

NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÔ HÌNH THIẾT BỊ ĐIỆN PHÂN KHÍ HHO THAY THẾ ĐỘNG CƠ XE MÁY DUNG TÍCH NHỎ HƠN 110 CC

*Lưu Tuấn Hải, Phạm Văn Trọng,
Vương Trần Chiến, Hoàng Văn Thông **

Tóm tắt: Hydrogen là một dạng nhiên liệu sạch do không có thành phần các bon. Việc sử dụng nhiên liệu này có ý nghĩa trong việc giảm hiệu ứng nhà kính và nâng cao an toàn môi trường không khí. Bài báo này trình bày một số kết quả nghiên cứu về việc chế tạo và ứng dụng năng lượng Hydrogen (công nghệ HHO) vào việc thay thế nhiên liệu xăng trên động cơ đốt trong.

Từ khóa: HHO, điện phân nước, nhiên liệu thay thế.

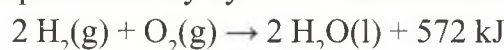
Abstract: Hydrogen is a type of clean fuel as it has no carbon component. The use of this fuel is significant in reducing the greenhouse effect and improving the safety of the air environment. This article presents some research results on the manufacture and application of Hydrogen energy (HHO technology) to replace gasoline fuel in internal combustion engines.

Keywords: HHO, water electrolysis, alternative fuels.

1. Đặc điểm nhiên liệu Hydrogen

Hydro là nguyên tố phổ biến nhất trong vũ trụ, chiếm 75% các vật chất thông thường theo khối lượng và trên 90% theo số lượng nguyên tử. Ở nhiệt độ và áp suất tiêu chuẩn, hydro là một khí lưỡng nguyên tử có công thức phân tử H_2 , không màu, không mùi, dễ bắt cháy, có nhiệt độ sôi $20,27^\circ K$ và nhiệt độ nóng chảy $14,02^\circ K$. Ở điều kiện thường, các nguyên tử hydro kết hợp với nhau tạo thành những phân tử gồm hai nguyên tử (H_2). Khí hydro (phân tử hydro) có tính cháy cao và có thể nổ khi cháy trong không khí với dải nồng độ thể tích rất rộng, từ 4% đến 75%. Phản ứng hóa học hydro kết hợp với oxy tạo ra nước (H_2O) và giải phóng ra năng lượng. Entropy

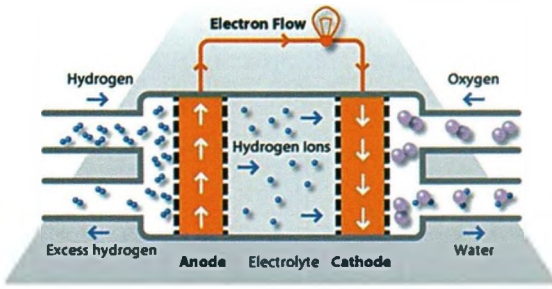
của quá trình cháy hydro là -286 kJ/mol :



Ứng dụng của dạng năng lượng Hydrogen dùng để làm nhiên liệu cho động cơ thường có 2 loại:

Công nghệ Pin nhiên liệu (Fuel cells) là một công nghệ sử dụng hydro với ý nghĩa là nhiên liệu cho một thiết bị năng lượng. Nguyên lý hoạt động của pin nhiên liệu được trình bày trong hình 1.1. Hydro với vai trò là nhiên liệu được đưa vào cực dương, oxy (thường là không khí) được đưa vào cực âm. Các phản ứng tạo ra điện diễn ra tại các điện cực. Các điện cực được đặt trong dung dịch điện phân. Để tăng tốc độ phản ứng tại các điện cực thường sử dụng chất xúc tác.

