



(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)



2-0003105

(51)⁷ **G03F 7/00; B23K 26/00; G03F 1/00**

(13) **Y**

(21) 2-2020-00023

(22) 15/01/2020

(45) 27/03/2023 420

(43) 27/04/2020 385AHI

(73) Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội (VN)
Nhà E3, số 144 Xuân Thủy, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

(72) Hồ Anh Tâm (VN); Đỗ Thị Hương Giang (VN); Nguyễn Hữu Đức (VN); Lê Khắc
Quynh (VN).

(54) QUY TRÌNH CHẾ TẠO MẶT NẠ KIM LOẠI SỬ DỤNG MÁY KHẮC LAZE SỢI
QUANG, ỨNG DỤNG TRONG KỸ THUẬT PHÚN XẠ ĐỂ CHẾ TẠO CÁC CHI TIẾT
CÓ KÍCH THƯỚC CỖ MILI-MÉT

(57) Giải pháp hữu ích đề xuất chế tạo các mặt nạ kim loại sử dụng các máy khắc laze sợi quang ứng dụng trong kỹ thuật phun xạ để chế tạo các chi tiết có kích thước cỡ mili-mét, quy trình này chế tạo các mặt nạ trực tiếp bằng kim loại đơn giản, có độ chính xác cao, có thể chủ động được trong điều kiện thực tế ở nước ta và chi phí trong quá trình chế tạo là rất thấp. Sáng chế cũng đề xuất quy trình đơn giản để sử dụng các mặt nạ trực tiếp này vào kỹ thuật phun xạ để chế tạo các chi tiết có kích thước cỡ mili-mét. Chất lượng của mặt nạ kim loại chế tạo bằng quy trình trên đã được kiểm chứng bằng thực nghiệm với việc ứng dụng trong nhiều thí nghiệm thực tế cần tới kỹ thuật phun xạ.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Cơ bản giải pháp hữu ích đề cập đến các phương pháp cụ thể để thực hiện chế tạo các mặt nạ bằng kim loại, được sử dụng trong kỹ thuật phun xạ. Với các mặt nạ kim loại này, việc chế tạo các chi tiết có kích thước mili-mét có thể được thực hiện một cách nhanh chóng với chi phí thấp hơn so với các phương pháp truyền thống vẫn đang được sử dụng hiện nay.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Để phân tích rõ tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích, trước tiên một số khái niệm cần được nhắc lại tóm lược như sau:

Phun xạ là phương pháp sử dụng ion trong phóng điện cao áp một chiều hay cao tần để thực hiện việc “đánh bật” các nguyên tử từ vật rắn (bia) ra khỏi bề mặt của nó. Tiếp theo là quá trình lắng đọng các nguyên tử ấy trên bề mặt của vật rắn khác (tức là đế). Do vậy, chế tạo vật liệu bằng phương pháp phun xạ là quá trình chuyển các nguyên tử của vật rắn ở dạng khối của bia sang dạng màng mỏng trên đế (Hình 1 (*Nguồn: wikipedia*)).

Để vật liệu từ bia có thể lắng đọng lên trên đế tại các vị trí theo thiết kế ban đầu, cần phải có một lớp vật liệu che chắn với các khe hở tương ứng để vật liệu có thể đi qua. Để tạo được lớp vật liệu che chắn như vậy, thông thường phải sử dụng tới công nghệ quang khắc (photolithography).

Quang khắc là kỹ thuật đã được phát triển từ đầu thế kỷ 20, và được sử dụng rộng rãi nhất trong công nghiệp bán dẫn để chế tạo các vi mạch điện tử trên các phiến Si. Ngoài ra, quang khắc được sử dụng trong ngành khoa học và công nghệ vật liệu để chế tạo các chi tiết vật liệu nhỏ, chế tạo các linh kiện vi cơ điện tử (MEMS). Về cơ bản, các bước thực hiện quang khắc được thể hiện như trong sơ đồ hình 2. Có thể thấy rằng, để tạo ra được một lớp che chắn như đã đề cập ở trên bằng phương pháp quang khắc phải trải

qua rất nhiều công đoạn, trong đó nhiều công đoạn đòi hỏi phải sử dụng tới các thiết bị và công nghệ đắt tiền. Ví dụ như công đoạn tạo mặt nạ quang (thường chỉ đặt hàng được ở một số các công ty có thiết bị đặc thù) có giá rất cao, hoặc chiếu sáng phải sử dụng thiết bị chuyên dụng đắt tiền. Ngoài ra việc thực hiện quá nhiều công đoạn sẽ dễ phát sinh các rủi ro, do mỗi công đoạn đều có các yêu cầu khắt khe về các thông số công nghệ. Thêm vào đó, sau khi phún xạ, còn phải thực hiện công đoạn tẩy rửa lớp cảm quang che chắn trên đế để có thể tiến hành các bước tiếp theo.

Ưu điểm của phương pháp quang khắc là có thể tạo ra các lớp che chắn sử dụng cho kỹ thuật phún xạ với kích thước nhỏ cỡ nano-mét tới vài chục micro-mét. Tuy nhiên, với các chi tiết có kích thước lớn cỡ vài trăm micro-mét tới cỡ mili-mét (như các điện cực để hàn dây...), phương pháp quang khắc trở nên không phù hợp do chi phí cao, quy trình chế tạo phức tạp và tốn nhiều thời gian.

Để phún xạ các chi tiết có kích thước mili-mét lên trên đế một cách trực tiếp mà không cần phải sử dụng tới phương pháp quang khắc, một giải pháp đơn giản được đề xuất là sử dụng các mặt nạ trực tiếp với các khe hở được khoét tại các vị trí mong muốn. Mặt nạ này được căn chỉnh vị trí và áp trực tiếp lên đế, nhờ đó vật liệu từ bìa phún xạ có thể lọt qua các khe hở để lắng đọng lên đế tại các vị trí mong muốn theo thiết kế.

