатам данной работы был проведен анализ влияния температуры и состава реакционной системы на скорость окисления алюминия и выход водорода. Экспериментальные данные представлены на Рис.2. – Рис.6.

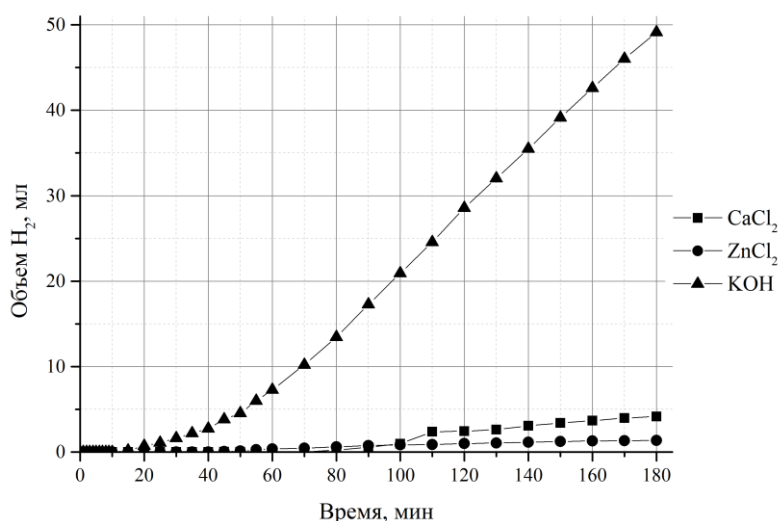


Рис.2. – График зависимости объема выделившегося водорода от времени при окислении порошка активированного алюминия в водных растворах CaCl<sub>2</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, KOH при –40°C (0,25 г порошка активированного алюминия на 300 мл раствора).

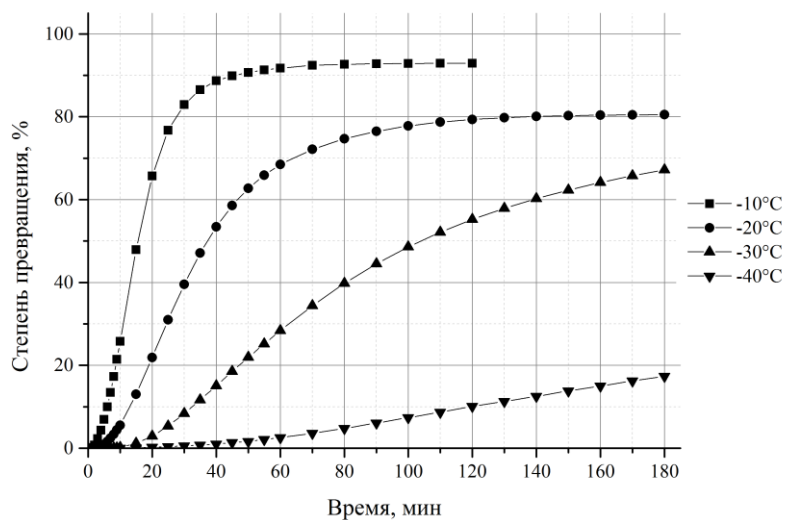


Рис.3. — График зависимости степени превращения алюминия от времени при окислении в водном растворе КОН в интервале температур от  $-40$  до  $-10^{\circ}\text{C}$ .

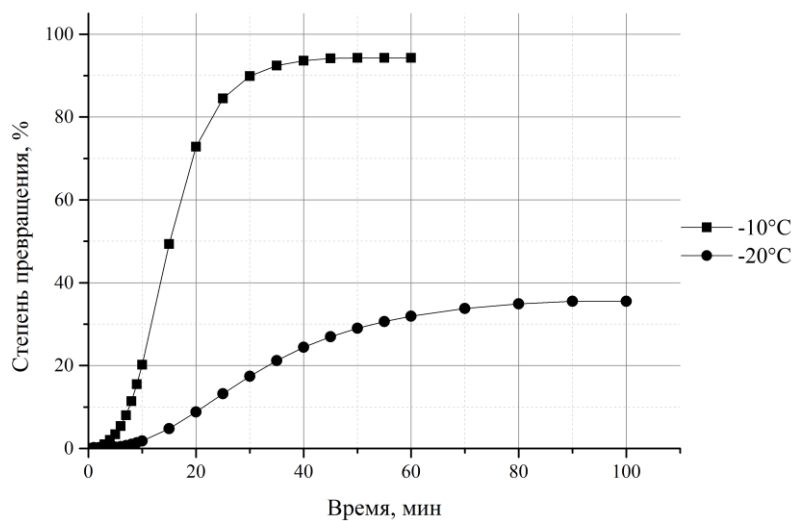


Рис.4. — График зависимости степени превращения алюминия от времени при окислении в водном растворе NaOH в интервале температур  $-20$  до  $-10^{\circ}\text{C}$ .

