



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ**

(11)



2-0003938

(51) **C25D 3/00**
2022.01

(13) **Y**

(21) 2-2023-00449

(22) 13/04/2021

(67) 1-2021-01978

(45) 27/01/2025 442

(43) 27/09/2021 402

(73) Mai Văn Phước (VN)

Viện Hóa học - Vật liệu, 17 Hoàng Sâm, phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

(72) Mai Văn Phước (VN); Nguyễn Đức Hùng (VN).

(74) Công ty TNHH Dịch thuật sáng chế PROINVEN (PROINVEN CO.,LTD.)

(54) **QUY TRÌNH MẠ TỖ HỢP NIKEN-XERI OXIT-ĐỒNG (II) OXIT VỚI HẠT XÚC
TÁC XERI OXIT VÀ ĐỒNG (II) OXIT KÍCH THUỐC NANO LÊN BỀ MẶT LÁ
THÉP**

(21) 2-2023-00449

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến quy trình mạ tổ hợp niken - xeri oxit - đồng (II) oxit ($\text{Ni-CeO}_2\text{-CuO}$) với hạt xúc tác xeri oxit (CeO_2) và đồng (II) oxit (CuO) kích thước nano ($50 \div 100 \text{ nm}$) lên bề mặt lá thép trong các dung dịch mạ thích hợp với các lớp mạ cấy chân, mạ tổ hợp và mạ gắn chặt đạt tỷ lệ hạt xúc tác CeO_2/CuO khoảng 7/1 là tỷ lệ xúc tác tốt nhất cho quy trình cháy của nhiên liệu ở vùng nhiệt độ thấp khoảng $250 \div 500^\circ\text{C}$. Lá thép thu được theo giải pháp hữu ích được dùng để chế tạo hộp xúc tác xử lý khí thải động cơ xe ô tô, xe máy nhằm giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến quy trình mạ tổ hợp niken - xeri oxit - đồng (II) oxit ($\text{Ni-CeO}_2\text{-CuO}$) với tỷ lệ hạt xúc tác xeri oxit và đồng (II) oxit (CeO_2/CuO) kích thước nano lên bề mặt lá thép dùng để chế tạo hộp xúc tác để xử lý khí thải động cơ xe ô tô, xe máy góp phần giảm thiểu khí phát thải gây ô nhiễm môi trường của các hoạt động của động cơ xăng, động cơ diesel.

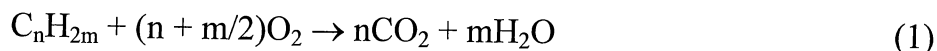
Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Quy trình cháy của các nhiên liệu trong động cơ xăng hoặc diesel của xe ô tô, xe máy khi hoạt động sẽ sản sinh ra bụi than và các khí thải như: CO (0,5%), C_xH_y (350 ppm), NO_x (900 ppm), SO_2 (0,01%) vì các phản ứng cháy của nhiên liệu không được hoàn toàn. Bụi than và các khí thải của ô tô, xe máy sẽ gây ô nhiễm môi trường, đặc biệt là ở các đô thị. Để giảm thiểu ô nhiễm do hoạt động ngày càng tăng nhanh của xe ô tô, xe máy, nhiều nước trên thế giới đã ban hành nhiều quy định cũng như ứng dụng các thành quả của các công trình nghiên cứu khoa học công nghệ.

Các quy định đã được thực hiện như không sử dụng xăng pha chì; cấm xe sử dụng diesel hoạt động trong thành phố; khuyến khích sử dụng xăng pha rượu để cháy hoàn toàn hơn cũng như cải tiến kết cấu vòi phun nhằm tăng hiệu suất cháy và giảm thiểu khí thải gây ô nhiễm môi trường.

Việc sử dụng chất xúc tác để làm tăng hiệu quả phản ứng cháy là hướng nghiên cứu được nhiều nước chú ý vì giá thành rẻ, khả thi và ít tác động đến kết cấu của động cơ cũng như công nghệ sản xuất nhiên liệu. Các chất xúc tác có thể bổ sung vào nhiên liệu với hàm lượng nhỏ phân tán nhưng có tác động tăng hiệu quả quy trình cháy. Tuy nhiên, các chất xúc tác thường là những hợp chất quý hiếm, giá thành cao nên sẽ tăng giá thành nhiên liệu và cũng có thể ô nhiễm do xúc tác phân tán ra môi trường.