* Trường ĐH KD&CN Hà Nội



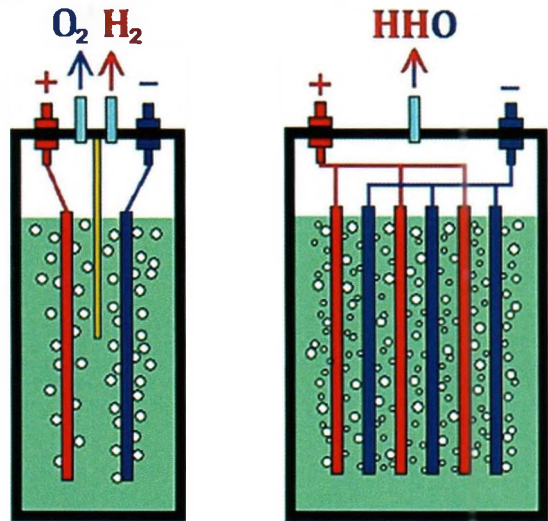
Hình 1.1. Sơ đồ nguyên lý của pin nhiên liệu

Thay vì đốt cháy hydro, tại các điện cực của pin nhiên liệu xảy ra các phản ứng hóa học giải phóng các electron và tạo ra dòng chuyển động của các điện tích ở mạch ngoài. Sản phẩm phụ của phản ứng hóa học trong pin nhiên liệu là nước (H_2O). Chất điện phân cùng chất xúc tác đóng một vai trò rất quan trọng trong pin nhiên liệu.

Một hướng nghiên cứu mới để ứng dụng hydro làm nhiên liệu dùng cho động cơ đốt trong là công nghệ HHO. Công nghệ HHO là tên gọi của các công nghệ sử dụng hydrogen làm nhiên liệu thay thế trong động cơ đốt trong và các thiết bị năng lượng

Khí HHO là dạng tồn tại đặc biệt chứa các bọt khí hydro, oxy và các bọt nước thoát ra từ bình điện phân nước trong trường hợp không cách ly riêng các phân tử khí thoát ra ở các điện cực của bình điện phân. Hình 1.2 là sơ đồ so sánh nguyên lý điện phân nước để tạo khí HHO với nguyên lý điện phân nước để thu riêng rẽ khí oxy và hydro.

Để sản xuất khí HHO hiện nay thường sử dụng phương pháp điện phân nước. Có hai công nghệ điện phân nước là công nghệ điện phân khô (Dry cell) và công nghệ điện phân ướt (Wet cell).



HYDROGEN

OXY-HYDROGEN (HHO)

Hình 1.2. Sơ đồ nguyên lý điện phân tạo hydrogen và điện phân tạo khí HHO

Các thiết bị điện phân tạo khí HHO dùng cho động cơ ô tô ở các nước châu Âu, châu Mỹ thường sử dụng công nghệ điện phân khô. Khác với kiểu Wet cell, ở đây các bản cực của thiết bị không đặt ngập trong dung dịch điện phân. Dung dịch điện phân chỉ chứa ở phần không gian giữa hai tấm của bản cực. Hai bản cực kề liền nhau được cách điện nhờ vòng đệm. Khe hở giữa các bản cực khoảng 3mm. Nếu khe hở nhỏ quá có thể gây hiện tượng phóng điện giữa các bản cực, khe hở lớn sẽ làm giảm hiệu quả điện phân. Sử dụng công nghệ điện phân dry cell có nhiều ưu điểm hơn wet cell: có năng suất điện phân cao hơn, tiêu thụ công suất điện ít hơn, tạo nhiệt ít hơn và an toàn trong sử dụng cho người và khi đặt trên xe chuyển động. Việc chế tạo thiết bị điện phân dry cell phức tạp và đắt hơn thiết bị điện phân kiểu wet cell. Vật liệu các tấm bản cực trong thiết bị điện phân dry cell thường là lá thép Inox

316L, chiều dày bản cực từ $1 \pm 1,5$ mm. Kích thước và hình dạng cũng như số lượng bản cực được tính toán phụ thuộc vào lượng khí HHO cần sản xuất.

