

NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN VỀ BỘ XÚC TÁC TẠO KHÍ GIÀU HYDRO LẮP TRÊN ĐỘNG CƠ XĂNG

OVERVIEW OF HYDRO-RICH GAS CATALYST INSTALLED ON GASINE ENGINE

Trần Văn Hoàng, Vũ Thị Phụng

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

Đến Tòa soạn ngày 25/05/2023, chấp nhận đăng ngày 08/10/2023

Tóm tắt: Với mức tiêu thụ nhiên liệu như hiện nay, trữ lượng dầu thô được dự đoán là sẽ cạn kiệt trong vòng 50 năm tới. Vì vậy, các nhà khoa học trên khắp thế giới đang nỗ lực cải thiện giảm mức tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch và giảm phát thải độc hại do động cơ gây ra. Bài báo này tổng hợp các nghiên cứu sử dụng hệ xúc tác để tạo ra khí giàu hydro dùng cho động cơ đốt trong, phân tích ưu nhược điểm cũng như so sánh hiệu quả của các hệ xúc tác tạo ra khí giàu hydro. Từ đó, đánh giá hiệu quả sử dụng nhiên liệu khí hydro sinh ra từ bộ xúc tác, làm cơ sở quan trọng cho việc nghiên cứu thực nghiệm tại Việt Nam.

Từ khóa: Khí hydro, phát thải độc hại, nhiên liệu, động cơ.

Abstract: With current fuel consumption rates, the crude oil reserves are predicted to be depleted within the next 50 years. Therefore, scientists worldwide are striving to improve the reduction of fossil fuel consumption and reduce harmful emissions caused by combustion engines. This article summarizes studies using catalytic systems to create hydrogen-rich gas for internal combustion engines, analyzes advantages and disadvantages as well as compares the effectiveness of catalytic systems to create hydrogen-rich gas. From there, evaluate the efficiency of using hydrogen fuel generated from the catalyst, serving as an important basis for experimental research in Vietnam.

Keywords: Hydrogen gas, toxic emissions, fuel, engine.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hydro là nguyên tố nhẹ nhất và tồn tại ở thể khí, với trọng lượng nguyên tử 1.00794 C, tồn tại chủ yếu dưới dạng hydro nguyên tử trong các tầng cao của khí quyển trái đất. Công thức phân tử H_2 , không màu, không mùi, dễ bắt cháy, nhiệt độ sôi 20,27 K ($-252,87^\circ C$) và nhiệt độ nóng chảy 14,02 K ($-259,14^\circ C$). Tinh thể hydro có cấu trúc lục giác, có hóa trị 1 và có thể phản ứng với hầu hết các nguyên tố hóa học khác. Hydro còn có thể cháy trực tiếp trong động cơ đốt trong hoặc có thể sử dụng trong pin nhiên liệu (fuel cell) để sản xuất điện năng nhờ quá trình phản ứng giữa H_2 và O_2 . Khi hydro cháy trong động cơ đốt

trong thì sản vật cháy chủ yếu là hơi nước nên sử dụng hydro làm nhiên liệu cho các phương tiện giao thông vận tải là một trong những cách tốt nhất để giảm phát thải gây ô nhiễm môi trường.

Có ba phương pháp để sản xuất hydro:

Điện phân nước: Hydro chỉ chiếm 10% khối lượng nước và có thể tách ra sau khi điện phân. Tuy nhiên, để sản xuất đủ lượng hydro cần thiết thì cần một nguồn điện rất lớn. Hơn nữa, những vật liệu làm điện cực rất đắt làm giá thành sản xuất hydro tăng lên đáng kể. Giải pháp khắc phục là sử dụng những nguồn năng lượng khác để điện phân như dùng sức

nước (thủy điện, thủy triều) hay sức gió, năng lượng mặt trời...

Phản ứng hoá học: Trong phương pháp này, nguyên liệu gốc là khí thiên nhiên, khí dầu mỏ, dầu mỏ hay khí sinh học. Chẳng hạn khi dùng khí thiên nhiên với 95% metan thì cơ chế phản ứng diễn ra như sau:

Chuyển từ khí thiên nhiên sang khí đốt tổng hợp (syngas) $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO} + 3\text{H}_2$.

Phản ứng CO khử nước thành hydro: $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$.

Sự khí hoá: Quá trình khí hóa là quá trình chuyển đổi nhiên liệu (dầu nặng, than đá và nhiên liệu sinh khối) để tạo thành hydro bằng cách oxy hoá nhiên liệu. Những nhiên liệu này cần một lượng oxy đủ để hoàn thành quá trình cháy ngay dưới lòng đất để tạo ra khí CO và H_2 .