Các tài liệu có liên quan đến việc chế tạo hộp xúc tác có kích thước phù hợp để gắn vào ống xả của động cơ xe ô tô, xe máy có tác dụng xúc tác tiếp tục cho phản ứng cháy của các nhiên liệu hoặc sản phẩm chưa cháy hết được tiếp tục phản ứng đến sản phẩm cuối cùng là CO_2 và H_2O không còn ả năng gây ô nhiễm môi trường:



Hộp xúc tác được chế tạo bằng gốm, sứ xốp từ các vật liệu $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ với các oxit Ti, Ce, v.v. là chất xúc tác. Tuy nhiên, do bề mặt các lỗ xốp của vật liệu gốm, sứ xốp dễ hấp phụ cũng như lắng đọng các chất làm giảm hiệu quả xúc tác và giảm dòng thoát khí nên tuổi thọ rất hạn chế. Hơn nữa, độ bền cơ học kém nhưng công nghệ chế tạo hộp xúc tác bằng gốm sứ xốp cũng phức tạp.

Hộp xúc tác bằng vật liệu kim loại lá mỏng bề mặt phủ Al_2O_3 để chống ăn mòn và phủ các oxit của các kim loại hiếm, quý như: ziriconi, ytri, hoặc các hợp chất $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$, Na_2PdCl_4 , $\text{Pt}(\text{NH}_3)_2^{2+}$, v.v. đóng vai trò xúc tác. Hộp xúc tác được chế tạo bằng lá thép có thể tạo được đến 500.000 rãnh cho phép tăng hiệu quả tiếp xúc và khả năng thoát khí. Ưu điểm của hộp xúc tác bằng vật liệu kim loại là bền cơ học, dẫn nhiệt tốt và dễ vệ sinh. Tuy nhiên, giá thành của sản phẩm rất cao khi phải sử dụng các xúc tác quý hiếm như Pd, Pt.

Việc nghiên cứu sử dụng các xúc tác không phải là kim loại quý hiếm nhưng ở dạng tổ hợp và kích thước nano đã và đang được chú ý nghiên cứu. Đặc biệt với hỗn hợp xúc tác $\text{CeO}_2/\text{CuO} = 7/1$ có khả năng xúc tác phản ứng cháy CO thành CO_2 đạt hiệu suất 100% với vùng nhiệt độ thấp chỉ từ $250^\circ\text{C} \div 500^\circ\text{C}$. Việc thực hiện quy trình mạ điện hóa để đưa hỗn hợp xúc tác CeO_2/CuO lên bề mặt lá thép bằng quy trình mạ tổ hợp Ni là mục đích của giải pháp hữu ích này.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích là đề xuất quy trình mạ tổ hợp niken - xeri oxit - đồng (II) oxit ($\text{Ni-CeO}_2\text{-CuO}$) với tỷ lệ hạt xúc tác xeri oxit và đồng (II) oxit (CeO_2/CuO) kích thước nano ($50 \div 100 \text{ nm}$) lên bề mặt lá thép, quy trình này bao gồm các bước sau:

bước 1: chuẩn bị lá thép để mạ, hạt vật liệu xúc tác CeO_2 và CuO kích thước nano, các hóa chất tẩy dầu mỡ, hoạt hóa, mạ, cũng như bề mạ, điện cực Ni anốt và

nguồn điện một chiều điều khiển vô cấp $0 \div 20$ V; tiếp theo tẩy dầu mỡ lá thép này bằng dung dịch kiềm, rửa sạch bằng nước và hoạt hóa bằng dung dịch HCl 10%;

bước 2: tạo lớp mạ Ni cấy chân lên nền lá thép bằng dung dịch chứa NiCl_2 250 g/L, H_3BO_3 , HCl ($d=1,19$) 200 mL/L ở mật độ dòng catốt $i_c = 5 \text{ A/dm}^2$ và thời gian 2 phút, nhiệt độ dung dịch khoảng $25 \div 30^\circ\text{C}$ để đạt độ dày $0,2 \div 0,5 \mu\text{m}$ như tính được bằng phương trình Faraday;

