

УДК 620.9

В.И. КОНОВАЛОВ¹, В.А. УЛЕКСИН²¹Научно-производственное коллективное предприятие "Исследовательская лаборатория моделирования аппаратов", Украина²Днепропетровский государственный аграрный университет, Украина

О ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Рассматриваются суммарные количества энергии при сжигании водорода и затраты на его получение по основным используемым реакциям. Показано, что превращение другого топлива в водород такими путями не дает энергетической выгоды, а также, что при этом не уменьшается загрязнение окружающей среды углекислым газом. Указан единственный возможный метод, дающий выгоду – нетепловой конверсии резонансным способом.

водородная энергетика, нетепловой (резонансный) процесс, химический аккумулятор

Введение

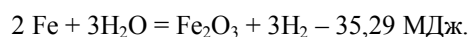
Большинство современных мобильных машин построены на основе двигателей внутреннего сгорания (ДВС), которые работают на нефтяном топливе. Ограниченность запасов нефти при интенсификации ее потребления вызывает необходимость поиска заменителей привычному для нас нефтяному топливу. Как правило, консерватизм мышления приводит к появлению проектов получения альтернативного топлива для существующих двигателей, а не к замене самих ДВС на альтернативные. Если вспомнить начало автомобилестроения, то автомобиль с ДВС и электромобиль рождались одновременно: первый московский таксопарк в 1905 году состоял именно из электромобилей [6]. Более дорогие в производстве и более сложные в эксплуатации ДВС вытеснили электродвигатели только благодаря дешевизне нефти в то время. Однако все известные сейчас заменители нефтяного топлива для ДВС ухудшают показатели машин даже при кажущейся на первый взгляд выгодности.

Идея замены углеводородного горючего на водород основана на том, что при его сгорании выделяется больше энергии, чем при сгорании любого другого топлива (285,83 МДж на кило-моль, т.е. на 2 кг), а кроме того, не образуются никакие вредные продукты сгорания [1 – 4].

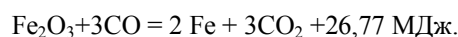
Энергетика способов получения

Но водород сначала нужно получить.

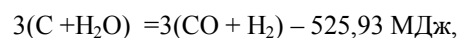
Из всех рассматриваемых способов наименее энергоемким кажется железопаровой, по которому выход водорода происходит по реакции обработки водой (теплоты реакций взяты из [5]):



Общепринято, что окисел железа восстанавливают (чтобы не терять ценный для промышленности продукт) обработкой его “водяным газом”:



Чтобы получить необходимые 3 кмоль СО, необходимо газифицировать уголь при малом количестве воды:

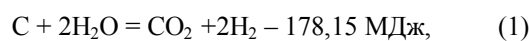


при этом получается еще 3 кмоль водорода.

Итого, на получение 6 кмоль H_2 затрачивается количество энергии:

$$\Delta Q_1 = -35,29 + 26,77 - 525,93 = -534,45 \text{ МДж,}$$

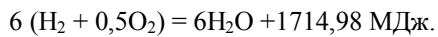
или 89,07 МДж на 1 кмоль H_2 , т.е. ровно столько, сколько и при газификации угля по реакции с достаточным количеством воды:



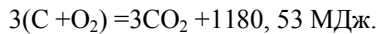
т.е., 89,07 МДж на 1 кмоль H_2 .

Сжигая полученные в итоге 6 кмоль водорода,

получим:



Сжигая использованные 3 кмоль углерода, получили бы

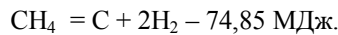


Если учесть затраты энергии на получение водорода, фактически нам достается от его сжигания

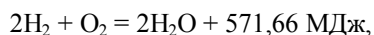
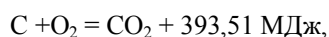
$$\Delta Q_2 = 1714,98 - 534,45 = 1180,53 \text{ МДж.}$$

Как видим, никакого выигрыша не получается! И это в теоретическом варианте – если считать коэффициенты полезного действия всех процессов равными 100 %. Учитывая, что реально КПД меньше, приходим к выводу, что сжигание водорода, полученного с использованием угля, является невыгодным. К тому же, следует учесть, что при получении 6 кмоль H_2 образовалось 3 кмоль CO_2 – столько же, как при непосредственном сжигании использованных 3 кмоль углерода. Выигрыша в уменьшении загрязнения окружающей среды тоже нет!

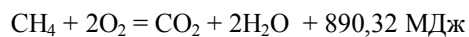
Рассмотрим другой вариант получения водорода – термическим разложением метана (при гомогенном нагреве всего объема) :



Сжигая оба получившихся горючих, получим:



т.е. 965,17 МДж выделившейся энергии. А если сжечь начальный продукт, получим:

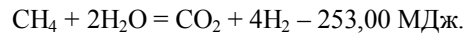


– вроде бы меньше. Но разница как раз равна энергии, затраченной на разложение CH_4 :

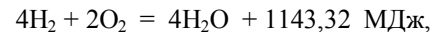
$$\Delta Q = 965,17 - 890,32 = 74,85 \text{ МДж.}$$

Учитывая, что КПД реакции разложения меньше 100%, получаем тот же вывод о нецелесообразности получения водорода как топлива и из углеводородов.