2. NGHIÊN CỨU NÂNG CAO HIỆU QUẢ BỘ XÚC TÁC TẠO KHÍ GIÀU HYDRO

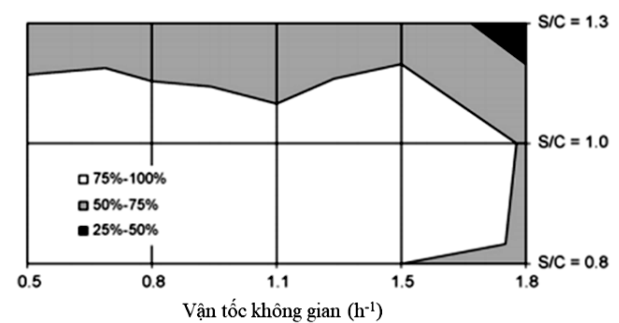
2.1. Hiện trạng bộ xúc tác tạo khí giàu hydro

Hầu hết các hệ xúc tác hiện nay chưa được phù hợp ở động cơ đốt trong như: sử dụng kim loại quý đắt tiền Pb,... phản ứng xúc tác ở nhiệt độ cao 700-800°C. Vì vậy cần hiệu chỉnh hệ xúc tác để đảm bảo được hiệu suất tạo khí hydro ở BXT.

Hệ xúc tác Mo_2C cho phản ứng nhiệt hóa IsoOctan.

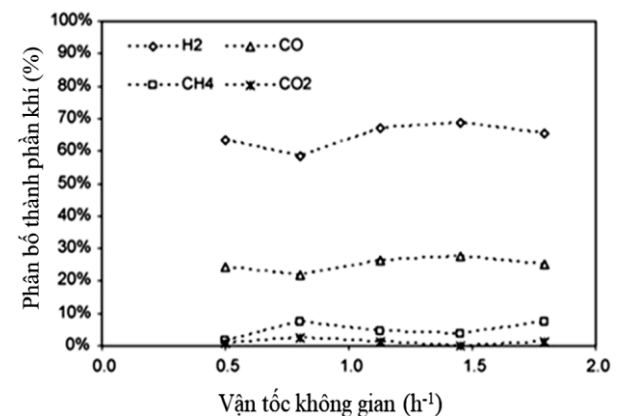
Hình 1 chỉ ra ảnh hưởng của vận tốc không gian của dòng khí và tỷ lệ giữa hơi nước và hydro cacbon (S/C) của hệ xúc tác Mo_2C tại 850°C [1]. Vận tốc không gian của dòng khí là vận tốc của dòng khí trên thể tích phản ứng (đơn vị vận tốc không gian là 1/h). Kết quả cho thấy, tỷ lệ S/C và vận tốc không gian ảnh hưởng lớn đến hiệu quả chuyển hóa của hydro cacbon. Ở những vận tốc không gian nhỏ,

hiệu quả chuyển hóa tương đối cao từ 75-100%, khi tăng vận tốc không gian lên trên $1,8\text{h}^{-1}$ thì hiệu suất chuyển hóa có xu hướng giảm, kết quả cũng chỉ ra rằng tỷ lệ mol của S/C trong khoảng từ 0,8 đến 1,1 sẽ cho hiệu suất chuyển hóa cao nhất. Hiệu suất chuyển hóa là phần trăm nhiên liệu bị chuyển hóa thành khí giàu hydro trên nhiên liệu cấp vào bộ xúc tác.



Hình 1. Hiệu suất chuyển hóa IsoOctan theo vận tốc không gian

Hình 2 chỉ ra phân bố sản phẩm theo vận tốc không gian của hệ xúc tác Mo_2C tại 850°C [1], kết quả cho thấy hydro chiếm từ 60 đến 70%, lượng CO chiếm trên 20%, còn lại CH_4 và CO_2 chiếm khoảng 5-10%, lượng hydro chiếm tỷ lệ cao khi vận tốc không gian lớn hơn 1h^{-1} .

