

# CÔNG NGHỆ MẠ HỢP KIM VÀNG Au-Ni, Au-Co, Au-Cu VÀ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG TRONG LĨNH VỰC ĐIỆN TỬ

Nguyễn Duy Kết\*, Nguyễn Đức Hùng

Viện Hóa học - Vật liệu, Bộ Quốc phòng

\*Email: nguyenduyketvh@yahoo.com.vn

Đến Toà soạn: 9/3/2012; Chấp nhận đăng: 7/11/2013

## TÓM TẮT

Lớp mạ vàng và hợp kim vàng được chế tạo sử dụng dung dịch đệm với pH = 4,5. Các kim loại Ni, Co được cung cấp dưới dạng muối đơn trong khi vàng và đồng được đưa vào dưới dạng phức cyanid và EDTA. Tính chất của lớp mạ hợp kim phụ thuộc vào thành phần dung dịch và các điều kiện liên quan; từ đó, ta có thể điều khiển chúng theo các định hướng mong muốn. Các thí nghiệm về độ cứng, điện trở riêng, điện trở tiếp xúc cho thấy lớp mạ hợp kim có độ chống ăn mòn, độ dẫn và điện trở tiếp xúc tương đương với lớp mạ vàng nguyên chất nhưng có độ cứng và độ bền mài mòn cao hơn đáng kể. Khả năng này cho phép ứng dụng công nghệ mạ hợp kim vàng (Co, Ni, Cu) trong việc chế tạo tiếp điểm điện tử với độ tin cậy cao. Các kết quả nghiên cứu về thành phần dung dịch và chế độ mạ để tạo thành lớp mạ vàng và hợp kim có chất lượng cao cũng đã được trình bày trong bài báo này.

*Từ khóa:* mạ vàng, mạ hợp kim Au-Ni, mạ hợp kim Au-Co, mạ hợp kim Au-Cu, tiếp điểm điện.

## 1. MỞ ĐẦU

Năm 1800 người Anh, John Wright Bermingham lần đầu tiên đã tạo được lớp mạ vàng trong phòng thí nghiệm bằng cách sử dụng nguồn điện hoá học (pin Volta) và chất tạo phức với ion Au<sup>+</sup> là KCN. Lớp mạ vàng có rất nhiều tính chất quý như: bền hoá học, dẫn điện, dẫn nhiệt tốt, màu sắc đẹp, sang trọng và hấp dẫn, ... nên được ứng dụng rất rộng rãi.

Các lớp mạ vàng hợp kim có những tính chất hóa lí ưu việt và đa dạng hơn hẳn lớp mạ vàng nguyên chất như: màu sắc phong phú, độ cứng, độ bền mài mòn cao. Chính những ưu điểm vượt trội của lớp mạ hợp kim vàng và những yêu cầu đa dạng về tính chất của lớp mạ vàng đã thúc đẩy những nghiên cứu mới về lớp mạ hợp kim của vàng.

Đến đầu những năm 90 của thế kỉ trước, đã có các lớp mạ hợp kim của vàng với 27 kim loại khác nhau và hơn 158 công trình nghiên cứu về lớp mạ hợp kim hai nguyên của vàng [1]. Trên thế giới hiện đang có tới gần 300 loại bề mạ vàng và hợp kim vàng được ứng dụng và trung bình mỗi loại công nghệ mạ không tồn tại quá 20 năm [2]. Các nghiên cứu nhằm tạo lớp mạ vàng hợp kim mới có chất lượng cao, giá thành hạ vẫn đang là một hướng nghiên cứu có nhiều triển vọng. Bài báo này sẽ trình bày kết quả nghiên cứu quá trình phóng điện đồng thời tạo lớp mạ hợp kim vàng, những tính chất của lớp mạ hợp kim thu được so sánh với lớp mạ vàng nguyên chất và một số khả năng ứng dụng của các lớp mạ hợp kim vàng Au-Ni, Au-Co và Au-Cu.

## 2. THỰC NGHIỆM VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nguyên liệu chính  $K[Au(CN)_2]$  được điều chế từ vàng SJC 99,99 %Au theo [3], các hoá chất cung cấp ion tạo hợp kim  $NiSO_4$ ,  $CoSO_4$ ,  $CuSO_4$ , EDTA đều là nguyên liệu tinh khiết của Merck, CHLB Đức. Các dung dịch nghiên cứu được pha chế theo [3] có thành phần theo bảng 1.

Bảng 1. Thành phần các dung dịch nghiên cứu.

Tên và kí hiệu	Thành phần dung dịch; g/l						
	$H_2C_2O_4$	$K_2C_2O_4$	$Au^+$ trong $KAu(CN)_2$	$Ni^{2+}$ trong $NiSO_4$	$Co^{2+}$ trong $CoSO_4$	$Cu^{2+}$ trong $CuSO_4$	EDTA
Mạ Au; S1	60	80	7,5	-	-	-	-
Mạ Au-Ni; S2	60	80	7,5	0,5 - 2	-	-	-
Mạ Au-Co; S3	60	80	7,5	-	0,5 - 2,5	-	-
Mạ Au-Cu; S4	60	80	7,5	-	-	0,5 - 2,5	25

Các phương pháp nghiên cứu đặc trưng: Phương pháp quét thể tuyến tính để nghiên cứu quá trình điện cực, đo dòng ăn mòn được thực hiện trên máy Autolab PG 30 (Hà Lan) với bình đo 3 điện cực, điện cực so sánh là  $Ag/AgCl$ , điện cực đối là Platin. Các đường cong phân cực riêng phần được xây dựng từ thực nghiệm bằng cách mạ mẫu ở các mật độ dòng điện khác nhau, phân tích thành phần, xác định đương lượng điện hóa của hợp kim, xác định hiệu suất dòng điện và tính các dòng riêng phần theo [3].

Điện trở tiếp xúc của lớp mạ được quy định là điện trở của mỗi tiếp xúc giữa 2 mẫu dây đồng  $\Phi 1$  đã được mạ và chịu lực ép (25 g, hoặc 50 g) tại một nhiệt độ xác định [9]. Điện trở tiếp xúc được đo theo nguyên lí 4 đầu dò trên thiết bị Contact Resistance meter tại Công ty 199/TCCNQP.

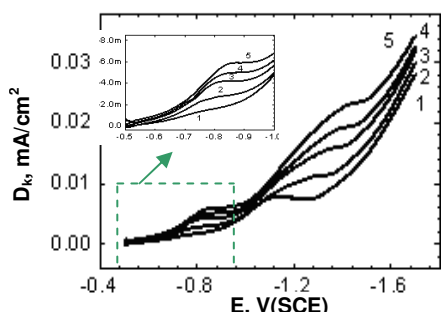
Thành phần lớp mạ hợp kim được xác định bằng phương pháp hấp thụ nguyên tử. Độ mài mòn của lớp mạ được đo theo tiêu chuẩn ASTM G 99:2010 trên thiết bị TE 97 Friction and Wear Demonstrator (Anh Quốc). Độ cứng tế vi của lớp mạ được đo trên máy hiển vi quang học PX 1000 (Trung Quốc)...

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

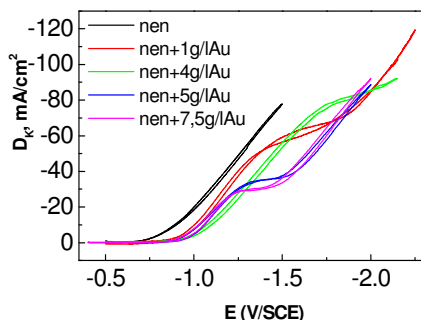
### 3.1. Quá trình mạ vàng nguyên chất

Các đường cong phân cực (ĐCPC) đo trong dung dịch S1 với tốc độ quét thể khác nhau được trình bày trên hình 1 và các đường cyclic được đo trong dung dịch S1 với nồng độ  $Au^+$  khác nhau trên hình 2.

Trong dung dịch phức với  $CN^-$ , ion  $Au^+$  phóng điện tại điện thế rất âm. Quá trình có 2 dòng giới hạn, giá trị dòng giới hạn không tăng khi tăng nồng độ  $Au(CN)_2^-$  thậm chí còn có xu hướng giảm. Hai dòng giới hạn này ứng với hai quá trình phóng điện của phức  $Au(CN)_2^-$  [4, 5].



Hình 1. DCPC trong dung dịch mạ vàng S1  
Tốc độ quét (từ 1-5) v = 100, 200, 300, 400, 500 mV/s.



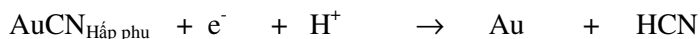
Hình 2. Đường cyclíc đo trong dung dịch nền và mạ vàng (nồng độ Au<sup>+</sup> được ghi trên đồ thị)  
Điện cực vàng; Tốc độ quét 10 mV/s.

Quá trình phóng điện tạo lớp mạ vàng xảy ra theo 3 bước:

Bước 1: Khi thế phân cực nhỏ hơn -0,9V chỉ một quá trình phóng điện của anion Au(CN)<sub>2</sub><sup>-</sup> xảy ra kèm theo hấp phụ rất mạnh ion Au(CN)<sub>2</sub><sup>-</sup> trên bề mặt điện cực.



Bước 2: Khi điện thế phân cực tăng đến -1V, là quá trình phóng điện của AuCN hấp phụ trên điện cực.



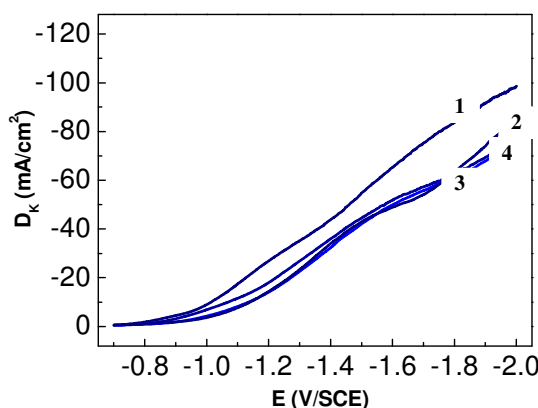
Bước 3: Khi điện thế phân cực âm hơn -1,35V ion Au<sup>+</sup> phóng điện trực tiếp từ Au(CN)<sub>2</sub><sup>-</sup> bề mặt điện cực nhả hấp phụ.



Hai quá trình đầu xảy ra có sự hấp phụ làm tăng phân cực rất mạnh về phía âm và cả ba đều giải phóng ra ion CN<sup>-</sup>. Đây là đặc điểm quan trọng ảnh hưởng tới quá trình phóng điện đồng thời của phức Au(CN)<sub>2</sub><sup>-</sup> với các ion Ni<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> tạo thành hợp kim.

### 3.2. Quá trình phóng điện đồng thời tạo lớp mạ hợp kim Au-Ni

#### 3.2.1. Ảnh hưởng của các anion phức khi phóng điện đồng thời



Hình 3. DCPC mạ hợp kim AuNi, nồng độ Ni<sup>2+</sup> từ 0 - 2 g/l  
1. Điện cực AuNi, tốc độ quét thế 30 mV/s; 0 Ni<sup>2+</sup>; 2. 0,5 g/l Ni<sup>2+</sup>; 3. 1 g/l Ni<sup>2+</sup>; 4. 2 g/l Ni<sup>2+</sup>.

Quá trình phóng điện của  $\text{Au}^+$  trong phức  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  giải phóng ra  $\text{CN}^-$  và ion này ảnh hưởng trở lại quá trình. Ion  $\text{Ni}^{2+}$  trong dung dịch không thể phóng điện trực tiếp trên điện cực đã bị hấp phụ bởi phức  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  do chúng kết hợp với  $\text{CN}^-$  vừa giải phóng tạo thành phức  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$  và phóng điện cùng với  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  tạo thành lớp mạ hợp kim Au-Ni. Các ĐCPC đo trong dung dịch S2 với nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  khác nhau cho thấy  $\text{Ni}^{2+}$  làm tăng phân cực quá trình khử  $\text{Au}^+$ , hình 3.

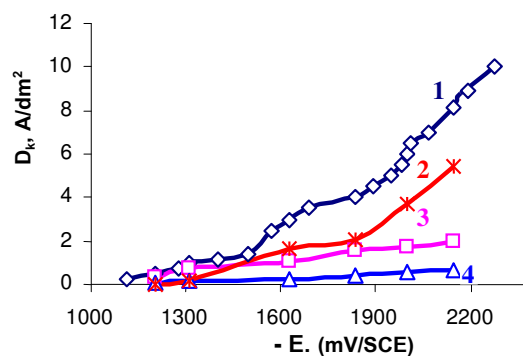
Khi có mặt ion  $\text{Ni}^{2+}$ , quá trình phóng điện của  $\text{Au}^+$  và của quá trình tổng đều giảm, càng tăng nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  càng tăng phân cực của quá trình. Như vậy  $\text{Ni}^{2+}$  kìm hãm quá trình phóng điện của vàng. Tuy nhiên, mặc dù nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  thay đổi trong khoảng rất rộng (4 lần), nhưng vị trí các ĐCPC thay đổi rất ít.

Phức  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$  được tạo thành từ quá trình phóng điện của phức  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  trên bề mặt điện cực rồi mới tham gia phóng điện thành niken kim loại nên tốc độ phóng điện rất thấp. (Hằng số không bền của phức  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  và  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$  lần lượt là  $10^{38,3}$  và  $10^{22,2}$ ). Vì vậy để tăng hàm lượng niken trong lớp mạ cần sử dụng dung dịch mạ có tỉ lệ nồng độ Mol của  $\text{Ni}^{2+}/\text{Au}^+$  cao, có trường hợp tỉ lệ này lên tới 12/1 [7,8].

### 3.2.2. Đường cong phân cực tổng và riêng phần mạ hợp kim AuNi

Đường cong phân cực tổng và riêng phần quá trình phóng điện đồng thời trong dung dịch S2 với nồng độ  $\text{Au}^+$  và  $\text{Ni}^{2+}$  đều bằng 0,038 M, cho phép đánh giá tương quan phóng điện của từng ion trong quá trình mạ hợp kim (hình 4).

Khi phân cực catốt thấp ( $D_K$  nhỏ) các dòng riêng phần của niken và hydro đều rất thấp, chủ yếu là quá trình phóng điện của vàng, lớp mạ có hàm lượng vàng cao, niken thấp đồng thời hiệu suất dòng điện cũng cao. Khi tăng dần mật độ dòng điện mạ, tốc độ khử của  $\text{Ni}^{2+}$  và đặc biệt là của  $\text{H}^+$  tăng nhanh, từ khoảng  $D_K = 1 \text{ A/dm}^2$  tốc độ phóng điện của  $\text{H}^+$  đã lớn hơn tốc độ tạo thành hợp kim do đã đến thế phân hủy nước, kèm theo thoát khí  $\text{H}_2$  mạnh trên catốt. Khi tăng phân cực catốt tốc độ phóng điện của  $\text{Au}^+$  và  $\text{Ni}^{2+}$  đều tăng nhưng tốc độ tăng của  $\text{Ni}^{2+}$  cao hơn nên hàm lượng niken trong lớp mạ sẽ tăng. Trong khoảng thế phân cực từ -1300 đến -1600 mV vị trí hai ĐCPC riêng phần của  $\text{Ni}^{2+}$  và  $\text{Au}^+$  gần như song song với nhau vì vậy mạ trong khoảng này cho phép thu được lớp mạ có thành phần ổn định.



Hình 4. ĐCPC tổng và riêng phần mạ hợp kim AuNi  
1. tổng; 2. riêng phần của  $\text{H}^+$ ; 3. riêng phần của  $\text{Au}^+$ ; 4. riêng phần của  $\text{Ni}^{2+}$ .

Thành phần phần trăm của hợp kim AuNi tại các mật độ dòng mạ hợp kim được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Thành phần lớp mạ hợp kim tại các  $D_k$  khác nhau.

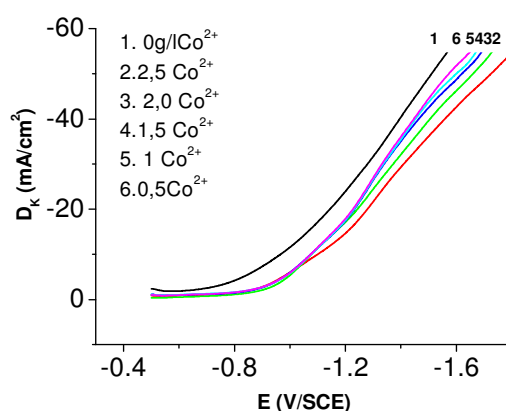
$D_k, A/dm^2$	0,5	1	2	3	4	5
$i_{Ni} / i_{Au}$	0,22	<b>0,24</b>	<b>0,25</b>	<b>0,254</b>	0,309	0,339
Thành phần Ni; %	3,25	<b>3,62</b>	<b>3,75</b>	<b>3,86</b>	4,35	4,56

### 3.3. Quá trình phóng điện đồng thời tạo hợp kim AuCo

#### 3.3.1. Ảnh hưởng của nồng độ $Co^{2+}$

Các đường phân cực động đo với dung dịch S3, với nồng độ  $Co^{2+}$  thay đổi từ 0,5 g/l đến 2,5 g/l cho thấy: tương tự như  $Ni^{2+}$ ,  $Co^{2+}$  cũng làm tăng phân cực quá trình phóng điện của vàng, nồng độ  $Co^{2+}$  càng cao độ tăng phân cực càng lớn (hình 5).

Sự phóng điện của ion  $Co^{2+}$  đã kìm hãm quá trình phóng điện của  $Au^+$ . Hiện tượng ion  $Co^{2+}$  kìm hãm quá trình phóng điện của vàng và làm giảm tốc độ quá trình phóng điện đồng thời có thể xem tương tự như hiện tượng đã khảo sát đối với quá trình mạ hợp kim AuNi.



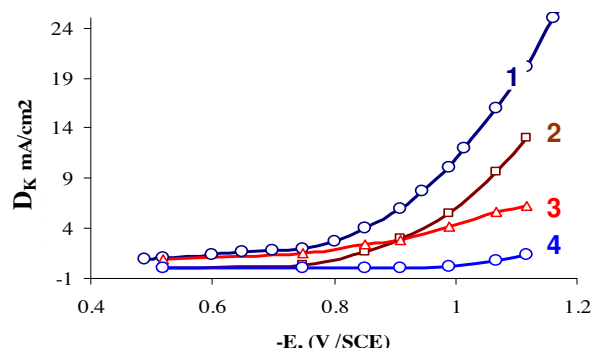
Hình 5. Ảnh hưởng của nồng độ  $Co^{2+}$  khi phóng điện đồng thời. Nồng độ  $Co^{2+}$  được ghi trên đồ thị; Điện cực Au-Co; tốc độ quét thế 30 mV/s.

#### 3.3.2. Đường cong phân cực tổng và riêng phần

Đường cong phân cực tổng đo trong dung dịch S3 với nồng độ  $Co^{+} = 2,5$  g/l và các đường cong phân cực riêng phần xây dựng từ thực nghiệm được trình bày trên hình 6.

$Au^+$  và  $Co^{2+}$  phóng điện đồng thời ở tất cả các mật độ dòng [6, 7]. Ở mật độ dòng điện thấp lớp mạ có thành phần Co thấp. Tăng mật độ dòng điện, hàm lượng coban trong lớp mạ tăng. Khi mật độ dòng điện lớn hơn  $1 A/dm^2$  do đã đến thế phân hủy nước và hiệu suất dòng điện giảm

mạnh. Quá trình phóng điện đồng thời tạo hợp kim AuCo về cơ bản giống với quá trình phóng điện đồng thời tạo hợp kim AuNi đã khảo sát. Trong khoảng mật độ dòng điện tổng từ  $0,4 \div 1 \text{ A/dm}^2$  tỉ lệ dòng riêng phần tương đối ổn định  $i_{\text{Au}} / i_{\text{Co}} = 20 \div 22$  lần. Vì vậy có thể đạt được lớp mạ có thành phần ổn định trong khoảng mật độ dòng này (bảng 3).



Hình 6. Đường cong phân cực tổng và riêng phần mạ AuCo  
1. Tổng; 2. riêng phần  $\text{H}^+$ ; 3. riêng phần  $\text{Au}^+$ ; 4. riêng phần  $\text{Co}^{2+}$ .

Bảng 3. Thành phần của Co trong lớp mạ hợp kim theo mật độ dòng.

$D_K, \text{ A/dm}^2$	0,1	0,2	0,4	0,6	1	1,5	2
Thành phần Co; %	0,07	0,079	1,35	1,45	1,48	3,9	6,2

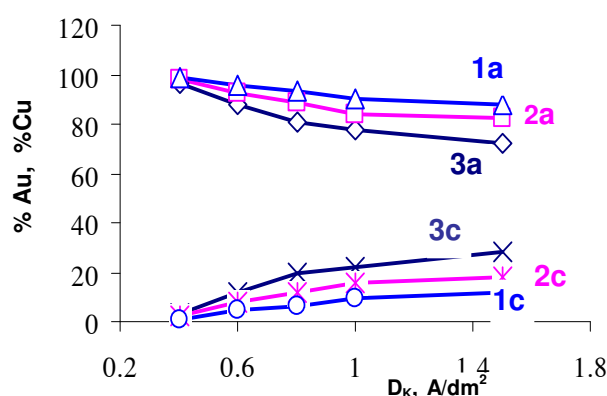
### 3.4. Quá trình phóng điện đồng thời mạ hợp kim AuCu

Đường cong phân cực tổng đo trong dung dịch S4 và các ĐCPC riêng phần xây dựng bằng thực nghiệm được trình bày trên hình 7. ĐCPC tổng và riêng phần của  $\text{Au}^+$  phóng điện ở dòng giới hạn, trong khi đó dòng riêng phần của  $\text{Cu}^{2+}$  và  $\text{H}^+$  liên tục tăng khi tăng thế phân cực catốt.

Hình 7. Đường cong phân cực tổng và riêng phần mạ hợp kim Au-Cu đo trong dung dịch S4, tốc độ quét thế  $30 \text{ mV/s}$ .

Quá trình phóng điện tạo hợp kim Au-Cu khác cơ bản với quá trình tạo hợp kim Au-Ni và Au-Co. Khi phóng điện đồng thời với ion  $\text{Cu}^{2+}$ , ion  $\text{Au}^+$  luôn phóng điện ở dòng giới hạn mà giá trị của dòng giới hạn lại giảm khi tăng nồng độ  $\text{Au}^+$  [5]. Dòng giới hạn phụ thuộc vào chiều dày lớp bảo hoà hấp phụ trên điện cực, không phụ thuộc vào nồng độ  $\text{Au}^+$  trong dung dịch. Hiện tượng khác biệt này chính là do ion  $\text{Cu}^{2+}$  tạo phức với EDTA thành phức bền vững và phóng điện trên catốt cùng với phức  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ , do  $\text{Cu}^{2+}$  trong phức EDTA không tạo thành phức với  $\text{CN}^-$  nên sự phóng điện của chúng chỉ ảnh hưởng tới phóng điện của phức  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  qua phân bố nồng độ trong lớp kép mà không ảnh hưởng tới kết hợp với sản phẩm của phản ứng là  $\text{CN}^-$  như là các ion  $\text{Co}^{2+}$  và  $\text{Ni}^{2+}$ .

Do quan hệ phóng điện trên nên thành phần lớp mạ phụ thuộc nhiều cả về thành phần dung dịch, nhiệt độ mạ và mật độ dòng điện mạ. Quan hệ giữa thành phần lớp mạ với nhiệt độ, và độ dòng điện mạ được trình bày trên hình 8.



Hình 8. Thành phần lớp mạ theo nhiệt độ và mật độ dòng  
1a, 2a, 3a: Thành phần vàng khi mạ ở nhiệt độ 30, 55 và 80 °C.  
1c, 2c, 3c: Thành phần đồng khi mạ ở nhiệt độ 30, 55, và 80 °C.

### 3.5. Tính chất của các lớp mạ hợp kim

#### 3.5.1 Độ cứng tế vi và độ bền mài mòn

Độ cứng tế vi và độ bền mài mòn của các lớp mạ được trình bày trên bảng 4.

Bảng 4. Độ cứng tế vi và độ bền mài mòn của các lớp mạ.

Lớp mạ / Tính chất	Au	Ni	Co	Cu	AuNi 2,5%Ni	AuCo 2,5%Co	AuCu 25%Cu	AuCu 2,5%Cu
Độ cứng (kG/mm <sup>2</sup> )	105	500	600	220	200	290	250	150
Độ bền mài mòn tương đối	1	-	-	-	6,8	8,5	3,2	4,2

Độ cứng, độ bền mài mòn của các lớp mạ hợp kim AuCo, AuNi có giá trị lớn nhất là do có cấu trúc là hỗn hợp cơ học [3], độ cứng của Ni và Co rất cao. Lớp mạ hợp kim AuCu lại có cấu trúc là

hợp chất hoá học [3], các nguyên tử đồng nằm xen kẽ trong mạng tinh thể của vàng vì vậy độ cứng của lớp mạ cao hơn so với kim loại tạo hợp kim, Au, Cu nhưng nhỏ hơn lớp mạ Au-Ni và Au-Co.

3.5.2. Độ bền hoá học.

Giá trị các dòng ăn mòn của các lớp mạ vàng và hợp kim vàng trong dung dịch NaCl 3 % đo theo phương pháp đo phân cực Tafel, điện cực làm việc đã được mạ các lớp mạ vàng và hợp kim vàng được trình bày trong bảng 5.

Bảng 5. Dòng ăn mòn của lớp mạ vàng và hợp kim vàng.

T.T	Tên mẫu	$I_{corr} (A/cm^2)$
1	Mạ Ni nguyên chất	$30 \times 10^{-6}$
2	Mạ Au nguyên chất	$1,65 \times 10^{-6}$
3	Mạ hợp kim AuNi (3,2 % Ni)	$1,95 \times 10^{-6}$
4	Mạ hợp kim AuCo (2,5 % Co)	$1,85 \times 10^{-6}$
5	Mạ hợp kim AuCu (25 % Cu)	$3,25 \times 10^{-6}$

Vàng là kim loại bền vững về mặt hoá học, các kim loại tạo hợp kim như Cu, Ni, Co cũng là những kim loại có độ bền hoá học cao và thường được sử dụng làm lớp phủ bảo vệ. Do vậy các lớp mạ hợp kim của vàng với chúng có độ bền ăn mòn rất cao không thua kém gì so với vàng nguyên chất.

3.5.3. Độ dẫn điện và điện trở tiếp xúc của lớp mạ hợp kim

Kết quả đo điện trở riêng và điện trở tiếp xúc các lớp mạ được trình bày trên bảng 6.

Bảng 6. Điện trở của lớp mạ hợp kim vàng.

Lớp mạ	Điện trở riêng ( $\rho \cdot 10^4, \Omega \cdot m$ )	Điện trở tiếp xúc ( $\Omega$ ) ở 50 °C và tải trọng (g)	
		20g	50g
Lớp mạ vàng nguyên chất	0,034	0,0040	0,0030
Hợp kim AuCo (0,5 %)	0,850	0,0050	0,0040
Hợp kim AuCo (5 %)	1,140	0,0130	0,0075
Hợp kim AuNi (2,5 %)	0,110	0,0045	0,0040
Hợp kim AuNi (5 %)	0,150	0,0067	0,0035

Các tiếp điểm trong nghiệp điện tử cần có điện trở riêng, điện trở tiếp xúc nhỏ và ổn định tin cậy. Các kết quả trên bảng 6 cho thấy so với lớp mạ vàng nguyên chất lớp mạ hợp kim vàng có các chỉ tiêu tương đương, trong khi do độ bền mài mòn cao nên tuổi thọ cao gấp nhiều lần vì vậy các lớp mạ kim Au-Ni và Au-Co thường được ứng dụng để mạ các tiếp điểm điện tử. Các tính chất về điện của lớp mạ tạo được tương đương với các lớp mạ hợp kim của nước ngoài [10].

### 3.6. Kết quả ứng dụng thực tế

Công nghệ mạ hợp kim vàng đã được triển khai ứng dụng trong thực tế bằng các phương pháp mạ treo, mạ quay và cả mạ không sử dụng bể mạ [11]. Công nghệ mạ quay hợp kim Au-Ni đã được chuyển giao cho Công ty SADEVINA tại thành phố Hồ Chí Minh để mạ các tiếp điểm xuất khẩu có thành phần 5 % Ni, 95 % Au chiều dày 1 $\mu$ m. Công nghệ mạ hợp kim AuCo đã được chuyển giao cho Công ty 22 mạ hàng triệu sản phẩm phù hiệu cho quân đội. Công nghệ mạ vàng không sử dụng bể mạ đã được ứng dụng mạ bên trong bề mặt ống súng phóng laze bằng vật liệu inox cho kết quả tốt (hình 9).



Hình 9. Một số hình ảnh ứng dụng thực tế của công nghệ mạ hợp kim vàng

- Tiếp điểm điện tử mạ hợp kim Au-Ni tại công ty SADEVINA, TP. Hồ Chí Minh
- Súng phóng Laze mạ vàng bằng công nghệ mạ không sử dụng bể trên nền inox.
- Mạ trang sức bằng hợp kim vàng - coban Biểu tượng Trống Đồng.

## 4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở dung dịch mạ vàng nguyên chất trong môi trường pH = 4,5 ổn định bởi hệ đệm H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> - K<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, có thể đồng kết tủa được các lớp mạ hợp kim Au-Ni, Au-Co và Au-Cu khi thêm ion Ni<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup> ở dạng muối đơn, còn ion Cu<sup>2+</sup> ở dạng phức với EDTA.

Thành phần và tính chất các lớp mạ hợp kim có thể điều khiển được bằng cách lựa chọn thành phần và chế độ mạ phù hợp.

Đã tạo được các lớp mạ hợp kim 5 % Ni – 95 % Au, 2 % Co – 98 % Au, 25 % Cu – 75 % Au có độ dẫn điện, điện trở tiếp xúc độ bền ăn mòn tương đương với lớp mạ vàng nguyên chất nhưng độ cứng, độ bền mài mòn cao hơn rất thích hợp để mạ các tiếp điểm điện tử đạt chất lượng cao, bền vững hơn lớp mạ vàng nguyên chất.

Các lớp mạ hợp kim vàng đã bước đầu được ứng dụng trong thực tế cho kết quả tốt.

*Lời cảm ơn.* Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 104.05-2012.32.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Akiyama T., Fukucima H. - Recent study on the mechanism of the electrodeposition of iron - group metal alloys, ISIJ International **32** (7) (1992) 787-797.
- Alfred M. Weisberg - Gold plating, PF. Online, www. Pfonline. com, 2002.

3. Trương Ngọc Liên - Sự phóng điện đồng thời của ion  $\text{Fe}^{2+}$  và  $\text{Ni}^{2+}$  để tạo thành hợp kim điện giải Fe-Ni, Tạp chí Hoá học **33** (2) (1995) 11-13.
4. Nguyen Duc Hung, Nguyen Duy Ket - Mechanism of electroreduction of cyanide complex ions  $\text{Au}(\text{CN})_2^-$  in weak acidic solution containing formic acid and ions  $\text{Pb}^{2+}$ , The 14<sup>th</sup> Asian - Pacific Corrosion Control Conference (APCCC14) Shang Hai – China, 2006.
5. Nguyễn Duy Kết, Nguyễn Đức Hùng - Nghiên cứu quá trình khử của ion phức  $\text{AuCN}_2^-$  bằng phương pháp tổng trở và quét thế vòng, Tạp chí Hoá học **44** (4) (2006) 454-459.6. Somers Geraadus, Lovie John, Hendrks - Gold alloy plating bath and process, Patent USA: US4615774, esp@cenet. (1986-10-07)7. Konase Takashi - Gold-tin-copper alloy plating bath, Patent number: JP56136994. esp@cenet, (1981-10-26).8. Kaneshiro Yoshio - Gold-nickel alloy plating solution and plating method, Patent number: JP62290893, esp@cenet, (1987-12-17).
6. Bec R. U., Suraev L. I. - Vlienie ionnov cvinexa na kineticy electrooxagidenia dolota id xianixtruc electrolitov, Electrokhimia **39** (12) (2003) 1427-1434.
7. Giberg A. M. - Ingienernaia ganlvanotekhnica v priboroeni, Idg. Moxkva Masinoxtronie, 1979.
8. Nguyễn Đức Hùng, Nguyễn Duy Kết - Mạ vàng không sử dụng bể mạ, cơ sở lý thuyết và ứng dụng thực tiễn, Tuyển tập Hội nghị Hoá lí, Hoá lí thuyết toàn quốc 12-2005, 2005, tr. 53-62.

#### ABSTRACT

#### GOLD ALLOY (Cu, Ni, Co) PLATING TECHNOLOGY AND APPLICATIONS IN ELECTRONICS

Nguyen Duy Ket\*, Nguyen Duc Hung

*Institute of Military Science and Technology*

\*Email: [nguyenduyketvh@yahoo.com.vn](mailto:nguyenduyketvh@yahoo.com.vn)

Gold and its alloy plates were created by plating in the buffer solution with  $\text{pH} = 4,5$ . The source of  $\text{Ni}^{2+}$  and  $\text{Co}^{2+}$  cations were provided via single salts, while that of  $\text{Au}^+$  and  $\text{Cu}^{2+}$  cations were taken from their complex with CN<sup>-</sup> anion, and EDTA, respectively. The properties of the obtained alloys depend on composition of solution and plating condition, therefore it is possible to control them following desired directions. Using several tests such as: hardness, specific electrical resistance, contact electrical resistance, it has been proved that golden metal and its obtained alloys plating exhibited the same corrosion resistance, conductivity and contact electrical resistance; however the plating provided much better hardness and abrasion resistance. Hence, golden alloys' plating is suitable for plating electrical contactors with high reliability. The compositions of solution and conditions for preparation of golden alloys' plate as well as the results obtained from practical applications are also given in this paper.

**Keywords:** gold plating, Au-Ni alloy coating, Au-Co alloy coating, Au-Cu alloy coating, electrical contactor.