Cần phải lưu ý rằng, mặt nạ trực tiếp này khác với mặt nạ quang học được sử dụng trong phương pháp quang khắc. Trong công nghệ quang khắc, các mặt nạ được chế tạo với mục đích che chắn quang học, nghĩa là chặn không cho ánh sáng xuyên qua ở những vị trí nhất định. Thông thường để làm được điều đó, một lớp vật liệu chắn sáng sẽ được “in” lên trên một nền trong suốt (như thủy tinh, polymer trong...). Còn đối với mặt nạ trực tiếp, mục đích là che chắn vật liệu ở những vị trí nhất định. Do vậy mặt nạ trực tiếp phải được khoét thủng tại các vị trí mong muốn vật liệu phún xạ có thể đi qua (như được minh họa trên Hình 3).

Mặt nạ trực tiếp để có thể sử dụng được trong kỹ thuật phún xạ cần phải đáp ứng một số các yêu cầu như: phải đủ mỏng để không che khuất các vị trí đã được đục thủng khi vật liệu lắng đọng lên đế; lại phải đảm bảo độ cứng cần thiết để giữ phẳng và ép sát lên bề mặt đế; vật liệu làm mặt nạ phải chịu được nhiệt độ cao trong buồng phún xạ; không bị cong vênh do nhiệt và do các vật liệu bám vào trong quá trình phún xạ... Như

vậy, có thể thấy rằng thông thường chỉ có các tấm kim loại mỏng mới đáp ứng đầy đủ các yêu cầu trên.

Để chế tạo mặt nạ trực tiếp, có thể thực hiện một cách đơn giản bằng cách in hoặc vẽ đánh dấu các vị trí cần khoét thủng để tạo mặt nạ trên một tấm vật liệu mỏng, sau đó dùng dao trở để cắt. Tuy nhiên, phương pháp này chỉ phù hợp với các chi tiết có kích thước lớn, đòi hỏi độ chính xác thấp và độ phức tạp không cao. Để nâng cao độ chính xác và độ phức tạp trong chế tạo mặt nạ trực tiếp, có thể sử dụng các máy gia công dạng CNC. Tuy nhiên vì kích thước các đầu gia công chỉ đạt được đến cỡ mili-mét, nên mặt nạ chế tạo theo phương án này cũng bị hạn chế về kích thước. Hơn nữa, các phương pháp chế tạo trên sẽ làm xuất hiện ứng suất trong vật liệu làm mặt nạ, nên rất dễ bị cong vênh, đặc biệt là trong môi trường nhiệt độ cao của buồng phún xạ. Do đó, chi tiết sau khi phún xạ sẽ không có được chính xác hình dạng và vị trí như mong muốn. Các phương pháp trên đây cũng chỉ có thể thực hiện được với các loại vật liệu mềm và mỏng, thông thường là các tấm vật liệu phi kim loại. Do vậy sau vài lần thực hiện phún xạ, các lớp vật liệu bám lên mặt nạ sẽ làm biến dạng các chi tiết được khoét thủng, khiến cho mặt nạ không thể tái sử dụng cho các lần chế tạo tiếp theo.

Như vậy có thể thấy việc chế tạo mặt nạ trực tiếp sao cho đáp ứng được yêu cầu của kỹ thuật phún xạ là không hề đơn giản, đặc biệt là đối với các chi tiết có hình dạng phức tạp. Một phương án chế tạo được đề xuất là sử dụng các máy cắt laze công suất cao để cắt thủng các tấm kim loại mỏng. Tuy nhiên, các máy cắt laze công suất cao sử dụng các nguồn laze được chế tạo để phát liên tục, nên nhiệt sinh ra ở vết cắt là rất lớn, sẽ làm biến dạng các tấm kim loại mỏng. Hơn nữa máy cắt laze lại phải sử dụng khí hỗ trợ để thổi vào vết cắt, áp suất mạnh từ luồng khí sẽ thổi bay hoặc làm cong vênh các chi tiết có kích thước nhỏ. Để khắc phục các nhược điểm đó, phương án sử dụng các máy laze với nguồn phát ở dạng xung cần được cân nhắc. Laze xung ngắn có thể phát ra năng lượng cực lớn trong một thời gian rất ngắn, do đó có thể cắt thủng được vật liệu mà không làm phát sinh các hiệu ứng nhiệt trong vật liệu. Khi cắt bằng laze xung ngắn, không cần phải sử dụng tới các loại khí hỗ trợ cắt, nên cũng không làm ảnh hưởng tới các chi tiết cắt có kích thước nhỏ. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng, laze xung càng ngắn thì chất lượng vết cắt càng tốt. Tuy nhiên, do sự hạn chế về công nghệ chế tạo tính đến thời điểm hiện tại, các loại laze xung cực ngắn cỡ femto-giây và pico-giây vẫn có giá thành rất cao, và chưa thể

được sản xuất đại trà để thương mại hóa. Chính vì vậy, việc tiếp cận với các thiết bị lazer này để chế tạo các mặt nạ trực tiếp vẫn còn nhiều hạn chế.

Hiện nay, các thiết bị sử dụng nguồn lazer xung đã được thương mại hóa và sử dụng rộng rãi chính là các máy khắc lazer sợi (quang) (fiber laser). Các máy khắc lazer sợi quang thương mại này thông thường được khai thác để khắc, đánh dấu các thông tin lên trên bề mặt của các loại vật liệu. Tuy nhiên, về bản chất thì các máy khắc này sử dụng các nguồn lazer xung có độ rộng xung từ vài chục đến vài trăm nano-giây. Do vậy, hoàn toàn có thể khai thác các máy khắc lazer sợi quang thương mại để cắt các mặt nạ trực tiếp bằng kim loại ứng dụng cho kỹ thuật phun xạ để tạo được các chi tiết có kích thước từ vài trăm micro-mét tới mili-mét.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích này là đề xuất quy trình chế tạo các mặt nạ trực tiếp bằng kim loại đơn giản, có độ chính xác cao, có thể chủ động được trong điều kiện thực tế ở nước ta và chi phí trong quá trình chế tạo là rất thấp; Và quy trình đơn giản để sử dụng các mặt nạ trực tiếp này vào kỹ thuật phun xạ để chế tạo các chi tiết có kích thước cỡ mili-mét.