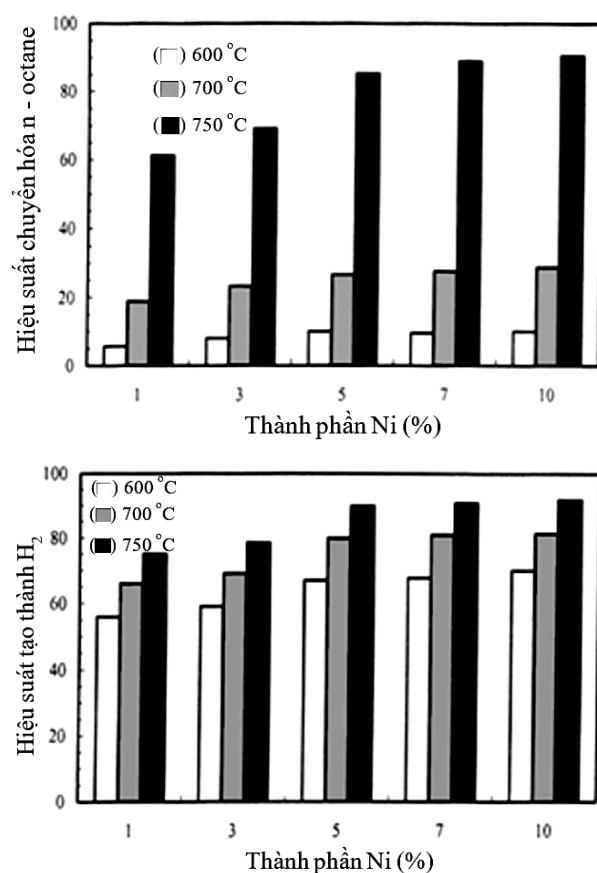


Hình 2. Sản phẩm của hệ xúc tác Mo_2C theo vận tốc không gian tại nhiệt độ 850°C

Hệ xúc tác $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$

Jinchang Zhang và các cộng sự đã [2] sử dụng n-Octan thay thế cho xăng nhằm tăng độ

chính xác của thí nghiệm. Nghiên cứu tiền hành đo hiệu quả xúc tác từ 500-750°C. Trong quá trình đo hiệu quả xúc tác sản phẩm khí sau phản ứng được phân tích thành phần các khí bởi bộ sắc ký khí. Ở cùng một nhiệt độ, hiệu quả chuyển đổi n-Octane của phản ứng nhiệt hóa và tỷ lệ H_2 trong sản phẩm tăng khi tăng tỷ lệ khối lượng của Ni trong hệ xúc tác. Bên cạnh đó, với cùng một tỷ lệ Ni khi nhiệt độ phản ứng tăng thì hiệu suất chuyển hóa tăng, ví dụ với xúc tác Ni/ Al_2O_3 5% có thể đạt được hiệu suất chuyển hóa 85%, tỷ lệ phân bố H_2 trong sản phẩm là 75%.



Hình 3. Hiệu quả chuyển hóa n-octane và tỷ lệ H_2 trong sản phẩm khí $H_2O/C=3.0$

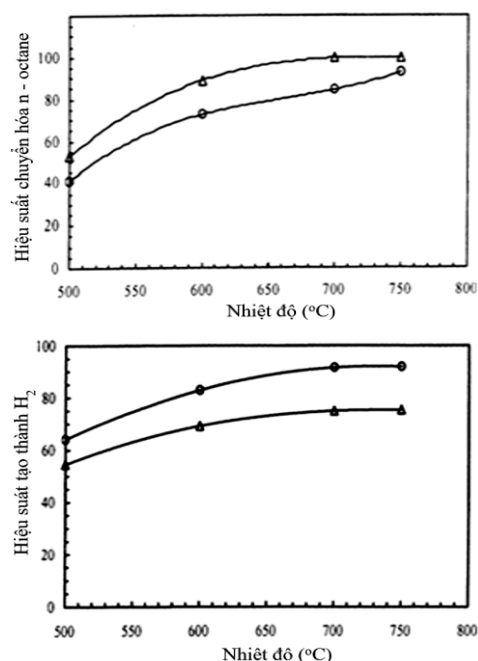
2.2. Nghiên cứu nâng cao hiệu quả bộ xúc tác tạo khí giàu hydro trên thế giới

Kết quả nghiên cứu ở trên đã chỉ ra rằng, hiệu quả chuyển hóa của bộ xúc tác truyền thống và tỷ lệ hydro tạo thành cao khi nhiệt độ bộ

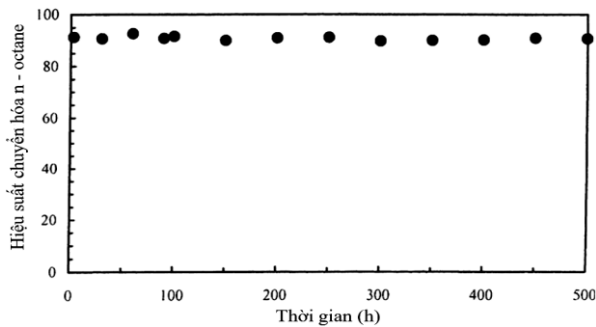
xúc tác trên 750°C, chính vì vậy nhiều nghiên cứu đã tập trung cải thiện hiệu quả bộ xúc tác ở nhiệt độ thấp hơn, giải pháp thường hay được sử dụng là sử dụng các kim loại xúc tác truyền thống kết hợp với các kim loại xúc tác khác, sau đây nhóm tác giả sẽ đi đánh giá hiệu quả của một số công trình đã nghiên cứu làm tiền đề để định hướng cho việc lựa chọn xúc tác.