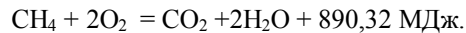
Получение водорода конверсией метана происходит по реакции:



Сжигание 4 кмоль H_2 дает



а сжигание метана дало бы



Если учесть, что для получения водорода затратили 253 МДж, то тепловые эффекты будут одинаковыми:

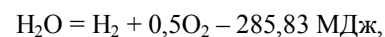
$$\Delta Q = 1143,32 - 253,00 = 890,32 \text{ МДж.}$$

Т.е., нет выигрыша ни в полученном количестве тепла, ни в количестве образовавшегося углекислого газа (приведенные несложные расчеты заставляют усомниться в справедливости вывода об увеличении теплотворной способности продуктов конверсии, содержащегося, например, в [7]).

Следующую (в порядке возрастания затрат на получение 1 кмоль H_2) реакцию мы уже записывали – (1). Если же сжечь 1 кмоль C , получим 1 кмоль CO_2 и 393,51 МДж энергии, что меньше, чем при сжигании 2 кмоль H_2 ровно на затраты энергии для проведения реакции газификации:

$$\Delta Q_3 = 2 \cdot 285,83 - 178,15 = 393,51 \text{ МДж.}$$

Рассмотрим еще один источник водорода – разложение или электролиз воды:



т.е., теоретически надо затратить столько же энергии, сколько выделяется при горении. Учитывая, что КПД <100% (для электролизеров в лучшем случае до 90% при повышенных параметрах [3]), приходим к тому же неутешительному результату.

Вывод

Таким образом, получение водорода с целью дальнейшего его сжигания может иметь смысл лишь в некоторых специфических случаях:

– подземная газификация угля по реакции (*) без добычи его на поверхность и при использовании образовавшегося углекислого газа;

– при использовании его как специального горючего, например, в космических ракетах;

– при разработке таких условий проведения реакций, при которых затраты на получение будут значительно меньшими, чем по указанным реакциям (например, при радиолизе они могут быть в 3 раза меньше, чем при термическом разложении [1]; поэтому в [8] предложен способ гетерогенного резонансно-резонансного разложения – без непроизводительного нагрета всего объема).

Заключение

Этот последний вариант – получение дешевого водорода – занимает умы многих изобретателей. Но большинство предложений сводится к грубому нарушению закона сохранения энергии.

Перспективными же являются нетепловой (резонансный) процесс [8], в котором на получение водорода из ЭАВ будет потрачено в 3 раза меньше энергии, чем отдача при его сжигании, а также использование химических аккумуляторов водорода [9] на основе твердых углеводов.

Но и в этом случае сжигание его в ДВС сведет на нет все энергетические преимущества, т.к. КПД теплового двигателя в условиях эксплуатации не превышает 30 %.

При известных сложностях хранения необходимого запаса водорода на борту мобильной машины реализация водородного автомобиля имеет мало перспектив (хотя известно, что такие машины уже существуют и разрабатываются их новые схемы).

Нам кажется более перспективным использование водородного топлива в стационарных энергетических установках в местах его получения, в первую очередь, на крупных энергостанциях, например, при снятии пиковых нагрузок.

Литература

1. Подгорный Н., Варшавский Л. Водород – топливо будущего. – К.: Наук. думка, 1977. – 376 с.
2. Атомно-водородная энергетика и технология. – М.: Энергоиздат, 1982. – Вып. 4. – 200 с.
3. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортировка, применение. Справочник. – М.: Химия, 1989. – 672 с.
4. Коротеев А.С., Смоляров В.А. Водородный транспорт – основа развития водородной энергетики // Изв. АН Украины. Энергетика. – 2004. – № 5. – С. 33-36.
5. Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник. – Л.: Химия, 1977. – 376 с.
6. Автомобиль: Энциклопедический словарь. Дополнительный Т.1 / Издатели: Ф.А. Брокгауз (Лейпциг), И.А. Ефрон. – С.-Петербург, 1905. – С. 32.
7. Буланов В.Н., Клименко В.П. Аккумуляирование солнечной энергии с использованием термохимических превращений // Порошковая металлургия. – 1995. – № 7/8. – С. 172-179.
8. Кумченко Я.А. Нетепловой резонансно-резонаторный способ гетерогенного фотокатализа процесса диссоциации (разрушения) энергоаккумулирующих веществ с целью получения водорода в качестве горючего для экологически безопасных (безуглеродных) как наземных, так и космических энергоустановок // Авиационно-космическая техника и технология. – 2006. – № 10/36. – С. 78-81.
9. Кумченко Я.А. Резонаторная природа разрушения (деструкции) энергоаккумулирующих веществ // Авиационно-космическая техника и технология. – 2005. – № 8/24. – С. 77-80.

Поступила в редакцию 18.05.2007

Рецензент: д-р хим. наук, проф. К.А. Мельников, Днепропетровский государственный аграрный университет, Днепропетровск