Về bản chất, chế tạo mặt nạ trực tiếp bằng kim loại là quá trình cắt thủng tấm kim loại mỏng thành hình dạng mong muốn. Các phương pháp cắt kim loại tấm, đặc biệt là tấm mỏng luôn bị hạn chế kích thước tối thiểu có thể gia công được do nhiều nguyên nhân. Do đó, giải pháp hữu ích đề xuất quy trình chế tạo mặt nạ trực tiếp bằng kim loại sử dụng các máy khắc lazer sợi quang thương phẩm hiện được sử dụng phổ biến trên thị trường.

Khi chùm lazer truyền đến bề mặt vật liệu sẽ xảy ra quá trình tương tác: phản xạ, hấp thụ, dẫn, nóng chảy và hóa hơi. Hệ số phản xạ của vật liệu phụ thuộc vào độ trơn bóng của tấm vật liệu và bước sóng lazer. Trong vùng bước sóng dài, hệ số phản xạ cao, do vậy sự hấp thụ bị giảm. Nhiệt độ cũng ảnh hưởng tới quá trình hấp thụ/phản xạ, ở nhiệt độ cao hệ số hấp thụ cao hơn, tuy nhiên yếu tố ảnh hưởng chính tới sự hấp thụ vẫn là bước sóng. Đối với vật liệu kim loại, bước sóng càng ngắn thì khả năng hấp thụ của vật liệu càng tốt. Bước sóng ánh sáng của các máy khắc lazer sợi quang thương phẩm hiện nay phổ biến là 1064nm, trong vùng hồng ngoại gần. Các loại lazer khác có bước sóng ánh

sáng trong vùng khả kiến hoặc UV sẽ tối ưu hơn cho việc cắt kim loại, tuy nhiên do hạn chế về công nghệ chế tạo, nên các loại laser có bước sóng trong các vùng đó vẫn có giá thành rất cao, không khả thi để đưa vào sử dụng rộng rãi.

Trong những nghiên cứu và thực nghiệm về sự tương tác bức xạ laser với vật liệu, tương tác bước sóng laser 1064nm với vật liệu kim loại, đặc biệt với những kim loại tinh khiết hoặc thép carbon, để vượt được ngưỡng phá vỡ liên kết của các loại vật liệu này thì laser được sử dụng phải ở mức xung nano giây. Các máy khắc laser sợi quang hiện nay sử dụng phổ biến loại Q-switch âm quang có tần số 27MHz, tương đương với xung laser cỡ 37 nano giây. Với những lựa chọn tham số phù hợp thì laser xung, với thời gian xung cỡ nano giây cũng tạo được những vết có độ chính xác và chất lượng cao trong quá trình cắt các loại vật liệu kim loại. Hình 4 thể hiện sự tối ưu khi sử dụng laser xung ngắn trong gia công vật liệu.

Một yếu tố nữa có ý nghĩa quan trọng trong cắt vật liệu bằng laser là mật độ công suất chùm laser. Mật độ công suất chùm laser tăng lên rất nhiều tại điểm hội tụ qua thấu kính. Tuy nhiên theo lý thuyết nhiễu xạ, giới hạn hội tụ phụ thuộc vào bước sóng và góc phân kỳ, liên quan tới đường kính của vết laser:

$$d_f = \frac{4f\lambda}{\pi d},$$

trong đó: d_f là đường kính vết laser, f là tiêu cự thấu kính, bước sóng λ , d là đường kính chùm laser. d_f càng nhỏ thì vết cắt càng đẹp và mật độ công suất càng lớn giúp cho việc cắt trở nên dễ dàng hơn.

Các máy khắc laser sợi quang thương phẩm thường sử dụng với đầu quét tia galvo và hội tụ bằng thấu kính F-theta. Đường kính chùm tia đến thông thường là $d=10\text{mm}$, tiêu cự thấu kính thường được sử dụng là $f=160\text{mm}$. Do đó, đường kính vết laser hội tụ sẽ cỡ $d_f=21\mu\text{m}$. Đường kính vết như vậy là phù hợp để cắt các chi tiết có kích thước cỡ mili-mét với sai số chấp nhận được.

Như vậy, xét về bản chất kỹ thuật, các thông số về bước sóng, độ rộng xung, đường kính vết laser... của máy khắc laser sợi quang thương mại đều phù hợp để chế tạo mặt nạ trực tiếp bằng kim loại.

Theo một phương án ưu tiên, giải pháp hữu ích đề xuất quy trình chế tạo các mặt nạ kim loại sử dụng các máy khắc laze sợi quang, ứng dụng trong kỹ thuật phún xạ để chế tạo các chi tiết có kích thước cỡ mili-mét bao gồm các bước sau:

chuẩn bị các tấm kim loại nhôm có chiều dày từ 100 micro-mét tới 150 micro-mét, kích thước bao ngoài trong khoảng 50mm x 50mm;

ép phẳng các tấm nhôm bằng phương pháp ép cơ học hoặc ép cơ học kết hợp với gia nhiệt;

ép tấm nhôm cần cắt mặt nạ lên bề mặt khối kim loại phẳng nhẵn để giữ phẳng và tản nhiệt cho tấm mặt nạ trong suốt quá trình cắt;

xử lý làm nhám bề mặt tấm nhôm bằng cách khắc lướt trên bề mặt nhôm ở vùng cần cắt mặt nạ; hoặc khắc lướt nhiều lần để làm mỏng tấm nhôm tới chiều dày mong muốn;

cắt tạo hình mặt nạ theo thiết kế ban đầu bằng máy khắc laze sợi quang nhờ phần mềm điều khiển chuyên dụng theo máy, máy khắc laze sợi quang phát ra xung laze cỡ nano giây, trong quá trình cắt công suất laze đủ cao, tốc độ đủ lớn và cắt nhiều lần để đảm bảo không phát sinh nhiệt cục bộ tại các vết cắt; và sau khi cắt

rung siêu âm để làm sạch mặt nạ, sấy khô mặt nạ trước khi sử dụng cho các công đoạn tiếp theo.