2. Phân tích đặc tính nhiên liệu Hydro làm cơ sở thay thế cho động cơ xăng

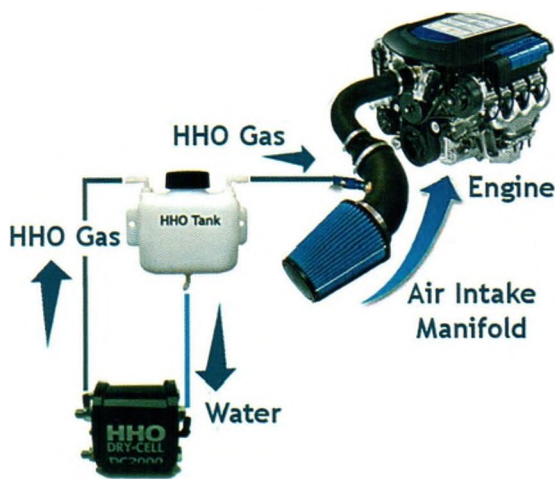
Phân tích các chỉ tiêu trình bày ở Bảng 1.1 cho thấy nhiên liệu hydro có hai ưu điểm quan trọng: hiệu quả quá trình cháy cao và tác động thay đổi cấu trúc của

các hạt nhiên liệu trong quá trình cháy. Do nhiệt lượng thu được ở quá trình cháy cao gấp tới ba lần của xăng nên công suất động cơ dùng nhiên liệu hydro sẽ tăng so với động cơ xăng cùng dung tích. Do khả năng khuếch tán nhanh nên tạo hiệu ứng va chạm, xé nhỏ các hạt nhiên liệu tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình cháy hoàn toàn, rút ngắn quá trình cháy trễ của nhiên liệu trong xi lanh động cơ.

Bảng 2.1. So sánh các đặc tính cơ bản của hydrogen với nhiên liệu xăng

Các chỉ tiêu	Hydrogen	Xăng (C ₈ H ₁₈)
Nhiệt độ tự bén lửa, °K	858	714
Năng lượng châm lửa nhỏ nhất, mJ	0,02	0,24
Khối lượng phân tử, g/mol	2,016	107
Khối lượng riêng, kg/m ³	0,0899	730
Tỷ lệ A/F	34,4	14,7
Tốc độ lan truyền màng lửa, cm/s	270	30 ÷ 50
Khe dập lửa, cm	0,064	0,2
Nhiệt lượng đốt cháy, MJ/kg	120	43,4
Trị số octane	130	87
Tốc độ khuếch tán trong không khí, cm ² /s	0,63	

Hydrogen là loại khí không tự bén lửa khi bị nén, vì vậy hydro sẽ là loại nhiên liệu thay thế lý tưởng đối với động cơ xăng. Hình 2.1 trình bày cấu hình động cơ xăng sử dụng nhiên liệu là khí hydro. Trên động cơ này, thay thế cho thùng nhiên liệu xăng là nguồn cấp khí hydro. Khí hydro được cấp vào đường nạp và hòa trộn với không khí trước khi đi vào xi lanh động cơ. Để đốt cháy hỗn hợp công tác hydro-không khí cần có buji bật tia lửa cao áp. Với cấu hình này, kết cấu của động cơ được giữ nguyên.

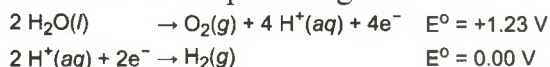


Hình 2.1: Động cơ xăng dùng khí hydro làm nhiên liệu thay thế

3. Các kết quả nghiên cứu thử nghiệm ban đầu trong phòng thí nghiệm của Trường Đại học Kinh doanh và Công nghệ Hà Nội

3.1. Cơ sở lý thuyết tính toán quá trình điện phân

Quá trình phân tách phân tử nước ở điều kiện nhiệt độ và áp suất tiêu chuẩn diễn ra theo các phản ứng sau:



Từ công thức trên, có thể thấy điện áp giới hạn của một cặp điện cực là 1,23V. Khi điện áp đặt lên một cặp điện cực tăng trong khoảng từ 0 - 1,23V, năng suất điện phân tăng. Tuy nhiên, khi điện áp đặt lên một cặp điện cực vượt quá 1,23V, năng suất điện phân không tăng. Năng lượng điện tiêu tốn thêm chỉ chuyển thành nhiệt, làm nóng bình điện phân.

Để tăng hiệu quả điện phân và có thể sử dụng phù hợp cho các động cơ sử dụng hệ thống điện 12V hoặc 24V, các thiết bị tạo HHO sử dụng nhiều cặp điện cực được bố trí nối tiếp nhau. Với thiết bị tạo HHO sử dụng điện áp 12V cho bình điện phân thường được bố trí 7 cặp điện cực nối tiếp trở lên. Với thiết bị tạo HHO sử dụng điện áp 24V cho bình điện phân, số cặp điện cực được mắc nối tiếp trong bình tối thiểu là 14 cặp.

Công thức liên hệ giữa công suất điện tiêu thụ và lưu lượng khí HHO tạo ra là:

$$P_{TT} = Q_{HHO} \times 2.5$$

Trong đó:

P_{TT} là công suất tiêu thụ (W)

Q_{HHO} là lưu lượng HHO tạo ra (l/h)

Công suất tiêu thụ điện:

$$P_{TT} = U \times I$$

Trong đó: U là điện áp đặt lên bình điện phân, thiết bị tạo HHO sử dụng điện áp 12V hoặc 24V

I là cường độ chạy tiêu thụ

Như vậy, cường độ dòng điện được tính theo lưu lượng HHO theo công thức:

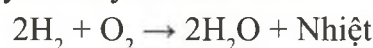
$$I = \frac{2.5}{U} Q_{HHO}$$

Đối với động cơ dung tích V_{DC} cần lưu lượng HHO cấp vào động cơ là $Q_{HHO} = V_{DC} \times 15$ (l/h) thì công suất bình điện phân tối thiểu là:

$$P_{min} = E_{TT} \times Q_{HHO} = 2.5 \times V_{DC} \times 0.25 = 0.625V_{DC} \text{ (W)}$$

3.2. Các yếu tố ảnh hưởng tới lượng thay thế HHO cho xăng

a) *Đảm bảo lượng oxy dư trong khí nạp*
HHO là hỗn hợp khí chủ yếu gồm H₂ và O₂ thu được trong quá trình điện phân nước. Tỷ lệ H₂ và O₂ trong hỗn hợp khí là 2 phân tử H₂ và 1 phân tử O₂. Tỷ lệ này vừa đủ cho phản ứng hóa học đốt cháy H₂ xảy ra hoàn toàn:



Do vậy, H₂ ảnh hưởng tới lượng oxy dùng để đốt cháy với xăng trong buồng đốt. HHO bổ sung có thể tự cháy mà không cần lấy oxy từ nguồn khác, do vậy có thể bổ sung một lượng HHO lớn mà vẫn đảm bảo lượng oxy dư trong khí nạp.

b) *Các điều chỉnh về góc đánh lửa sớm*

Khí HHO có tốc độ cháy nhanh hơn xăng. Lượng HHO càng tăng, quá trình cháy diễn ra càng nhanh. Để đảm bảo quá trình tăng áp suất của môi chất phù hợp với sự di chuyển của piston trong xy lanh, có thể cần phải điều chỉnh giảm góc đánh

lửa sớm trên động cơ thử nghiệm.

Do chưa xác định được chính xác ảnh hưởng của HHO tới đánh lửa sớm, nên phương án phù hợp nhất là tăng dần lượng HHO cấp vào động cơ rồi kiểm tra quá trình làm việc, công suất của động cơ trong quá trình thử nghiệm.

c) Ảnh hưởng từ tốc độ động cơ

Khi hoạt động ở tốc độ cao, các kỳ nạp, nén, cháy sinh công, xả của động cơ diễn ra với tần số cao hơn, do vậy để đảm bảo hiệu quả của việc cấp khí HHO vào quá trình cháy, lưu lượng HHO đưa vào động cơ cũng phải tăng lên.

d) Năng lượng cung cấp cho thiết bị tạo HHO

Thiết bị tạo HHO sử dụng năng lượng điện, lấy từ máy phát của động cơ. Khi năng lượng điện tiêu thụ tăng, công suất cơ học do động cơ sinh ra tiêu tốn cho máy phát cũng tăng lên. Đồng thời lưu lượng HHO cấp vào động cơ tăng giúp tăng công suất động cơ.