bước 3: tạo lớp mạ tổ hợp Ni-CeO₂-CuO với các hạt xúc tác CeO₂ và CuO kích thước nano với tỷ lệ 7/1 lên bề mặt lá thép đã được mạ cấy chân thu được ở bước 2 nêu trên trong dung dịch chứa NiSO_4 300 g/L, H_3BO_3 30 g/L, natri lauryl sun phát 0,1 g/L, tổng nồng độ hạt CeO₂ và CuO 8 g/L mạ ở mật độ dòng điện catốt 2 A/dm^2 , tốc độ khuấy 600 vòng/phút, nhiệt độ 50°C , thời gian khoảng 20 phút để thu được lớp mạ có thành phần khối lượng các hạt lớn nhất đạt khoảng 38,46 %, độ dày lớp mạ khoảng $14,75 \div 15,91 \mu\text{m}$;

bước 4: kiểm tra độ dày các lớp mạ Ni dựa vào các thông số mật độ dòng và thời gian theo định luật Faraday và từ ảnh soi kim tương, cũng như tỷ lệ và sự phân bố chất xúc tác CeO₂ và CuO kích thước nano trên bề mặt bằng phổ tán xạ năng lượng EDX kết hợp phổ ánh xạ nguyên tố (element mapping) trên thiết bị JMS 6610LV-JED2300, JEOL; lá thép thu được có khả năng xúc tác tốt của bề mặt có lớp mạ đối với phản ứng cháy của nhiên liệu tại vùng nhiệt độ thấp khoảng $250 \div 500^\circ\text{C}$ khi tỷ lệ CeO₂/CuO trên bề mặt có giá trị khoảng 7/1.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

Hình 1a; Hình 1b; Hình 1c và Hình 1d: Ảnh xạ nguyên tố của lớp mạ Ni-CeO₂-CuO với tỷ lệ CeO₂/CuO khoảng 1/6,17

Hình 2a; Hình 2b; Hình 2c và Hình 2d: Ảnh xạ nguyên tố của lớp mạ Ni-CeO₂-CuO với tỷ lệ CeO₂/CuO khoảng 1,16/1

Hình 3a; Hình 3b; Hình 3c và Hình 3d: Ảnh xạ nguyên tố của lớp mạ Ni-CeO₂-CuO với tỷ lệ CeO₂/CuO khoảng 7,15/1

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Quy trình mạ tổ hợp Ni-CeO₂-CuO với tỷ lệ hạt xúc tác CeO₂/CuO kích thước nano ($50 \div 100 \text{ nm}$) phù hợp lên bề mặt lá thép để chế tạo hộp xúc tác cho quy trình

cháy nhiên liệu ở vùng nhiệt độ thấp $250 \div 500^\circ\text{C}$ để xử lý ô nhiễm môi trường do quá trình hoạt động của các động cơ xe ô tô, xe máy, nhằm giảm thiểu ô nhiễm môi trường do khí thải cháy chưa triệt để, quy trình này bao gồm các bước sau:

bước 1: chuẩn bị lá thép để mạ, vật liệu xúc tác CeO_2 và CuO kích thước nano, các hóa chất tẩy dầu mỡ, hoạt hóa, mạ, cũng như bề mạ, điện cực Ni anốt và nguồn điện một chiều điều khiển vô cấp $0 \div 20 \text{ V}$; tiếp theo tẩy dầu mỡ lá thép này bằng dung dịch kiềm, rửa sạch bằng nước và hoạt hóa bằng dung dịch HCl 10%;

bước 2: tạo lớp mạ Ni cấy chân lên nền lá thép bằng dung dịch chứa NiCl_2 250 g/L, H_3BO_3 , HCl ($d=1,19$) 200 mL/L ở mật độ dòng catốt $i_c = 5 \text{ A/dm}^2$ và thời gian 2 phút, nhiệt độ dung dịch khoảng $25 \div 30^\circ\text{C}$ để đạt độ dày $0,2 \div 0,5 \text{ }\mu\text{m}$ như tính được bằng phương trình Faraday;

bước 3: tạo lớp mạ tổ hợp $\text{Ni-CeO}_2\text{-CuO}$ với các hạt xúc tác CeO_2 và CuO kích thước nano với tỷ lệ 7/1 lên bề mặt lá thép đã được mạ cấy chân thu được ở bước 2 nêu trên trong dung dịch chứa NiSO_4 300 g/L, H_3BO_3 30 g/L, natri lauryl sun phát 0,1 g/L, tổng nồng độ hạt CeO_2 và CuO 8 g/L mạ ở mật độ dòng điện catốt 2 A/dm^2 , tốc độ khuấy 600 vòng/phút, nhiệt độ 50°C , thời gian khoảng 20 phút để thu được lớp mạ có thành phần khối lượng các hạt lớn nhất đạt khoảng 38,46 %, độ dày lớp mạ khoảng $14,75 \div 15,91 \text{ }\mu\text{m}$;