Sau khi chế tạo được các mặt nạ trực tiếp, có thể ứng dụng trực tiếp vào kỹ thuật phún xạ. Mặt nạ được căn chỉnh vào vị trí phù hợp trên đế, sau đó cố định tạm thời và đưa vào buồng phún xạ. Khi đó vật liệu từ bia sẽ lắng đọng lên trên cả mặt nạ và đế, tuy nhiên chỉ những vị trí đã được khoét thủng trên mặt nạ thì vật liệu mới có thể đi xuyên qua để lắng đọng trên đế.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ thể hiện nguyên lý cơ bản của phương pháp phún xạ, các ion khí (màu đỏ) có năng lượng cao được điều khiển để va chạm lên bề mặt của bia vật liệu và làm bật ra các nguyên tử (màu xanh), các nguyên tử này sẽ di chuyển tới và bám lên bề mặt đế;

Hình 2 là hình vẽ minh họa các bước trong quy trình quang khắc thông thường;

Hình 3 là hình vẽ thể hiện sự khác nhau giữa mặt nạ quang học (a) và mặt nạ trực tiếp (b). Hình 3 a) thể hiện mặt nạ quang học chỉ cho phép ánh sáng truyền qua tại những vị trí không có nội dung “in”, mà không cho phép đầu ghim đi xuyên qua do có lớp vật liệu trong suốt bằng thủy tinh hoặc polymer chặn lại. Hình 3 b) cho thấy mặt nạ trực tiếp cho phép vật liệu đi xuyên qua tại những vị trí được khoét thủng;

Hình 4 là hình vẽ minh họa sự khác biệt giữa laze xung dài (bên trái) và xung ngắn (bên phải) khi tương tác với vật liệu. Laze xung dài sẽ làm phát sinh các vùng ảnh hưởng nhiệt, các phôi nóng chảy bám trên bề mặt sau khi tương tác, làm xuất hiện các vết nứt gãy trong lòng vật liệu... Trong khi với laze xung ngắn, các hiệu ứng không mong muốn đó được hạn chế tối đa, khiến cho vết tương tác có chất lượng tốt hơn;

Hình 5 là hình vẽ thể hiện quy trình phún xạ sử dụng mặt nạ kim loại trực tiếp theo các bước a, b, c, d. Trong đó: hình 5 a) thể hiện bước căn chỉnh vị trí mặt nạ lên để căn phún xạ, bước này có thể thực hiện với sự hỗ trợ của kính hiển vi hoặc kính lúp; tiếp theo, hình 5 b) thể hiện việc cố định mặt nạ lên đế tạm thời bằng băng dính chuyên dụng, để mặt nạ không bị xô lệch trong suốt quá trình phún xạ; hình 5 c) thể hiện quá trình phún xạ, các nguyên tử thoát ra từ bia sẽ lắng đọng lên đế và mặt nạ; cuối cùng, hình 5 d) thể hiện sau khi phún xạ, vật liệu từ bia sẽ lắng đọng lên đế tại các vị trí đã được khoét thủng trên mặt nạ.

Hình 6 là hình vẽ thể hiện ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích để chế tạo một cảm biến từ trường. Với cột hình bên trái là các thiết kế và các mặt nạ nhôm được chế tạo tương ứng là (a) và (b). Cột hình bên phải là sản phẩm hoàn thiện sau khi phún xạ sử dụng lần lượt 2 mặt nạ (a) và (b) này. Trong đó mặt nạ (a) được sử dụng để chế tạo các vật liệu làm cảm biến từ trường là 3 lớp Ta/NiFe/Ta, và mặt nạ (b) được sử dụng để chế tạo điện cực đồng Cu.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Sau đây, giải pháp hữu ích sẽ được mô tả chi tiết gồm hai quy trình: quy trình chế tạo mặt nạ kim loại sử dụng công cụ là máy khắc laze sợi quang; và quy trình đơn giản để sử dụng các mặt nạ kim loại đó trong kỹ thuật phún xạ.

Về quy trình chế tạo mặt nạ kim loại, các bước cần tiến hành với các yêu cầu kỹ thuật cụ thể như sau:

- (1) Chuẩn bị vật liệu: Thông qua thực nghiệm trên nhiều loại vật liệu khác nhau, nhóm tác giả nhận thấy vật liệu tối ưu nhất để làm mặt nạ là các tấm nhôm có chiều dày từ 100 micro-mét đến 150 micro-mét. Với chiều dày như vậy, có thể đảm bảo đủ dày để tạo độ cứng vững cho mặt nạ, đồng thời đủ mỏng cho việc cắt các chi tiết có kích thước cỡ vài trăm micro-mét tới vài mili-mét. Đồng thời nhôm là loại vật liệu dẫn nhiệt tốt, nên sẽ nhanh chóng khuếch tán lượng nhiệt tại vết cắt, tránh gây biến dạng nhiệt.
- (2) Ép phẳng vật liệu: Mặt nạ dùng trong kỹ thuật phun xạ phải có kích thước bao ngoài phù hợp với các đế silic hay thủy tinh vẫn thường dùng trong nghiên cứu khoa học, nên kích thước thông thường của các mặt nạ là dưới 50mmX50mm. Như vậy, các tấm nhôm được sử dụng phải có vùng kích thước phẳng tương ứng. Thông thường vì các tấm nhôm có kích thước mỏng như được mô tả trong bước 1 sẽ bị cong vênh do nhiều yếu tố, do vậy cần phải được ép phẳng trước khi đưa lên cắt trên máy laze. Để ép phẳng các tấm nhôm này, cần thiết phải sử dụng phương pháp ép cơ học, hoặc kết hợp ép cơ học và gia nhiệt để làm phẳng các tấm nhôm.
- (3) Ép vật liệu lên đế tản nhiệt: Trước khi cắt, tấm nhôm nên được đặt tiếp xúc với một khối vật liệu kim loại bằng nhôm khác với mặt tiếp xúc phẳng và nhẵn, rồi được ép chặt bằng các khối nặng ở xung quanh đường bao của vùng cắt. Việc này giúp giữ phẳng tấm nhôm trong suốt quá trình cắt, đồng thời có tác dụng tản nhiệt từ vết cắt ra phần đế tản nhiệt bên dưới.
- (4) Xử lý bề mặt và chiều dày tấm vật liệu: Như đã phân tích ở trên, độ phản xạ của tia laze phụ thuộc vào độ phẳng nhẵn của vật liệu. Nên cần một quá trình xử lý bề mặt để làm giảm độ phẳng nhẵn này. Nhóm tác giả sử dụng ngay máy khắc laze sợi quang để xử lý bề mặt, bằng cách khắc lướt nhanh vùng diện tích sẽ cắt mặt nạ. Thông số khắc được sử dụng là: công suất laze khoảng 15W, tốc độ quét 1000mm/s, tần số lặp lại của laze là 20KHz, khoảng cách giữa các đường khắc là 0,05mm. Mặt khác, do điều kiện thực tế, các tấm nhôm sử dụng sẽ có chiều dày lớn hơn từ 100-150 micro-mét như yêu cầu ở trên, thì có thể được làm mỏng đi bằng cách khắc lướt như dùng để xử lý bề mặt như trên. Với thông số khắc như vậy, mỗi lượt khắc sẽ làm mỏng tấm vật liệu nhôm khoảng 2-3 micro-mét. Do vậy, tùy chiều dày ban đầu của tấm vật liệu nhôm, mà lựa chọn số lần khắc sao cho chiều dày còn lại của tấm nhôm phù hợp với yêu cầu.