Hệ xúc tác Ni-Pd/ Al_2O_3

Để nâng cao hiệu quả bộ xúc tác Ni, Jinchang Zhang tiến hành bổ sung thêm nguyên tố Paladi trong mẫu xúc tác. Kết quả cho thấy khi thêm một lượng nhỏ Pd vào trong mẫu xúc tác thì hiệu quả xúc tác tăng lên đáng kể và đạt được 100% ở 750°C. Thêm vào đó, tỷ lệ H_2 trong sản phẩm đã đạt đến 92% ở 750°C với tỷ lệ mol $H_2O/C=3.0$ (hình 3). Vai trò lớn nhất của việc bổ sung Pd là kéo dài thời gian duy trì hoạt tính của hệ xúc tác và đã đạt tới 500h (hình 5), lớn hơn rất nhiều so với hệ xúc tác Ni/ Al_2O_3 .

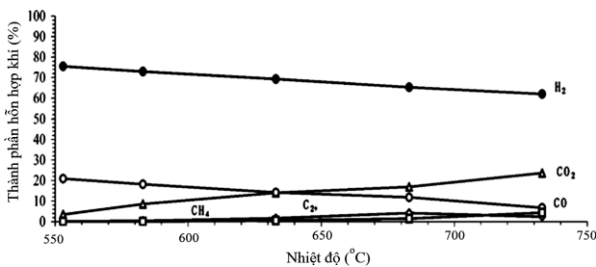


Hình 4. Hiệu quả chuyển hóa n-octane và tỷ lệ H_2 trong sản phẩm của hệ xúc tác Pd-Ni/ Al_2O_3 khi: (Δ) $O_2/C_8H_{18}=1.0, H_2O/C=3.0$; (O) $O_2/C_8H_{18}=2.0, H_2O/C=3.0$ [2]



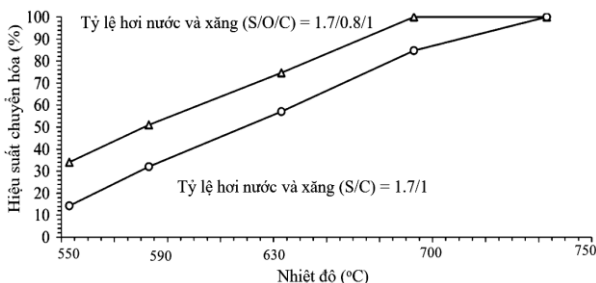
Hình 5. Độ bền xúc tác của mẫu Ni-Pd/Al₂O₃ [2]

Hệ xúc tác Ni-Re/Al₂O₃



Hình 6. Hiệu quả chuyển hóa nhiên liệu xăng thành hỗn hợp khí giàu hydro của xúc tác Ni-Re/Al₂O₃ theo nhiệt độ khi carbon (S:C) tỷ lệ 1.7:1 và vận tốc không gian là 12 h⁻¹ [3]

Ahmed và M. Krumpelt [3] đã nghiên cứu nhiệt hóa nhiên liệu xăng chứa 75% MCH (methylcy-clohexane) và 25% toluene với hơi nước trên nền xúc tác Ni-Re/Al₂O₃ trong phạm vi nhiệt độ 550-750°C được chỉ ra trong hình 7. Nồng độ H₂, giảm từ 75% đến 68% khi nhiệt độ tăng từ 550 °C đến 750°C trong khi CO₂ lại tăng mạnh, các thành phần khí CH₄, C²⁺ cũng giảm.



Hình 7. Hiệu suất chuyển hóa theo nhiệt độ và theo tỷ lệ S/O/C và S/C của hệ xúc tác Ni-Re/Al₂O₃ tại vận tốc không gian là 3 h⁻¹ [3]

Hình 7 chỉ ra hiệu quả chuyển hóa xăng của

hệ xúc tác Ni-Re, kết quả cho thấy, khi thêm Re thì hiệu suất chuyển hóa xăng đạt thấp, hiệu suất chuyển hóa chỉ được cải thiện khi bộ ôxy được bổ sung vào bộ xúc tác, điều này có nghĩa phản ứng ôxy hóa không hoàn toàn (PO) đã được đẩy mạnh.

