

РАЗРАБОТКА КОМПАКТНОГО ТОПЛИВНОГО УСТРОЙСТВА

Причина Алексей Сергеевич

Физика

11А класс, МБОУ СШ №64, Красноярск

Руководитель: Фадеев Александр Александрович, к.т.н.,
СибГУ им М.Ф. Решетнева, доцент кафедры ТМС, Красноярск

В последнее время в мире обострились проблемы топливной энергетики: в связи быстрым ростом экономик мира увеличилось потребления топлива, что в свою очередь сказывается на экологии: загрязнение воздуха, воды, почв.

Одним из перспективных направлений получения новых видов энергии является водородная энергетика [2] (получения водорода и использования его в качестве топлива в различных устройствах и технологических процессах), имеющая свои явные плюсы:

1. Доступность сырья (получение водорода возможно из различных веществ, минералов- уголь, вода, электролиты);
2. При сжигании водорода образуется значительно меньше вредных веществ
3. Высокая энергоёмкость водорода, за счет чего его можно использовать в существующих авиационных, автомобильных двигателях без существенных переделок
4. Использование в различных областях (химия, пищевая промышленность. металлургия), где потребность в водороде только возрастает.

Однако массовое использование водорода как топливо сдерживается следующими факторами:

- Взрывоопасность (образует с воздухом взрывоопасные смеси)
- Низкая температура сжижения (возникают трудности по хранению и его транспортировки)
- Трудности при хранении (высокая проникаемость молекул водорода).

- Высокая энергоёмкость при получении водорода в промышленных масштабах

Одним из перспективных направлений получения водорода является электролиз воды. Использование данного способа получения водорода совместно с традиционным двигателем (внутреннего сгорания) (по аналогии с применением газо-бензиновых систем в двигателях внутреннего сгорания [4]) даст следующие преимущества:

- Повышение экологичности двигателя (снижение выбросов в окружающую среду)
- Экономия топлива (за счет высокой энергоёмкости водорода)
- Повышение КПД двигателя
- Универсализация и миниатюризация установки для получения водорода

Цель данной работы: исследование процесса электролиза и конструирование универсальной установки для получения и использования водорода.

Задачи работы:

- 1) Изучение процессов электролиза воды в водных растворах при различных параметрах процесса (при различных электродах и электродных схемах, напряжениях, электролитах);
- 2) Анализ и обработка полученной экспериментальной информации, выделение существенных факторов влияющих на процесс
- 3) Разработка безопасных компактных топливных устройств на основе генератора водорода.

Цель - изучение процесса электролиза для дальнейшей оптимизации процесса получения водорода исходя из условий низкого энергопотребления максимального получения объёма водорода и минимизации конструкций.

Электролизом называется совокупность процессов, происходящих при прохождении электрического тока через электрохимическую систему, состоящую из двух электродов и расплава или раствора электролита[3].

Электрод, на котором происходит восстановление, называется катодом, а электрод, на котором происходит окисление, называется анодом.

При подаче электрического тока на электроды на границе металл-раствор могут происходить следующие явления: прежде всего это – образование двойного электрического слоя, окисление или восстановление металла электрода в зависимости от, того чем является электрод: катодом или анодом, образование оксидной пленки, восстановление водорода (на аноде) и кислорода на (катоде).

В данном случае исследования проводятся с использованием титановых (анод) и стальных (катод) электродов.

При соприкосновении двух электропроводящих фаз между ними возникает разность электрических потенциалов, что связано с образованием двойного электрического слоя (рис. 1), т.е. несимметричного распределения заряженных частиц у границы раздела фаз. Причиной возникновения скачка потенциала между двумя фазами являются, например, адсорбция молекул воды на металле.

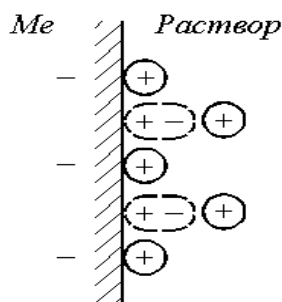


Рис. 1 Двойной электрический слой

По Гельмогольцу (1879), двойной электрический слой можно уподобить плоскому конденсатору, одна из обкладок которого совпадает с плоскостью, проходящей через поверхностные заряды в металле, а другие — с плоскостью, соединяющей центры тяжести зарядов ионов, находящихся в растворе, но притянутых электростатическими силами к поверхности металла.