- (5) Cắt mặt nạ kim loại: Thiết kế của mặt nạ được nạp vào phần mềm điều khiển của máy laze. Thông số cắt tối ưu mà nhóm tác giả sử dụng là: công suất laze khoảng 25W, tốc độ quét 100mm/s, tần số 20KHz và số lần cắt là 20 lần. Điều quan trọng mà các thông số đó thực hiện được là đảm bảo đủ công suất để cắt thủng vật liệu, tuy nhiên tốc độ tia laze quét trên một đoạn bề mặt vật liệu là phải đủ nhanh để tránh hiện tượng sinh nhiệt cục bộ. Nếu quét tốc độ thấp và công suất cao để cắt đứt vật liệu ngay từ ban đầu, thì sẽ sinh ra hiện tượng cong vênh do nhiệt. Do vậy, thông qua thực nghiệm nhóm tác giả rút ra kết luận là sử dụng tốc độ cao, công suất lớn và quét nhiều lần sẽ cắt được mặt nạ với chất lượng cao nhất. Đường bao ngoài cùng của mặt nạ nên được cắt riêng sau cùng khi các chi tiết bên trong đã được cắt xong.
- (6) Rung siêu âm làm sạch mặt nạ kim loại: Sau quá trình cắt, sẽ có các muối xỉ vật liệu bám trên bề mặt tấm mặt nạ, cũng như các cạnh cắt. Do vậy cần phải xử lý để loại bỏ các vật liệu này, tránh việc làm nhiễm bẩn cho các quá trình phun xạ về sau. Rung siêu âm tấm mặt nạ trong môi trường nước hoặc dung môi cồn/acetone trong khoảng 10-15 phút là tối ưu nhất, vì việc lau rửa bằng cách phương pháp tiếp xúc khác rất dễ làm hỏng các chi tiết nhỏ ở trên mặt nạ. Sau khi rung siêu âm, sấy khô mặt nạ để sẵn sàng cho các bước tiếp theo.

Trên đây là 6 bước được nhóm tác giả đề xuất để có một quy trình chế tạo mặt nạ bằng kim loại. Tuy nhiên tùy điều kiện thực tế mà có thể cắt giảm một số bước như bước số 2 có thể bỏ qua nếu tấm vật liệu đã đủ phẳng; hay bước số 4 có thể bỏ qua quá trình khắc làm mỏng vật liệu nếu vật liệu ban đầu đã có chiều dày đạt yêu cầu.

Để thực hiện việc xử lý làm nhám bề mặt và cắt tạo hình mặt nạ như trên, laze sợi quang với bước sóng 1064 nm được lựa chọn vì có hệ số hấp thụ phù hợp với các vật liệu kim loại, công suất laser tối đa 30 W là vừa đủ cho các mục đích nêu trên; tần số Q-switch là 20 MHz để cho xung laze cỡ 37 nano giây nhằm hạn chế hiệu ứng nhiệt làm biến dạng mặt nạ; đường kính chùm laser tới là 10mm và tiêu cự thấu kính f-theta 160mm sẽ thu được vết laze hội tụ cỡ 21 micro-mét, thích hợp để cắt các chi tiết có kích thước cỡ mili-mét; tần số lặp lại đối với loại laze này điều chỉnh trong khoảng từ 20 đến 80 kHz.

Sau khi chế tạo được các mặt nạ trực tiếp, có thể ứng dụng trực tiếp vào kỹ thuật phun xạ như mô tả trên hình 5. Mặt nạ được căn chỉnh vào vị trí phù hợp trên đế, sau đó

cố định tạm thời và đưa vào buồng phún xạ. Khi đó vật liệu từ bia sẽ lắng đọng lên trên cả mặt nạ và đế, tuy nhiên chỉ những vị trí đã được khoét thủng trên mặt nạ thì vật liệu mới có thể đi xuyên qua đế lắng đọng trên đế.

Theo một phương án ưu tiên thực hiện, giải pháp hữu ích đề xuất quy trình sử dụng các mặt nạ kim loại vào kỹ thuật phún xạ như được minh họa cụ thể như trên hình 5. Quy trình này bao gồm các bước sau:

- (1) Mặt nạ kim loại sau khi được cắt và xử lý sạch sẽ được đặt nhẹ nhàng lên bề mặt của đế và căn chỉnh vào vị trí phù hợp đã được xác định từ trước. Quá trình này có thể được thực hiện với sự hỗ trợ của kính hiển vi hoặc kính lúp. Để quá trình này được thực hiện nhanh chóng cũng như thuận lợi cho các bước tiếp theo, kích thước bao ngoài của mặt nạ và của đế nên được chế tạo giống nhau. Như vậy, nếu các quá trình chế tạo trước đó được thực hiện chính xác thì ở bước này, mặt nạ và đế có thể đặt trùng lên nhau là đạt yêu cầu. Mặt nạ cũng có thể chế tạo với đường bao ngoài nhỏ hơn đế một chút để đảm bảo bù sai số cộng dồn trong các quá trình chế tạo trước đó.
- (2) Sau khi mặt nạ đã được căn chỉnh vào vị trí chính xác, sử dụng các loại băng dính chuyên dụng vẫn được sử dụng trong phòng sạch và kỹ thuật phún xạ để cố định vị trí. Lưu ý không để băng dính che khuất những chi tiết trên mặt nạ.
- (3) Đặt đế có gắn mặt nạ kim loại trực tiếp ở trên vào buồng phún xạ và tiến hành phún xạ vật liệu như mong muốn. Trên hình 5c, ví dụ như vật liệu phún xạ là vàng, thì các phân tử vàng đang lắng đọng lên đế có gắn mặt nạ.
- (4) Sau khi kết thúc quá trình phún xạ, các băng dính dùng để cố định mặt nạ ở bước 2 được bóc ra nhẹ nhàng. Lúc này, trên đế sẽ có thêm các chi tiết (bằng vàng như ví dụ ở bước 3). Mặt nạ lúc này có thể vệ sinh và cất giữ cẩn thận cho các lần thực hiện phún xạ tiếp theo.

