

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ СПИРТО-АММИАЧНОЙ СМЕСИ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ ТОПЛИВНОМ ЭЛЕМЕНТЕ

© Г.И.Новиков, Н.М.Гаманович

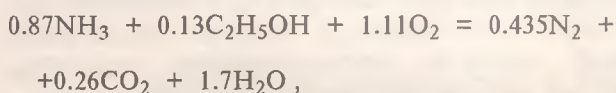
Белорусский государственный технологический университет, Минск

Поступило в Редакцию 5 мая 1998 г.

*Проведено исследование процесса окисления спирто-аммиачной смеси на твердом электролите состава  $0.9\text{ZrO}_2 \cdot 0.1\text{Y}_2\text{O}_3$  с платиновыми электродами.*

Ранее было отмечено [1], что использование этилового спирта в качестве топлива в высокотемпературном топливном элементе (ВТТЭ) характеризуется отсутствием науглероживания электродов. Это приводит к повышению устойчивости работы элементов в течение длительного времени. Следует, однако, отметить, что применение этилового спирта одновременно связано с необходимостью использовать газ-носитель (в нашем случае – азот), являющийся балластным веществом в топливной смеси, которое ухудшает энергетические характеристики элемента. Было исследовано [2] использование в качестве топлива ВТТЭ газообразного аммиака ( $T_{\text{кип}} 239.6 \text{ K}$ ), экзотергически окисляющегося кислородом и поэтому оказавшегося хорошим топливом для ВТТЭ, дающим при полном окислении только азот и воду.

Мы решили совместить эти два вида топлива, используя аммиак в качестве газа-носителя для паров этилового спирта, тем больше что эти два вида топлива в ранее проведенных экспериментах дали близкие результаты ( $E_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}^0 1.02 \text{ В}$ ,  $E_{\text{NH}_3}^0 0.98 \text{ В}$  при  $1170 \text{ K}$ ). Для определения целесообразности одновременного использования аммиака и в качестве газ-носителя, и в качестве топлива провели расчет ожидаемой (максимальной) разности потенциалов  $\Delta E_T^0$  для парогазовой смеси аммиака ( $P_1 87.1 \text{ кПа}$ ) и этилового спирта ( $P_2 13.2 \text{ кПа}$ ) в предположении, что насыщение парами спирта происходит при  $308 \text{ K}$ . Исходя из схемы



для которой  $\Delta G_T^0 = 441500 - T \cdot 37.3$  (Дж), рассчитали разность потенциалов:

$$\Delta E_T^0 = \frac{\Delta G_T^0}{nF} = \frac{\Delta G_T^0}{4.44 \cdot 9487} \approx 1.14 \text{ В},$$

причем значение это приблизительно одинаково для интервала температур  $1000\text{--}1200 \text{ K}$ . С учетом данных расчета провели экспериментальную проверку работы такого смешанного топлива на нашем ВТТЭ.

### Экспериментальная часть

Исследование процесса электрохимического окисления спирто-аммиачной смеси проводили в инертном пространстве  $800\text{--}1170 \text{ K}$  в топливном элементе, состоящем из двух последовательно соединенных электрохимических ячеек (общая площадь  $6 \text{ см}^2$ ), изготовленных на основе твердого керамического электролита состава (мас%):  $0.9 \text{ ZrO}_2$ ,  $0.1 \text{ Y}_2\text{O}_3$ , с нанесенными на них платиновыми электродами. Состав электролита выбран на основании того, что максимальная ионная проводимость в этой системе приходится на содержание  $\text{Y}_2\text{O}_3$  от  $10$  до  $15 \text{ ат\%}$ . Проводимость с повышением температуры в общем случае реализуется во все более узком интервале давлений кислорода, однако именно в используемой нами системе практически существует только нижний предел, что делает ее привлекательной в прикладном плане.

В качестве источника аммиака первоначально использовали  $25\%$ -ный водный раствор аммиака, а затем газообразный баллонный аммиак.

Водный раствор аммиака смешивали с  $96\%$ -ным этиловым спиртом в объемном соотношении  $1:1$ . Смесь растворов нагревали в испарителе до  $380 \text{ K}$ . Выделяющийся аммиак и пары этилового спирта через подогревающее устройство подавали в анодное пространство ВТТЭ. В качестве окислителя использовали баллонный кислород.

Результаты электрохимического окисления смеси аммиака и паров этилового спирта приведены в таблице (внешнее сопротивление нагрузки составляло  $1000 \text{ Ом}$ , внутренне – около  $500 \text{ Ом}$ ).

Таким образом, отношение экспериментально полученного значения ( $E_{1170 \text{ K}}^0 1.00 \text{ В}$ ) к расчетному ( $E_{1000\text{--}1200 \text{ K}}^0 1.14 \text{ В}$ ) составляет около  $88\%$ , так что поляризационные и другие потери не превышают  $12\%$ .

При использовании баллонного аммиака первоначально применяли метод насыщения аммиака парами этилового спирта путем барботажа. Температуру этилового спирта в испарителе поддерживали  $300\text{--}$

Разность потенциалов  $E$ , напряжения  $V$  и сила тока  $I$  при электрохимическом окислении спирто-аммиачной смеси

$T, K$	$E$	$V$	$I, mA$
	В		
770	0.20	0.15	0.15
870	0.50	0.45	0.40
970	1.45	1.30	1.25
1070	1.80	1.70	1.55
1170	2.00	1.80	1.70

320 К. Однако при барботаже брызги этилового спирта периодически попадали в систему подачи смеси в анодного пространство ВТТЭ и вызывали толчки давления в системе, что нарушало устойчивость работы элемента.

С целью более простого и надежного насыщения аммиака парами этилового спирта (при 320 К) приме-

нили «фитильный» способ подачи, обеспечивающий спокойное и экономное расходование топлива. Уточнение оптимальных условий работы ВТТЭ с использованием спирто-аммиачных смесей продолжается.

### Выводы

1. Рассмотрена и экспериментально проверена схема двухъячейкового топливного элемента, работающего на керамическом оксидном циркониево-иттриевом высокотемпературном электролите с платиновыми электродами и фитильной подачей спирто-аммиачной смеси.

2. Методом термодинамического анализа и экспериментально обоснована возможность применения указанного топлива.

### Список литературы

- [1] Новиков Г.И., Гаманович Н.М. // ЖПХ. 1997. Т. 70. № 7. С. 1098–1101.
- [2] Гаманович Н.М., Новиков Г.И. // ЖПХ. 1997. Т. 70. № 7. С. 1198–1199.

## КРИТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НЕУСТОЙЧИВОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ КАПЛИ, ОСЕВШЕЙ НА ТВЕРДОЙ ПОДЛОЖКЕ

© С.О.Ширяева, А.И.Григорьев, А.Н.Жаров

Ярославский государственный университет

Поступило в Редакцию 16 июня 1997 г.; после исправления в феврале 1998 г.

*Методами классической гидростатической электродинамики исследован вопрос устойчивости в однородном внешнем электростатическом поле полусферической капли, лежащей на твердой подложке.*

В различных технических задачах и в химической технологии приходится сталкиваться с проблемой электростатической устойчивости капель проводящих жидкостей, осевших на твердых стенках. В частности, такая задача связана с проблемой усиления в дождливую погоду энергопотерь на линиях электропередач; с проблемой пожаро- и взрывобезопасности при мытье больших емкостей из-под легковоспламеняющихся жидкостей, из-за возможности зажигания коронного разряда с поверхности таких капель, при электризации жидкостного аэрозоля [1–5]. Тем не менее теоретическое осмысление феномена находится в начальной стадии. Нижеследующее аналитическое рассмотрение проведено методом, подробно описанным в работе [6].

Рассмотрим каплю идеальной несжимаемой проводящей жидкости плотности  $\rho$  с коэффициентом поверхностного натяжения  $\sigma$ , лежащую на твердой плоской идеально электропроводной подложке. Пусть вся система находится во внешнем однородном электростатическом поле  $E_0$ , перпендикулярном плоскости подложки. Вопрос о равновесной форме такой капли весьма сложен, поскольку зависит от трудноучитываемых сил сцепления капли и подложки. Поэтому примем, что жидкость смачивает подложку и угол смачивания равен  $\pi/2$ , форма же капли полусферическая. Опуская вопрос о равновесности этой формы, поставим задачу определения критических условий неустойчивости такой поверхности по отношению к электрическим и капиллярным силам.