3.3. Tính toán thiết kế thiết bị điện phân HHO thay thế cho nhiên liệu động cơ xăng trên xe máy

a) Thông số động cơ

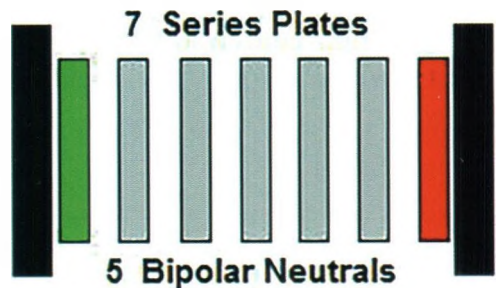
Hiện nay, dung tích xe máy phổ biến từ 50 - 150 phân khối, để thử nghiệm nhóm tác giả chọn loại động cơ có dung tích dưới 110 phân khối. Thông số kỹ thuật động cơ thử nghiệm như sau:

Kiểu	Honda
Loại	Xăng, 4 kỳ, làm mát bằng không khí
Dung tích xi lanh	109,1 cc
Đường kính x Hành trình piston	50 x 55,6 (mm)

Công suất cực đại/ Tốc độ quay	6,12 (kW)/7500 (vòng/phút)
Môment xoắn cực đại /Tốc độ quay.	8,44 (N.m) /5500 (vòng/phút)

b) Bố trí các bản cực

Các bản cực dương (+), âm (-) và trung gian (n) được bố trí trong bình điện phân để tạo ra các khoang làm việc (cell) sao cho điện áp trong các khoang này xấp xỉ điện áp tiêu chuẩn điện phân, ứng với từng loại dung dịch điện phân.



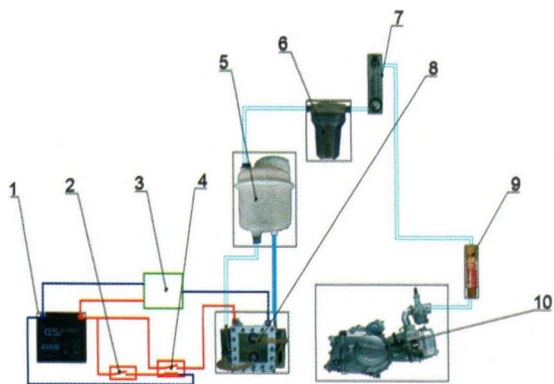
Hình 3.1. Sơ đồ bố trí bản cực

Cách bố trí này tạo ra 6 khoang làm việc, điện áp mỗi khoang ~ 2V, phù hợp với dung dịch KOH có điện áp tiêu chuẩn ~1.67V. Theo công thức Faraday, một khoang làm việc có điện phân tạo ra 10,44 ml/phút HHO ứng với mỗi A cường độ dòng điện đi qua. Bình điện phân có cấu tạo như trên có thể tạo ra lưu lượng HHO trong trường hợp cường độ dòng cấp cho bình điện phân 16 (A) lên tới:

$$Q = 10,44 \times 6 \times 16 = 1002,24 \text{ ml/phút} \sim 1 \text{ l/phút} \sim 60 \text{ l/h}$$

c) Sơ đồ cấp khí HHO vào động cơ

Động cơ xe máy Honda sử dụng bộ chế hòa khí để cấp nhiên liệu, nên khí HHO được cấp trực tiếp vào đường nạp của chế hòa khí.



Hình 3.2. Sơ đồ cấp khí HHO

1. Ấc quy; 2. Công tắc nguồn điện; 3. Bộ điều chỉnh công suất; 4. Rơ-le; 5. Bình dung dịch; 6. Bình lọc khí; 7. Đồng hồ đo lưu lượng khí; 8. Bộ điện phân; 9. Van chống nổ ngược; 10. Động cơ xe máy.

Do tác động của áp suất chân không trên đường nạp nên khí HHO từ đầu ra của thiết bị tạo khí HHO (Hình 2.2) sẽ được hút theo vào dòng khí nạp. Nguyên lý này còn có ưu điểm là lượng khí HHO được nạp bổ sung sẽ tỷ lệ với độ chân không trên đường nạp, do đó tỷ lệ với lưu lượng khí nạp vào xi lanh động cơ.