Như vậy có thể thấy các bước tiến hành như trên để tạo ra và sử dụng được một mặt nạ sử dụng trong phún xạ để chế tạo các chi tiết cỡ mili-mét là đơn giản và tiết kiệm chi phí hơn rất nhiều so với các bước của quy trình quang khắc.

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Hình 6 thể hiện ví dụ thực tế ứng dụng quy trình chế tạo và sử dụng mặt nạ trực tiếp bằng kim loại vào kỹ thuật phún xạ để chế tạo các thanh cảm biến từ trường với

các lớp vật liệu Ta/NiFe/Ta, cũng như điện cực Cu. Xuất phát từ thiết kế ban đầu bằng các phần mềm đồ họa, các mặt nạ nhôm có chiều dày 150 micro-mét được cắt bằng quy trình được mô tả ở trên và được sử dụng vào quy trình phún xạ. Mặt nạ (a) dùng để chế tạo lần lượt các lớp vật liệu là Ta, NiFe và Ta là các lớp vật liệu nhảy từ dùng để chế tạo cảm biến từ trường. Mặt nạ (b) dùng để chế tạo các điện cực đồng để kết nối các thanh vật liệu nhảy từ được chế tạo trước đó, cũng như kết nối tới mạch điện ngoài.

Như vậy có thể thấy, chỉ bằng việc sử dụng các mặt nạ kim loại được chế tạo rất đơn giản bằng các quy trình mô tả trên đây, một cảm biến từ trường đã được chế tạo thành công. Các kết quả khảo sát và đo đạc đều cho thấy các tính năng kỹ thuật của cảm biến từ trường đều được đáp ứng đầy đủ. Điều đó chứng minh được khả năng ứng dụng thực tế của giải pháp hữu ích này.

Hiệu quả đạt được của giải pháp hữu ích

Nhờ việc thực hiện chế tạo mặt nạ kim loại bằng quy trình công nghệ theo giải pháp hữu ích mà việc chế tạo các chi tiết bằng kỹ thuật phún xạ có thể được thực hiện trong điều kiện kỹ thuật cơ bản, thời gian chế tạo được rút ngắn đi và chi phí sản xuất thấp. Việc thực hiện giải pháp cũng hết sức đơn giản dựa vào chủ yếu là các máy khắc laze sợi quang hiện đang được sử dụng rộng rãi. Nhờ đó mà các nhà nghiên cứu và sản xuất sử dụng tới kỹ thuật phún xạ có thể thực hiện rất dễ dàng. Như đã biết, các mặt nạ quang dùng trong kỹ thuật phún xạ có chi phí rất lớn, cùng với đó là việc thực hiện các quy trình quang khắc tiêu chuẩn đòi hỏi máy móc, trang thiết bị và chi phí rất lớn. Cùng với đó là việc sai sót trong quá trình thiết kế mặt nạ có thể làm hỏng quá trình phún xạ và buộc phải thực hiện tất cả các bước từ đầu, nên kỹ thuật phún xạ sử dụng quy trình quang khắc thường rất tốn kém, mất thời gian và tiềm ẩn nhiều rủi ro. Sử dụng phương án chế tạo mặt nạ kim loại trực tiếp để phún xạ như được mô tả trong giải pháp hữu ích không chỉ giúp chế tạo được một số các chi tiết có kích thước cỡ mili-mét mà trong nhiều trường hợp có thể sử dụng như là một phương án chế tạo mẫu thử (prototype) trước khi đặt hàng các mặt nạ quang chuyên dụng cho quy trình quang khắc.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình chế tạo các mặt nạ kim loại sử dụng các máy khắc lazer sợi quang ứng dụng trong kỹ thuật phún xạ để chế tạo các chi tiết có kích thước cỡ mili-mét bao gồm các bước sau:

chuẩn bị các tấm kim loại nhôm có chiều dày từ 100 micro-mét tới 150 micro-mét, kích thước bao ngoài trong khoảng 50mm x 50mm;

ép phẳng các tấm nhôm bằng phương pháp ép cơ học hoặc ép cơ học kết hợp với gia nhiệt;

ép tấm nhôm cần cắt mặt nạ lên bề mặt khối kim loại phẳng nhẵn để giữ phẳng và tản nhiệt cho tấm mặt nạ trong suốt quá trình cắt;

xử lý làm nhám bề mặt tấm nhôm bằng cách khắc lướt trên bề mặt nhôm ở vùng cần cắt mặt nạ; hoặc khắc lướt nhiều lần để làm mỏng tấm nhôm tới chiều dày mong muốn; cụ thể là, thông số khắc để làm mỏng vật liệu mỗi lượt khắc từ 2-3 micro-mét: công suất lazer là 15 W, tốc độ quét 1000 mm/s, tần số 20 kHz, khoảng cách giữa các đường khắc là 0,05 mm;