Hệ xúc tác Ni-Ce và Ni-Mo

Praveen K. Cheekatamarla và các cộng sự [4] đã nghiên cứu, cho thấy hệ xúc tác Ni-Ce và Ni-Mo đạt được hiệu quả xúc tác tốt nhất ở nhiệt độ 550 °C. Hiệu quả xúc tác được mô tả như ở bảng 1 và bảng 2.

Bảng 1 chỉ ra hiệu quả chuyển hóa của nhiên liệu xăng thành các hỗn hợp khí ở nhiệt độ 550°C và WHSV là 4h⁻¹, nhiên liệu là 75% MCH và 25% C₇H₈; S/C/O=1.7/1/0.3. Kết quả chỉ ra rằng hiệu quả tạo hydro của các loại vật liệu xúc tác theo thứ tự như sau Ni/CeZSM-5>NiMo/ZSM-5>Ni/ZSM-5>NiRe/ZSM-5>Ni/MgZSM-5>Ru/ZSM-5. Ce được thêm vào có tác dụng đẩy nhanh hiệu quả xúc tác và ổn định nhiệt cho bộ xúc tác.

Bảng 1. Hiệu quả của các vật liệu xúc tác tạo hỗn hợp khí ở nhiệt độ 550°C và vận tốc không gian là 4h⁻¹, S/C/O =1,7/1/0,3 [4]

Xúc tác	Hiệu quả chuyển hoá		Tốc độ chuyển hoá (μmols ⁻¹ g ⁻¹)			
	HC	H ₂ O	H ₂	CO	CO ₂	C1-C3
Ni/ZSM-5	48,9	12,1	66,0	7,0	23,1	9,6
Ni/CeZSM-5	59,3	16,7	83,9	10,9	26,5	10,4
NiMo/ZSM-5	58,9	10,0	57,2	27,8	10,0	5,3
NiMg/ZSM-5	24,6	2,5	17,5	5,5	11,2	2,8
NiRe/ZSM-5	37,3	6,8	44,4	9,4	15,0	5,5
Ru/ZSM-5	23,4	1,1	14,4	5,5	9,4	4,0

T=550⁰C; Vận tốc không gian của nhiên liệu là 4h⁻¹; Nhiên liệu 75% MCH = 25% C-H8; S/C/O = 1.7/1/0.3

Hiệu quả xúc tác của Ni/CeZSM-5 tăng khi tăng lượng oxy phản ứng và đạt hiệu quả chuyển hóa thành hydro đạt cao nhất (90.8

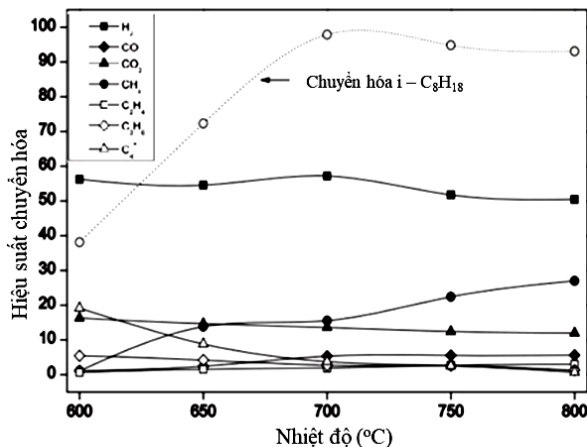
$\mu\text{mol}^{-1}\text{g}^{-1}$) tương ứng $S/O/C = 1,7/1/0,8$ (bảng 2). Trong trường hợp không có oxy trong phản ứng, hiệu quả chuyển hóa thành hydro chỉ đạt $65,6 \mu\text{mol}^{-1}\text{g}^{-1}$ tương ứng với $S/C/O = 1,7/1/0$. Như vậy, sự có mặt của Ce giúp đẩy nhanh phản ứng oxy hóa nhiên liệu từ đó đẩy nhanh xúc tác chuyển hóa CO_2 , CO với nhiên liệu và hơi nước để giải phóng hydro.

Bảng 2. Tác động của tỷ lệ S/C/O đối với hiệu quả chuyển hóa nhiên liệu của bộ xúc tác Ni/CeZSM-5 ở nhiệt độ 550°C và WHSV là 4h^{-1} [4]

Tỷ lệ S/C/O	Hiệu quả chuyển hoá		Tốc độ chuyển hoá ($\mu\text{mol}^{-1}\text{g}^{-1}$)			
	HC	H_2O	H_2	CO	CO_2	C1-C3
1.7/1/0	38,3	26,7	65,6	7	14,8	8,3
0/1/0.8	39,1	-11,5	25,5	12	14,2	4,8
1.7/1/0.3	42,3	16,4	57,3	7,6	17,6	8
1.7/1/0.5	59,3	16,1	83,9	10,9	26,5	10,4
1.7/1/0.8	69,1	2,8	90,8	12,8	32,8	9,3
1.7/1/1.4	67,5	-12	54,4	10,2	35,7	7,4