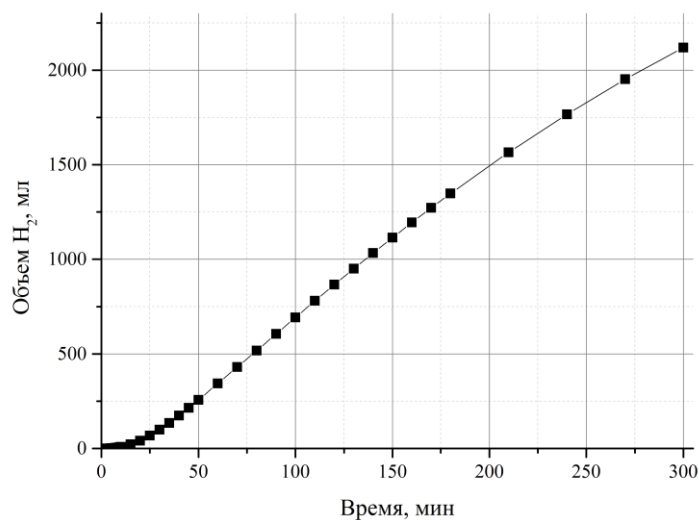


Рис.5. — Зависимость объема выделившегося водорода от времени при окислении гранул алюминия в растворе соляной кислоты в присутствии соли  $\text{CuCl}_2$  (2,5 г алюминия в виде гранул и 2,5 г соли на 300 мл раствора).

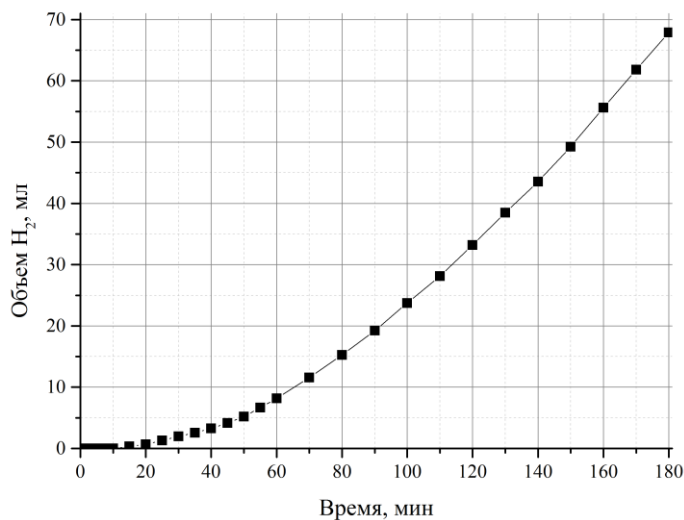


Рис.6. — Зависимость объема выделившегося водорода от времени при окислении гранул алюминия в растворе  $\text{FeCl}_3$  (2,5 г алюминия в виде гранул на 300 мл раствора).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента № МК-7210.2015.8 и гранта РФФИ № 15-08-99470/15

Литература.

1. Берш А.В., Лисицын А.В., Сороковиков А.И., Власкин М.С., Мазалов Ю.А., Школьников Е.И. Исследование процессов генерации пароводородной смеси в

реакторе гидротермального окисления алюминия для энергетических установок. Теплофизика высоких температур. 2010. т. 48. № 6. с. 908-915.

2. Vlaskin M.S., Shkolnikov E.I., Lisicyn A.V., Bersh A.V., Zhuk A.Z. Computational and experimental investigation on thermodynamics of the reactor of aluminum oxidation in saturated wet steam. International J. Hydrogen energy. 2010. vol. 35. № 5. p. 1888-1894.

3. Vlaskin M.S., Shkolnikov E.I., Bersh A.V., Zhuk A.Z., Lisicyn A.V., Sorokovikov A.I., Pankina Y.V. An experimental aluminum-fueled power plant. J. Power Sources. 2011. vol. 196. № 20. p. 8828-8835.

4. Shkolnikov E.I., Zhuk A.Z., Vlaskin M.S. Aluminum as energy carrier: Feasibility analysis and current technologies overview. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2011. vol. 15. № 9. p. 4611-4623.