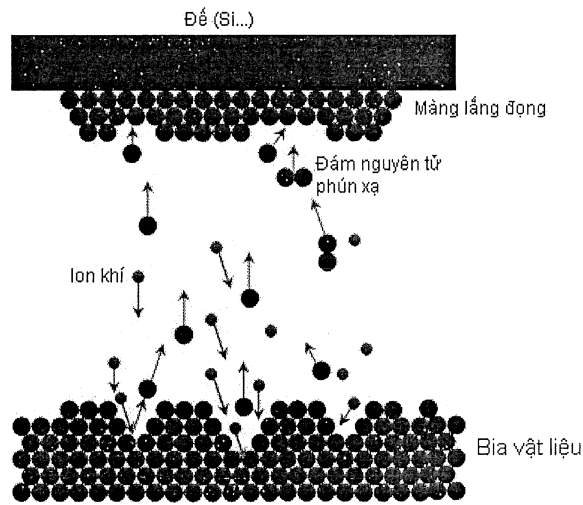
cắt tạo hình mặt nạ theo thiết kế ban đầu bằng máy khắc lazer sợi quang nhờ phần mềm điều khiển chuyên dụng theo máy, máy khắc lazer sợi quang phát ra xung lazer cỡ nano giây, trong quá trình cắt công suất lazer đủ cao, tốc độ đủ lớn và cắt nhiều lần để đảm bảo không phát sinh nhiệt cục bộ tại các vết cắt; cụ thể là, thông số cắt: công suất lazer 25W, tốc độ cắt 100 mm/s, tần số 20 kHz, số lần cắt là 20 lần; và sau khi cắt:

rung siêu âm để làm sạch mặt nạ, sấy khô mặt nạ trước khi sử dụng cho các công đoạn tiếp theo.

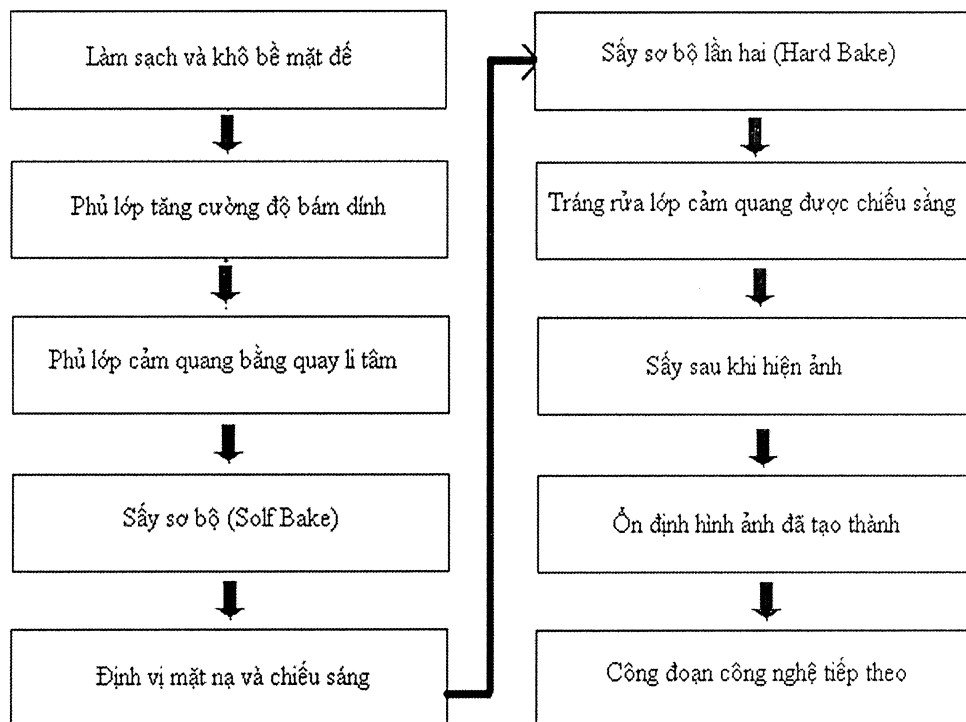
2. Quy trình chế tạo mặt nạ kim loại theo điểm 1, trong đó sử dụng máy lazer sợi quang khắc thương mại có thông số kỹ thuật cơ bản: công suất tối đa 30W, tần số Q-switch là 27MHz, đường kính chùm lazer tối đa là 10mm, sử dụng phương án quét tia bằng đầu quét Galvo với tiêu cự của thấu kính f-theta là 160mm, tần số điều biến từ 20-80KHz.

3. Quy trình chế tạo mặt nạ kim loại theo điểm 1, trong đó thông số kỹ thuật của bước khắc lứt để xử lý bề mặt và làm mỏng tấm kim loại là: công suất laze khoảng 15W, tốc độ quét 1000mm/s, tần số lặp lại của laze là 20KHz, khoảng cách giữa các đường khắc là 0,05mm.

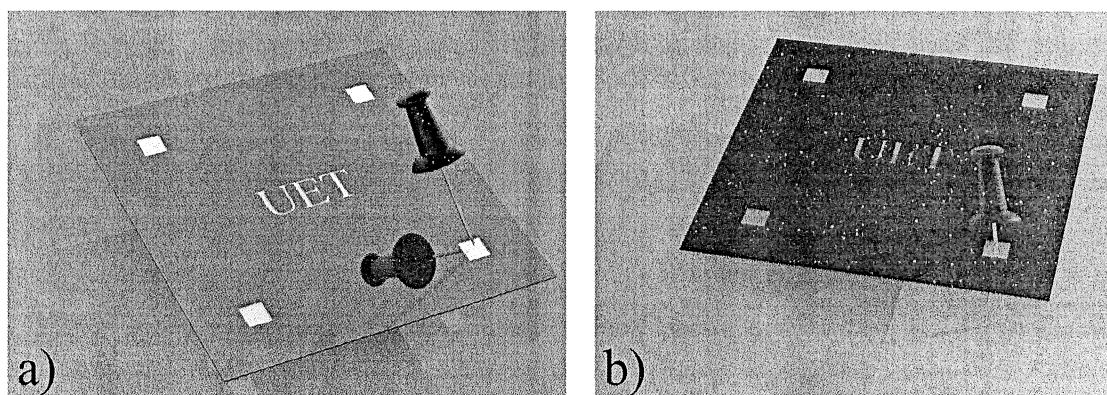
4. Quy trình chế tạo mặt nạ kim loại theo điểm 1, trong đó thông số kỹ thuật của bước cắt đứt tấm kim loại là: công suất laze khoảng 25W, tốc độ quét 100mm/s, tần số 20KHz và số lần cắt là 20 lần.



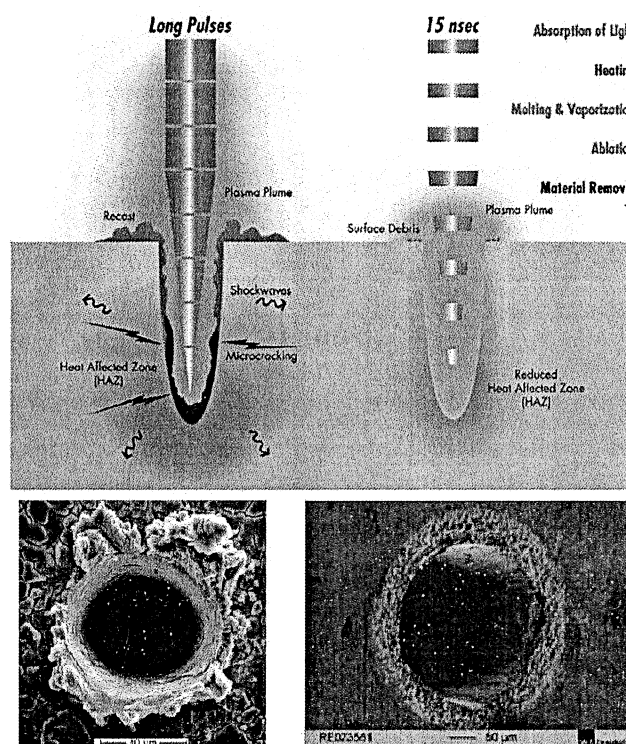
Hình 1



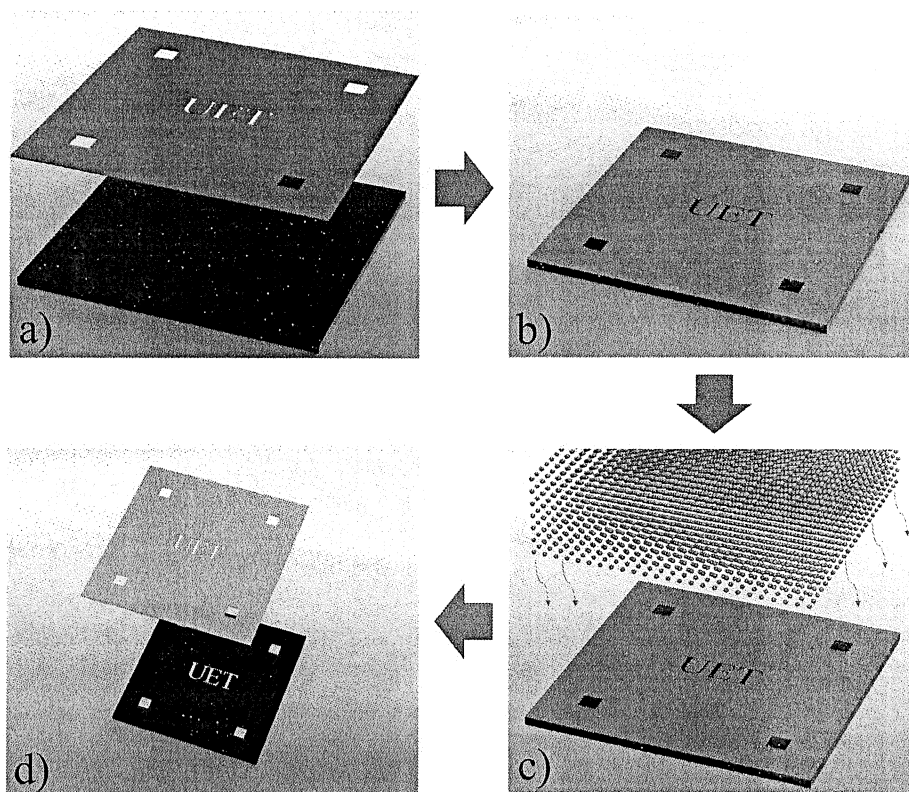
Hình 2



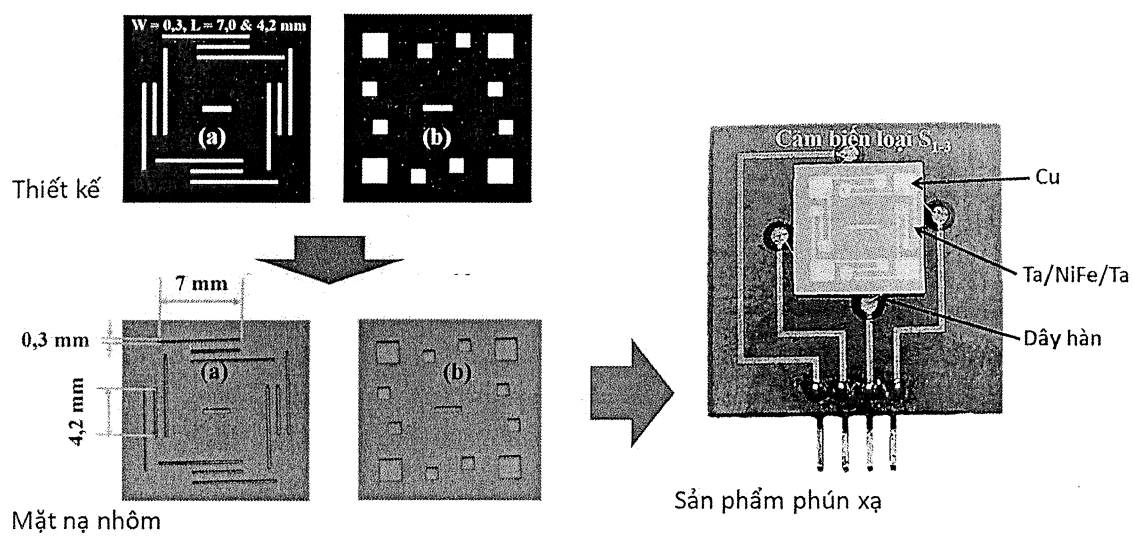
Hình 3



Hình 4



Hình 5



Hình 6