T= 550°C ; Vận tốc không gian của nhiên liệu là 4h^{-1} ;
Nhiên liệu 75% MCH = 25% C-H8;
S/C/O = 1.7/1/0.3

Hệ xúc tác Cu/CeO₂ và Ni-Cu

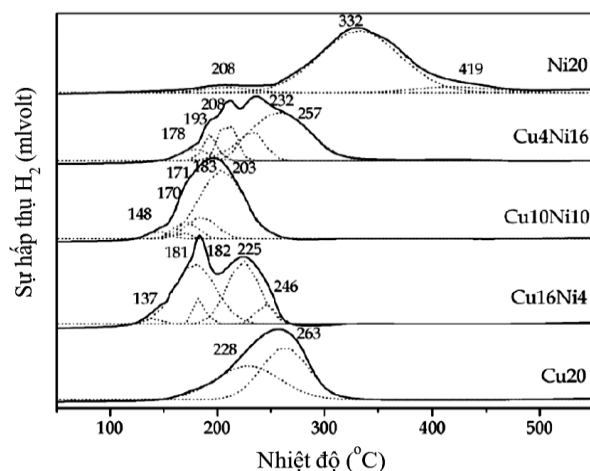


Hình 8. Sự thay đổi hiệu suất của phản ứng và độ chọn lọc sản phẩm của hệ xúc tác Cu/CeO₂ theo nhiệt độ ($p_{\text{C}_8\text{H}_{18}}=1,5\text{ kPa}$, $p_{\text{H}_2\text{O}}=36\text{ kPa}$, $m_{\text{cat}}=250\text{mg}$, $F_t=150\text{ cm}^3/\text{min}$) [5]

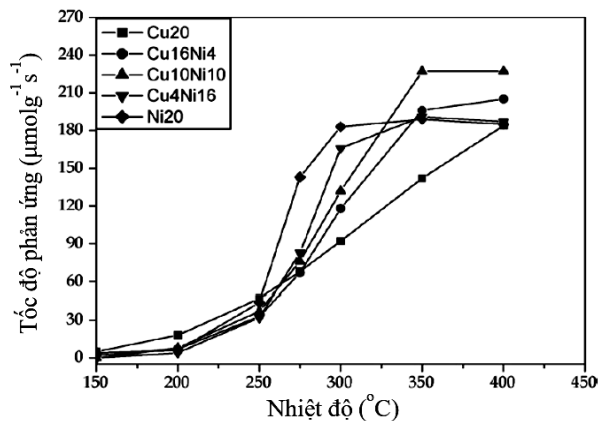
Hoàng Đình Long, Chan Siew Hwa và Ding

Ovi Lian [5] đã nghiên cứu và cho thấy với hệ xúc tác Cu/CeO₂, để đạt được hiệu suất cao thì vẫn cần nhiệt độ tương đối cao. Khi nhiệt độ phản ứng đạt mức trên 700°C thì hiệu suất quá trình chuyển đổi xăng có thể đạt trên 90%. Độ chọn lọc sản phẩm của hệ xúc tác Cu/CeO₂ cũng tương đối ổn định. Trong dải nhiệt độ khảo sát ($600-700^\circ\text{C}$) thì tỷ lệ của H_2 trong sản phẩm luôn đạt được mức 50-60% còn tỷ lệ phần trăm của khí độc hại CO ở mức rất thấp, dưới 5% (hình 8). Điều này có thể giải thích là do khả năng xúc tác của Cu cho phản ứng oxy hóa CO tạo CO_2 , làm giảm lượng khí CO trong sản phẩm.

Jiann-Horng Lin [6] đã nghiên cứu và chỉ ra hiệu suất của hệ xúc tác Ni-Cu/CeLaO_x để nhiệt hóa nhiên liệu ethanol. Kết quả đã chỉ ra (hình 9) với hệ xúc tác Ni/CeLaO_x hiệu quả phản ứng khử đạt được từ $200-400^\circ\text{C}$, trong đó đỉnh khử xuất hiện tại 332°C . Khi thêm Cu vào hệ xúc tác, kết quả cho thấy nhiệt độ phản ứng khử giảm xuống. Với hệ xúc tác Cu₄-Ni₁₆ cho thấy đỉnh khử xuất hiện từ $178-257^\circ\text{C}$. Tiếp tục tăng hàm lượng Cu đến Cu₁₆-Ni₄, nhiệt độ khử giảm xuống còn $137-246^\circ\text{C}$. Khi sử dụng hoàn toàn hệ xúc tác Cu/CeLaO_x, thì nhiệt độ khử tăng lên ($228-263^\circ\text{C}$) song vẫn thấp hơn hệ xúc tác Ni/CeLaO_x (hình 10).