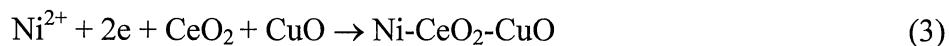
bước 4: kiểm tra độ dày các lớp mạ Ni dựa vào các thông số mật độ dòng và thời gian theo định luật Faraday và từ ảnh soi kim tương, cũng như tỷ lệ và sự phân bố chất xúc tác CeO_2 và CuO kích thước nano trên bề mặt bằng phổ tán xạ năng lượng EDX kết hợp phổ ánh xạ nguyên tố (element mapping) trên thiết bị JMS 6610LV-JED2300, JEOL; lá thép thu được có khả năng xúc tác tốt của bề mặt có lớp mạ đối với phản ứng cháy của nhiên liệu tại vùng nhiệt độ thấp khoảng $250 \div 500^\circ\text{C}$ khi tỷ lệ CeO_2/CuO trên bề mặt có giá trị khoảng 7/1.

Theo khía cạnh khác, quy trình hình thành các lớp mạ tổ hợp nano $\text{Ni-CeO}_2\text{-CuO}$ với các xúc tác có kích thước nano với tỷ lệ CeO_2/CuO thích hợp theo các công đoạn như sau:

+ Quy trình catốt mạ điện hóa Ni cấy chân bằng dung dịch NiCl_2 nhằm tạo lớp mạ Ni hoạt hóa lên nền lá thép:



+ Quy trình catốt mạ điện hoá tổ hợp Ni-CeO₂-CuO nano bằng dung dịch dung dịch huyền phù NiSO₄ với CeO₂/CuO có tỷ lệ phù hợp nhằm tạo lớp mạ tổ hợp lên lớp mạ cấy chân:



+ Quy trình catốt mạ điện hóa Ni tiếp theo nhằm gắn chặt hạt nano CeO₂-CuO đã bám lên bề mặt lớp mạ Ni bằng dung dịch NiSO₄ để tăng độ dày và giữ chặt lớp mạ tổ hợp:



+ Kiểm tra độ dày của các lớp mạ (d_F , μm) được tính theo thời gian (t , phút) và dòng mạ (i_C , A/dm²) bằng định luật Faraday:

$$d_F = (i_C \varepsilon H t) / (60 \rho) \quad (5)$$

với hiệu suất dòng $H = 100\%$, đương lượng điện hóa của Ni $\varepsilon = 1,095$ g/Ah, khối lượng riêng của Ni $\rho = 8,9$ g/cm³. Hàm lượng và sự phân bố các hạt nano CeO₂ và CuO được kiểm tra bằng phổ tán xạ năng lượng EDX kết hợp phổ ánh xạ nguyên tố (element mapping) trên thiết bị JMS 6610LV-JED2300, JEOL:

Bảng 1: Giá trị các thông số của quy trình mạ để thu được lớp mạ tổ hợp có độ dày 14,75÷ 15,91 μm và tỷ lệ % theo khối lượng CeO₂/CuO trên bề mặt là 1/6,17.

TT	Lớp mạ	Các thông số mạ Ni						Giá trị sau khi mạ	
		i_C , A/dm ²	t , phút	$\nu_{\text{Khuấy}}$, vòng/phút	T , °C	Hàm lượng hạt CeO ₂ trong dung dịch mạ y (g/L)	Hàm lượng hạt CuO trong dung dịch mạ x (g/L)	Tỷ lệ thành phần (% KL) CeO ₂ /CuO trên lớp mạ	Tổng hàm lượng hạt CeO ₂ và CuO trên lớp mạ (% KL)
1	Lớp mạ cấy chân	5	2	-	25 ÷ 30	-	-	-	-
2	Lớp mạ tổ hợp	2	20	600	50	3	5	1/6,17	36,12

Bảng 2: Giá trị các thông số của quy trình mạ để thu được lớp mạ tổ hợp có độ dày $14,75 \div 15,91 \mu\text{m}$ và tỷ lệ % theo khối lượng CeO_2/CuO trên bề mặt là 1,16/1

TT	Lớp mạ	Các thông số mạ Ni						Giá trị sau khi mạ	
		i_C , A/dm^2	t , phút	$v_{\text{Khuấy}}$, vòng/phút	T , $^{\circ}\text{C}$	Hàm lượng hạt CeO_2 trong dung dịch mạ y (g/L)	Hàm lượng hạt CuO trong dung dịch mạ x (g/L)	Tỷ lệ thành phần (%) CeO_2/CuO trên lớp mạ	Tổng hàm lượng hạt CeO_2 và CuO trên lớp mạ (% KL)
1	Lớp mạ cấy chân	5	2	-	$25 \div 30$	-	-	-	-
2	Lớp mạ tổ hợp	2	20	600	50	5	3	1,16/1	37,49

Bảng 3: Giá trị các thông số của quy trình mạ để thu được lớp mạ tổ hợp có độ dày $14,75 \div 15,91 \mu\text{m}$ và tỷ lệ CeO_2/CuO trên bề mặt là 7,15/1

TT	Lớp mạ	Các thông số mạ Ni						Giá trị sau khi mạ	
		i_C , A/dm^2	t , phút	$v_{\text{Khuấy}}$, vòng/phút	T , $^{\circ}\text{C}$	Hàm lượng hạt CeO_2 trong dung dịch mạ y (g/L)	Hàm lượng hạt CuO trong dung dịch mạ x (g/L)	Tỷ lệ thành phần (%) CeO_2/CuO trên lớp mạ	Tổng hàm lượng hạt CeO_2 và CuO trên lớp mạ (% KL)
1	Lớp mạ cấy chân	5	2	-	$25 \div 30$	-	-	-	-

2	Lớp mạ tổ hợp	2	20	600	50	6,4	1,6	7,15/1	35,36
---	---------------------	---	----	-----	----	-----	-----	--------	-------

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Quy trình mạ tổ hợp Ni-CeO₂-CuO với tỷ lệ hạt xúc tác CeO₂/CuO kích thước nano (50 ÷ 100 nm) phù hợp lên bề mặt lá thép được thực hiện như sau:

bước 1: chuẩn bị lá thép với kích thước: chiều dài 6.500mm × rộng 25mm × dày 0,2 mm để mạ, vật liệu xúc tác CeO₂ và CuO kích thước nano, các hóa chất tẩy dầu mỡ, hoạt hóa, mạ, cũng như bể mạ, điện cực Ni anốt và nguồn điện một chiều điều khiển vô cấp 0 ÷ 20 V; tiếp theo tẩy dầu mỡ lá thép này bằng dung dịch kiềm, rửa sạch bằng nước và hoạt hóa bằng dung dịch HCl 10%;

bước 2: tạo lớp mạ Ni cấy chân lên nền lá thép bằng dung dịch chứa NiCl₂ 250 g/L, H₃BO₃, HCl (d= 1,19) 200 mL/L ở mật độ dòng catốt $i_c = 5 \text{ A/dm}^2$ và thời gian 2 phút, nhiệt độ dung dịch khoảng 25 ÷ 30°C để đạt độ dày 0,2 ÷ 0,5 μm như tính được bằng phương trình Faraday;

bước 3: tạo lớp mạ tổ hợp Ni-CeO₂-CuO với các hạt xúc tác CeO₂ và CuO kích thước nano với tỷ lệ 7/1 lên bề mặt lá thép đã được mạ cấy chân thu được ở bước 2 nêu trên trong dung dịch chứa NiSO₄ 300 g/L, H₃BO₃ 30 g/L, natri lauryl sun phát 0,1 g/L, tổng nồng độ hạt CeO₂ và CuO 8 g/L mạ ở mật độ dòng điện catốt 2 A/dm², tốc độ khuấy 600 vòng/phút, nhiệt độ 50°C, thời gian khoảng 20 phút để thu được lớp mạ có thành phần khối lượng các hạt lớn nhất đạt khoảng 38,46 %, độ dày lớp mạ khoảng 14,75 ÷ 15,91 μm;