Пассивация (образование окисного слоя) активного титана, объясняемая первоначальным возникновением окисла TiO , в принципе возможна при очень низком анодном потенциале ($\varphi_0 = -1,3$ В). $Ti + H_2O \rightarrow TiO + 2H^+ + 2\bar{e}$

При повышении потенциала анод покрывается слоем окислов непостоянного состава, стандартный потенциал ($\varphi_0 = - 0,86 \text{ В}$) соответствует реакции образования высшего окисла.



В стационарном состоянии невозможен слой, состоящий только из низших окислов. В слое есть полный набор окислов, но расстояние, на котором завершается изменение состава, уменьшается с ростом напряжения на слое. Следует различать толстый слой, на внутренней стороне, которого расположены низшие окислы (TiO), а на внешней (у раствора) - высшие окислы (TiO_2). Внешняя часть слоя может быть однородной по составу и содержать только высшие окислы. Развитие окисного слоя происходит следующим образом (рис 2).

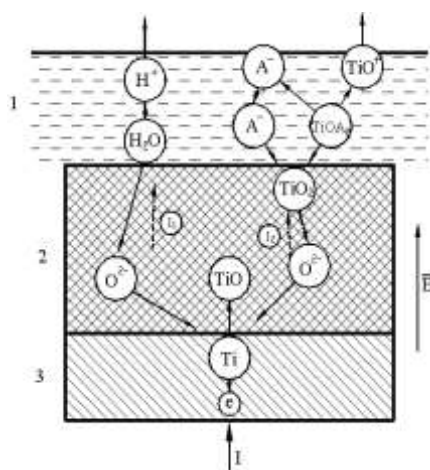


Рис. 2 Окисный слой титанового электрода

1. На границе слоя с раствором может протекать реакция разложения воды на границе между раствором 1 и внешней поверхностью окисного слоя 2. $\text{H}_2\text{O} + \bar{e} \rightarrow \text{H}_2 + \text{OH}^-$ в результате чего в раствор переходят ионы водорода H^+ , а вглубь под действием электрического поля движутся ионы кислорода O^{2-} ;

2. Частичное (или полное) вытеснение анионами электролита A^- кислорода из окислов на внешней границе окисного слоя, в итоге, в раствор переходят растворимые соединения (например, TiOA_2), диссоциирующие на катионы

(TiO⁺) и анионы (A⁻), а ионы кислорода O²⁻ движутся вглубь под действием поля;

3. Миграция ионов кислорода O²⁻ в поле \vec{E}_c к границе между слоем 2 и металлом 3, окисление (или до окисления) титана ионами кислорода на внутренней границе слоя (или в самом слое); перенос заряда электронами \bar{e} , освобожденными после реакции окисления или до окисления титана ионами кислорода.

Анодное растворение титана в условиях электролиза (происходит через промежуточную стадию образования окислов). Согласно экспериментальным данным растворение начинается примерно при 10 В.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ОПЫТОВ

Гидролизер мокрого типа устроен следующим образом.

В герметичном отсеке находятся три электрода, находящиеся друг от друга на расстоянии 2 миллиметра. Электрод из нержавеющей стали является анодом, титановый электрод – катод, посередине расположен биполярный титановый электрод (такой тип электродов не нуждается в механическом соединении с источником питания).

Гидрозатвор – небольшая емкость на три четвертых заполненная водой. В крышки присутствует два штуцера, на вход и выход газа. Входной штуцер обладает трубкой доводчиком газа до дна.

Все эксперименты проводились при температуре воздуха 26 градусов по Цельсию. Электролит - дистиллированная вода с добавлением NaCO₃ (пищевая сода), в размере 16 грамм на 100 миллилитров, объём заливаемого электролита 400 миллилитров. На электроды подавалось постоянное напряжение 12В, в зависимости от порядка расстановки электродов менялась сила тока.

Цель эксперимента - достижение максимальной силы тока при генерации газа и минимальному нагреву проводов питания электродов. Чем больше сила тока, тем больше генерируется газа. В результате экспериментов был достигнут наилучший показатель силы тока в 2,5 ампера. Расчет выделившегося водорода производился закону электролиза фарадея $m = k * I * t$

Где m - масса водорода, г; $k= 0,0376 \text{ г}/(\text{А}\cdot\text{час})$ - электрохимический эквивалент; I - сила тока через электролит, А; t - время протекания тока, час. Расчет по формуле дал следующие результаты: масса выделившегося водорода за 10 минут проведения процесса при токе 2.5 А составила 0.0157 г. С учётом того что плотность водорода (при температуре окружающего воздуха 25°C) составляет 0.082 кг/м³ объём выделившегося водорода составил 0.194 л.

На основе принципиальной схемы была разработана и собрана конструкция установки для получения водорода и использования его в качестве топлива для горелки (рис3)

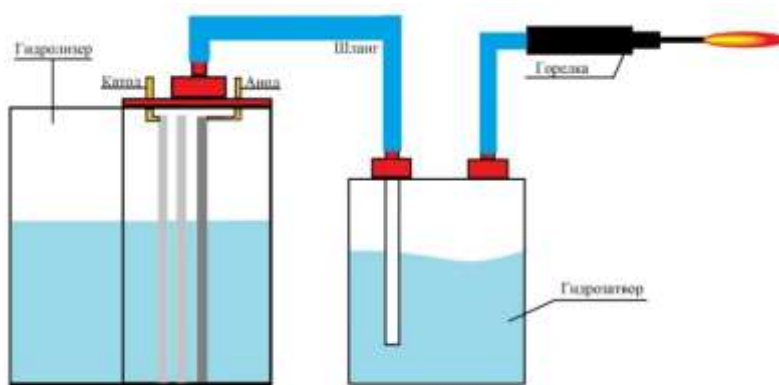


Рис.3 Схема установки получения водорода для использования в горелке

Нами был разработано несколько вариантов таких топливных элементов.



На первой версии устройства отработывалась технология сборки, и режимы работы установки. Система использовалась для водородной горелки. Недостатки данного устройства:

1. Низкая производительность при разложении воды.

2. Проблемы с герметичностью установки.

3. Громоздкость установки

Данные недостатки были устранены в следующей версии устройства.

При создании использовались следующие материалы: оргстекло, резина, нержавеющая сталь.

Данный гидролизер питается от аккумуляторов 18650 что делает конструкцию компактной.

Несмотря на простоту схемы получения водорода из воды и изученность процесса электролиза определились следующие направления работы по оптимизации процесса электролиза и снижения массогабаритных характеристик установки получения водорода:

1. Исследования по использованию электродов из других материалов: сталь, жель, алюминий, медь в различных сочетаниях.

2. Исследования по использованию электродов различных форм: выпуклые, шаровые, перфорированные и игольчатые.

3. Использование различных типов напряжения питания на электродах: постоянное, переменное, импульсное.

ВЫВОДЫ

1) В результате изучения процессов электролиза воды в водных растворах при различных параметрах процесса было выявлено, что сила тока напрямую влияет на количество генерируемого газа.

2) Анализ и обработка полученной экспериментальной информации показали, что вовремя процесса гидролиза происходит нагрев электролита и разрушения электрода, подключенного к аноду. Из 0.5 л водного раствора соли за 10 минут выделяется 0.191 л водорода.

3) Благодаря данному устройству можно разработать конструкции установок для резки металлов, повышение КПД двигателей и более экономного расходования бензина либо полного перехода на водородное топливо.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Магомедов А.М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. - Махачкала: Юпитер, 1996 - 245 с.
2. Шпильраин Э.Э. Введение в водородную энергетику / Э.Э. Шпильраин С.П. Малышенко Г.Г. Кулешов; под редакцией В.А. Легасова. – М.: Энергоатмиздат, 1984. – 264 с.
3. Коровин Н.В. Электрохимическая энергетика. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 264 с.
4. Золотницкий В.А. Новые газотопливные системы автомобилей. М.: Издательский Дом Третий Рим, 2005 - 64 с.