Hình 9. Đặc tính khử theo nhiệt độ của các mẫu xúc tác Ni-Cu [5]



Hình 10. Tốc độ phản ứng của các mẫu xúc tác Ni-Cu [6]

Hình 9 chỉ ra kết quả tốc độ phản ứng của các mẫu xúc tác. Với mẫu xúc tác Cu₂₀, mẫu đã cho thấy hiệu quả phản ứng ngay tại nhiệt độ thấp từ 150-200°C [6].

Một số nghiên cứu khác [7-9] cũng cho thấy hiệu quả giảm nhiệt độ phản ứng reforming ethanol khi sử dụng hệ xúc tác Ni-Cu.

2.3. Các nghiên cứu nâng cao bộ xúc tác tạo khí giàu hydro tại Việt Nam

Việc nghiên cứu tạo khí giàu hydro ngay trên xe để cung cấp cho động cơ đốt trong chưa được nghiên cứu nhiều và cũng chưa có công trình nào nghiên cứu đầy đủ về vấn đề này. Hoàng Đình Long và Nguyễn Thế Lương [10] đã nghiên cứu và trang bị bộ xúc tác biến đổi nhiệt hóa nhiên liệu xăng để giảm phát thải cho động cơ nhưng mới chỉ đánh giá ảnh hưởng của việc lắp bộ xúc tác đến phát thải của động cơ mà chưa đánh giá được đặc tính làm việc của bộ xúc tác cũng như hàm lượng hydro mà bộ xúc tác tạo ra. Các bộ xúc tác này tận dụng nhiệt, hơi nước và oxy trong khí thải để biến đổi nhiệt hóa xăng; nguyên liệu cấp vào gồm xăng và khí thải luân hồi. Với nguyên lý này, bộ xúc tác không cần nguồn nhiệt, oxy và hơi nước cung cấp từ bên ngoài nên kết cấu nhỏ gọn, nhưng do lượng hơi nước và oxy trong khí thải nhỏ nên lượng hydro tạo ra bị hạn chế. Mặt khác do sử dụng

hơi nước và oxy từ khí thải nên sản phẩm khí giàu hydro của bộ xúc tác cung cấp cho động cơ bị làm loãng nhiều bởi khí thải với hàm lượng khí nitơ và carbonic cao nên công suất động cơ bị giảm nhiều. Tác giả Phạm Ngọc Anh [11] đã nghiên cứu sử dụng bộ xúc tác Ni/Al₂O₃ tạo khí giàu hydro cung cấp cho động cơ nhờ tận dụng nhiệt khí thải, nghiên cứu chỉ dừng lại ở việc chế tạo bộ xúc tác và lắp lên động cơ, chưa có đánh giá cụ thể về hiệu quả của bộ xúc tác. Kết quả thử trên động cơ cho thấy, tại 100% tay ga, công suất động cơ thay đổi không đáng kể trong khi suất tiêu hao nhiên liệu giảm 11,53%, CO và HC lần lượt giảm 74% và 29%. Tuy nhiên, kết quả nghiên cứu cũng cho thấy bộ xúc tác Ni/Al₂O₃ chỉ đạt hiệu suất cao khi nhiệt độ xúc tác 700°C hay động cơ ở chế độ tải lớn, trong khi nhiệt độ khí thải động cơ trung bình chỉ khoảng 450-550°C nên hiệu quả tạo khí giàu hydro thấp.

3. GIẢI PHÁP ÁP DỤNG HIỆN NAY

Các nghiên cứu trong và ngoài nước đã cho thấy việc sử dụng hệ xúc tác chuyển hóa nhiên liệu cung cấp trực tiếp khí giàu hydro cho động cơ có tiềm năng rất lớn, vừa giúp tăng tính năng kinh tế kỹ thuật của động cơ vừa giảm phát thải, trong khi vấn đề vận chuyển và tích trữ khí hydro không còn đáng lo ngại nữa. Như đã trình bày ở trên, ta thấy hệ xúc tác đơn kim loại Ni/Al₂O₃ và Mo₂C bắt đầu đạt được hiệu quả cao khi nhiệt độ xúc tác lớn hơn 700°C, trong khi nhiệt độ trên đường thải của động cơ thông thường chỉ khoảng 450-550°C, do vậy nhiệt độ khí thải không đủ cung cấp để bộ xúc tác tạo khí hydro truyền thống đạt được hiệu quả cao. Các nghiên cứu cũng cho thấy, khi thêm các kim loại vào hệ đơn kim loại để tạo thành hệ xúc tác lưỡng kim loại thì hiệu suất bộ xúc tác được cải thiện, nhiệt độ phản ứng giảm xuống đáng kể