bước 4: kiểm tra độ dày các lớp mạ Ni dựa vào các thông số mật độ dòng và thời gian theo định luật Faraday và từ ảnh soi kim tương, cũng như tỷ lệ và sự phân bố chất xúc tác CeO₂ và CuO kích thước nano trên bề mặt bằng phổ tán xạ năng lượng EDX kết hợp phổ ánh xạ nguyên tố (element mapping) trên thiết bị JMS 6610LV-JED2300, JEOL; lá thép thu được có khả năng xúc tác tốt của bề mặt có lớp mạ đối với phản ứng cháy của nhiên liệu tại vùng nhiệt độ thấp khoảng 250 ÷ 500°C khi tỷ lệ CeO₂/CuO trên bề mặt có giá trị khoảng 7/1.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình mạ tổ hợp niken - xeri oxit - đồng (II) oxit ($\text{Ni-CeO}_2\text{-CuO}$) với hạt xúc tác xeri oxit (CeO_2) và đồng (II) oxit (CuO) kích thước nano ($50 \div 100 \text{ nm}$) lên bề mặt lá thép, quy trình này bao gồm các bước:

bước 1: chuẩn bị lá thép để mạ, vật liệu xúc tác CeO_2 và CuO kích thước nano, các hóa chất tẩy dầu mỡ, hoạt hóa, mạ, cũng như bể mạ, điện cực Ni anốt và nguồn điện một chiều điều khiển vô cấp $0 \div 20 \text{ V}$; tiếp theo tẩy dầu mỡ lá thép này bằng dung dịch kiềm, rửa sạch bằng nước và hoạt hóa bằng dung dịch HCl 10%;

bước 2: tạo lớp mạ Ni cấy chân lên nền lá thép bằng dung dịch chứa NiCl_2 250 g/L, H_3BO_3 , HCl ($d=1,19$) 200 mL/L ở mật độ dòng catốt $i_c = 5 \text{ A/dm}^2$ và thời gian 2 phút, nhiệt độ dung dịch khoảng $25 \div 30^\circ\text{C}$ để đạt độ dày $0,2 \div 0,5 \text{ }\mu\text{m}$ như tính được bằng phương trình Faraday;

bước 3: tạo lớp mạ tổ hợp $\text{Ni-CeO}_2\text{-CuO}$ với các hạt xúc tác CeO_2 và CuO kích thước nano với tỷ lệ 7/1 lên bề mặt lá thép đã được mạ cấy chân thu được ở bước 2 nêu trên trong dung dịch chứa NiSO_4 300 g/L, H_3BO_3 30 g/L, natri lauryl sun phát 0,1 g/L, tổng nồng độ hạt CeO_2 và CuO 8 g/L mạ ở mật độ dòng điện catốt 2 A/dm^2 , tốc độ khuấy 600 vòng/phút, nhiệt độ 50°C , thời gian khoảng 20 phút để thu được lớp mạ có thành phần khối lượng các hạt lớn nhất đạt khoảng 38,46 %, độ dày lớp mạ khoảng $14,75 \div 15,91 \text{ }\mu\text{m}$;

bước 4: kiểm tra độ dày các lớp mạ Ni dựa vào các thông số mật độ dòng và thời gian theo định luật Faraday và từ ảnh soi kim tương, cũng như tỷ lệ và sự phân bố chất xúc tác CeO_2 và CuO kích thước nano trên bề mặt bằng phổ tán xạ năng lượng EDX kết hợp phổ ánh xạ nguyên tố (element mapping) trên thiết bị JMS 6610LV-JED2300, JEOL; lá thép thu được có khả năng xúc tác tốt của bề mặt có lớp mạ đối với phản ứng cháy của nhiên liệu tại vùng nhiệt độ thấp khoảng $250 \div 500^\circ\text{C}$ khi tỷ lệ CeO_2/CuO trên bề mặt có giá trị khoảng 7/1.

Hình 1

Mẫu mạ
Ni-CeO₂-CuO

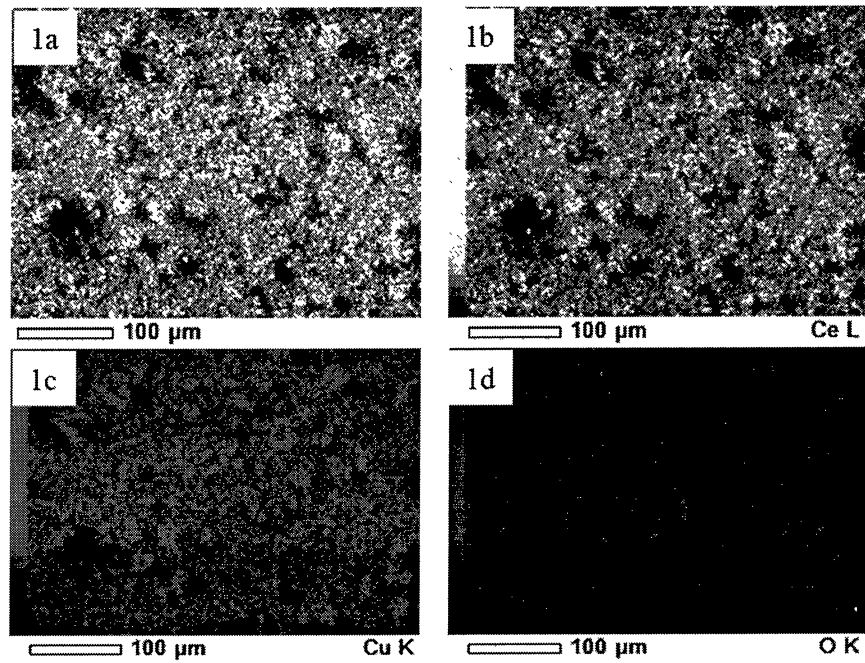
- Hàm lượng

CeO₂: 5,04 %

- Hàm lượng

CuO: 31,08 %

Tỷ lệ CeO₂/CuO
 $\approx 1/6,17$



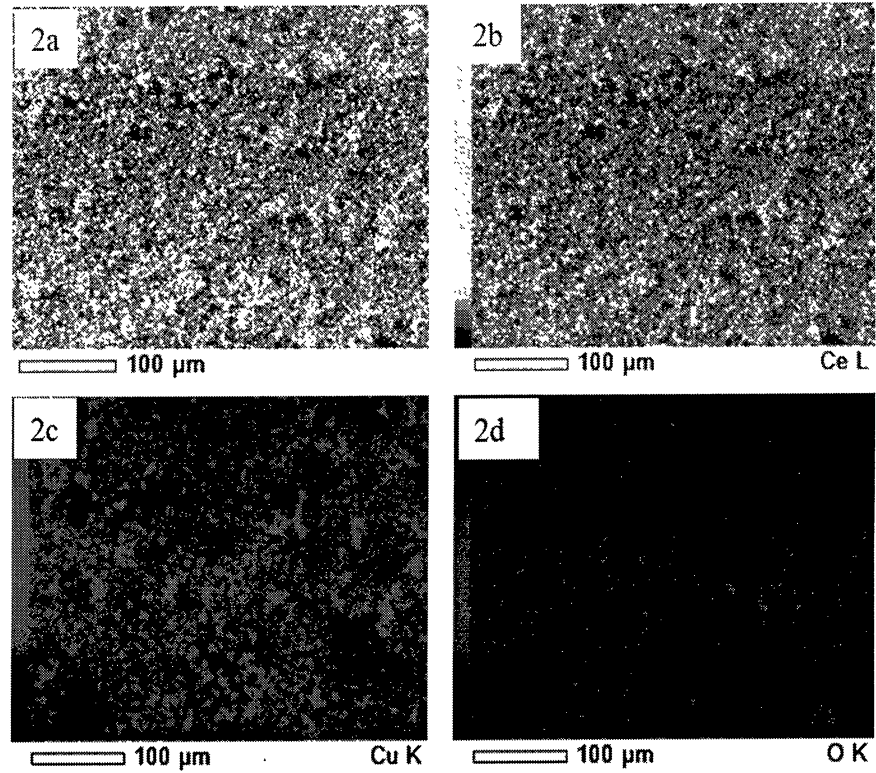
Hình 2

Mẫu mạ
Ni-CeO₂-CuO

- Hàm lượng
CeO₂: 20,13 %

- Hàm lượng
CuO: 17,36 %

- Tỷ lệ CeO₂/CuO
≈ 1,16/1



Hình 3

Mẫu mạ
Ni-CeO₂-CuO

- Hàm lượng
CeO₂: 31,90 %

- Hàm lượng
CuO: 4,46 %

- Tỷ lệ CeO₂/CuO
 $\approx 7,15/1$