3.4. Chế tạo, lắp đặt và thử nghiệm mô hình cấp khí HHO cho động cơ xe máy

Trên cơ sở tính toán lý thuyết, bình điện phân được gia công CNC với vật liệu inox 316L để đạt độ chính xác cao và đảm bảo không bị ăn mòn hóa học.

Các bản cực được cách điện với nhau bằng tấm đệm Teflon và được ghép với nhau bằng bulong inox, bên ngoài bulong có các ống cách điện với các bản cực.

Trên mô hình có bố trí van chống nổ ngược trên đường cấp khí vào hệ thống nạp của động cơ để đảm bảo an toàn cho thiết bị.



Hình 3.3. Mô hình cấp khí HHO cho động cơ xe máy

- Các thông số đo đối với thiết bị điện phân gồm có hệ thống đo điện áp, dòng điện và lưu lượng khí HHO;

- Để thay đổi lưu lượng khí HHO cung cấp cho động cơ, trên mô hình có mạch điều chỉnh công suất bằng các thay đổi độ rộng xung điện áp;

- Đối với động cơ đốt trong có hệ thống đo tốc độ động cơ hiển thị lên màn hình.

3.5. Thử nghiệm đánh giá

Phương án thử nghiệm thay thế xăng bằng khí HHO:

- Cấp xăng cho động cơ nổ, đo tốc độ động cơ;

- Cấp khí HHO vào đường nạp, đo tốc độ động cơ

Qua thử nghiệm đánh giá hiệu quả của thiết bị điện phân nên khi cấp khí HHO thay thế cho nhiên liệu xăng, nồng độ dung dịch điện phân 30g/lít. Lưu lượng khí HHO được điều chỉnh bằng mạch công suất thay đổi dòng điện điện phân.

Dòng điện (A)	Lưu lượng khí (l/p)	ne chỉ dùng xăng (v/p)	ne cấp HHO (v/p)
4	0,4	850	1750
8	0,6	1500	2950
12	0,8	2000	3300
16	1,0	2500	4500

Qua bảng kết quả thử nghiệm thấy rằng, khi đưa khí HHO vào động cơ tăng tốc độ lên gấp khoảng 1,5-2 lần. Nếu ở cùng 1 yêu cầu mô men thì tốc độ tăng lên sẽ giúp công suất động cơ tăng.

Một thử nghiệm khác, khi đưa khí HHO vào tốc độ tăng lên ổn định sau đó giảm lượng xăng để tốc độ bằng với lúc khi chưa đưa HHO. Kết quả, động cơ nổ ổn định và khi thử nghiệm với thời gian 15 phút thì lượng xăng tiêu thụ giảm hơn khoảng 60%.

4. Kết luận và triển vọng của công nghệ

- Qua kết quả thử nghiệm, công nghệ điện phân khí HHO (Dry cell) có thể

dùng làm nhiên liệu thay thế cho động cơ xăng. Công nghệ này cung cấp liên tục trong quá trình hoạt động nên phù hợp hơn với các phương tiện ô tô, xe máy. Khí HHO sản xuất ra được đưa ngay vào buồng cháy để đốt cháy mà không cần lưu vào bình chứa để gây cháy nổ. Khi sử dụng HHO làm nhiên liệu thay thế cho động cơ xăng thì kết cấu của động cơ không cần thay đổi.

- Việc thay thế hoàn toàn khí HHO cho xăng trên động cơ cần phải nghiên cứu tối ưu công suất thiết bị điện phân. Đối với động cơ đốt trong cần hiệu chỉnh lại góc đánh lửa sớm để quá trình cháy tối ưu giúp công suất động cơ tăng lên./.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Tất Tiến (2007). *Nguyên lý động cơ đốt trong*. Nxb Giao thông Vận tải.
2. Enrico Conte and Konstantin Boulouchos (2004). *Influence of hydrogen rich gas addition on combustion, Pollutant formation and efficiency of an IC-SI engine*. SAE Transactions, Vol. 113, pp. 611-627.
3. A. C. Yilmaz, E. Uludamar, and K. Aydin (2010). *Effect of hydroxy (HHO) gas addition on performance and exhaust emissions in compression ignition engines*. International Journal of Hydrogen Energy, vol. 35.