(phù hợp với nhiệt độ đường thải của động cơ) và thời gian duy trì hoạt tính của bộ xúc tác được tăng lên. Khi thêm Pd vào trong hệ xúc tác Ni/Al₂O₃, kết quả đã cho thấy hiệu suất chuyển hóa hydro đạt rất cao 92% và độ bền bộ xúc tác đã tăng lên rất nhiều (gấp 10 lần so với hệ xúc tác truyền thống Ni/Al₂O₃). Tuy nhiên, Pd là kim loại quý, rất đắt. Nghiên cứu cũng cho thấy, khi thêm Ce, Mo vào hệ Ni/Al₂O₃ và Cu/CeO₂ có hoạt tính rất tốt đối với hiệu quả chuyển hóa của bộ xúc tác, vừa giúp đạt hiệu suất cao trong vùng làm việc của động cơ, vừa giảm được giá thành cho bộ xúc tác.

4. KẾT LUẬN

Qua phân tích các giải pháp giúp nâng cao

hiệu suất làm việc và giảm phát thải độc hại của động cơ, giải pháp sử dụng nhiên liệu khí giàu hydro là một hướng khả thi, giúp giảm tổng lượng phát thải khí nhà kính ra môi trường. Hydro hoàn toàn có thể là một nhiên liệu thay thế cho xăng và dầu diesel nhờ nhiệt trị cao, nguồn nhiên liệu không giới hạn.

Các hệ xúc tác mới Ni-Cu/Al₂O₃, Ni-Ce/Al₂O₃, Ni-Mo/Al₂O₃ cho thấy được phản ứng xúc tác ở nhiệt độ thấp cũng như hiệu suất tạo khí giàu hydro cao.

Kết quả này là cơ sở quan trọng trong việc nghiên cứu thực nghiệm đánh giá khả năng nâng cao hiệu suất và giảm phát thải cho động cơ đốt trong bằng cách cung cấp hỗn hợp khí giàu hydro cho động cơ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Oscar G. Marin Flores, Su Ha. *Study of the performance of Mo2C for isô-ôctan steam reforming*. Catalysis Today 136 (2008) 235-242.
- [2] Jinchang Zhang, Yanhui Wang, Runyu Ma, Diyoung Wu. *Characterization of alumina-supported Ni and Ni-Pd catalysts for partial oxidation and steam reforming of hydrocarbons*. Applied Catalysis A: General 243 (2003) 251-259.
- [3] S. Ahmed, M. Krumpelt. *Hydrogen from hydrocarbon fuels for fuel cells*. Internat. J. Hydrogen Energy 2001; 26: 291-301.
- [4] Praveen K. Cheekatamarla, Alan M. Lane (2005). *Efficient bimetallic catalysts for hydrogen generation from diesel fuel*. International Journal of Hydrogen Energy, 30, p.1277-1285.
- [5] Hoang Dinh Long, Chan Siew Hwa, Ding Ovi Lian. *Hydrogen production for fuel cells by autothermal reforming of methane over sulfide nickel catalyst on a gamma alumina support*. Journal of Power Sources 159 (2006) p1248-1257.
- [6] Jiann-Horng Lin, Prakash Biswas, Vadim V. Guliansa, Scott Mixture. *Hydrogen production by water-gas shift reaction over bimetallic Cu-Ni catalysts supported on La-doped mesoporous ceria*. Applied Catalysis A: General 387 (2010) 87-94.
- [7] A.J. Vizcaíno, A. Carrero, J.A. Calles, Int. J. Hydrogen Energy 32 (2007) 1450.
- [8] A. Carrero, J.A. Calles, A.J. Vizcaíno, Appl. Catal. A: Gen. 327 (2007) 82.
- [9] F. Marín, E.G. Cerrella, S. Duhalde, M. Jobbagy, M. Laborde, Int. J. Hydrogen Energy 23 (1998) 1095.
- [10] Hoàng Đình Long, Nguyễn Thế Lương (2009). *Sử dụng bộ xúc tác nhiên liệu để giảm thành phần độc hại trong khí thải động cơ xăng*. Tạp chí Giao thông Vận tải, Số 6/2009, trang 35-38.
- [11] Phạm Ngọc Anh, Nghiên cứu tạo nhiên liệu giàu hydro trên động cơ để giảm phát thải độc hại, 2016.

Thông tin liên hệ: **Trần Văn Hoàng**

Điện thoại: 0919068913 - Email: tvhoang@uneti.edu.vn

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp.