



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

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

(11)



1-0039160

(51)⁷ F01D 5/00; C01D 1/00

(13) B

(21) 1-2019-01410

(22) 20/03/2019

(45) 25/03/2024 432

(43) 27/05/2019 374A

(73) Tập đoàn Công nghiệp - Viễn thông Quân đội (VN)

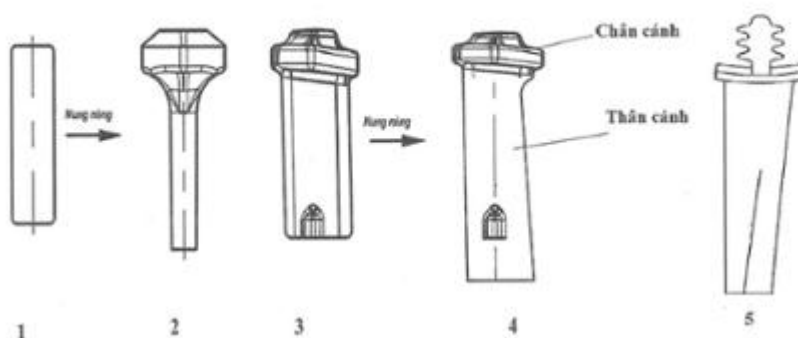
Số 1 đường Trần Hữu Dực, phường Mỹ Đình 2, quận Nam Từ Liêm, thành phố Hà Nội

(72) Nguyễn Phi Minh (VN); Đinh Xuân Bằng (VN); Chu Duy Lành (VN); Nguyễn Văn Lợi (VN); Lê Văn An (VN).

(74) Công ty TNHH Tư vấn Quốc Dân (NACILAW)

(54) QUY TRÌNH CHẾ TẠO CÁNH LÁ MÁY NÉN TỪ HỢP KIM TI-TAN BẰNG CÔNG NGHỆ BIẾN DẠNG ĐẲNG NHIỆT

(57) Sáng chế đề xuất quy trình chế tạo cánh lá máy nén từ hợp kim ti-tan bằng phương pháp biến dạng đẳng nhiệt, bao gồm các bước: bước 1: gia công và tiền xử lý phôi trụ, bước 2: nung phôi trong lò điện trở có khí bảo vệ, bước 3: dập thể tích trên khuôn thô lần 1 và lần 2, bước 4: nung phôi trong lò điện trở có khí bảo vệ, bước 5: dập thể tích trên khuôn tinh, bước 6: dập khuôn cắt, bước 7: mài tổng thể phôi, mài sửa hình dạng khí động, bước 8: gia công chân cánh lá máy nén, bước 9: kiểm tra hình học cánh lá bước 10: kiểm tra thâm thấu huỳnh quang, bước 11: phun phủ tăng bền bề mặt cánh, bước 12: đánh số, bảo quản, đóng gói.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến quy trình chế tạo cánh lá máy nén từ hợp kim ti-tan bằng phương pháp biến dạng đẳng nhiệt. Sáng chế được áp dụng trong quá trình sản xuất động cơ tua-bin phản lực, ứng dụng trong nhiều lĩnh vực công nghiệp như hàng không vũ trụ, công nghệ đóng tàu, năng lượng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Động cơ tua-bin phản lực có ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực đặc biệt được sử dụng trong các lĩnh vực như hàng không – vũ trụ, công nghệ đóng tàu và năng lượng. Máy nén có nhiệm vụ làm tăng áp suất của dòng khí đi vào buồng cháy để cho quá trình cháy và quá trình trao đổi năng lượng sau buồng cháy đạt hiệu quả tốt nhất. Áp suất trong máy nén tăng dần từ 4-12 atm. Cánh lá máy nén là các chi tiết có cấu tạo đặc biệt có góc vắn ở thân cánh lớn và độ nhám bề mặt thấp.

Theo đánh giá của các chuyên gia, nguyên công chế tạo cánh lá máy nén chiếm khoảng 40% tổng công chế tạo toàn bộ động cơ. Môi trường làm việc tại máy nén có nhiệt độ đạt tới 600 - 700°C và môi trường ăn mòn mạnh nên cánh lá máy nén thường được làm từ hợp kim ti-tan.

Cánh lá máy nén làm từ hợp kim ti-tan có thể sản xuất bằng các phương pháp như ép chảy, đúc chân không, phay-tiện. Tuy nhiên, các phương pháp này đều có hệ số sử dụng vật liệu thấp hơn nhiều so với phương pháp biến dạng đẳng nhiệt được áp dụng. Giá thành cao của hợp kim ti-tan dẫn tới ưu thế của việc áp dụng phương pháp biến dạng đẳng nhiệt so với các phương pháp khác khi chế tạo cánh lá từ hợp kim ti-tan. Một số phương pháp nêu trên khi áp dụng đối với máy nén cao áp còn bộc lộ nhiều nhược điểm ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm đầu ra.

- Tổ chức kim loại không mịn chặt, giảm khả năng tạo tổ chức thớ tăng cơ tính.
- Độ nhẵn, độ chính xác thấp, tiêu hao vật liệu.
- Khó cơ khí, tự động hóa, gia công có năng suất thấp, tăng giá thành.

Xuất phát từ việc phân tích các chỉ tiêu về hiệu quả kinh tế, đồng thời khắc phục những nhược điểm hiện có, sáng chế đề xuất quy trình chế tạo cánh lá máy nén động cơ tua-

bin phản lực từ hợp kim ti-tan bằng phương pháp biến dạng đẳng nhiệt ứng dụng trong lĩnh vực hàng không vũ trụ, đóng tàu và năng lượng.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất quy trình chế tạo cánh lá máy nén từ hợp kim ti-tan bằng phương pháp biến dạng đẳng nhiệt. Quy trình được đề xuất cho phép chế tạo cánh lá máy nén nhanh, số lượng lớn và độ chính xác cao. Đồng thời, phương pháp đề xuất khi áp dụng để chế tạo cánh lá máy nén cao áp chuyên biệt thể hiện được ưu thế vượt trội ở chất lượng sản phẩm đầu ra. Để đạt được mục đích trên, quy trình chế tạo cánh lá máy nén từ hợp kim ti-tan bằng phương pháp biến dạng đẳng nhiệt bao gồm các bước:

Bước 1: gia công và tiền xử lý phôi trụ; trước khi nung từ 1,5 - 2 giờ, phôi ti-tan được phủ một lớp ce-ra-míc lên bề mặt với thành phần chính theo % khối lượng là 37% SiO_2 , 8% B_2O_3 , 30% Na_2O , 25% TiO_2 , trong đó phôi ti-tan là phôi hình trụ được cắt ra từ thanh ti-tan có thành phần vật liệu, kích thước phù hợp với kích thước cánh lá và có dạng hình trụ, kích thước từ 15 đến 100 mm; sau khi gia công và tiền xử lý phôi trụ, 1,5 - 2 giờ sau sẽ bắt đầu tiến hành nung.

Bước 2: nung phôi trong lò có khí bảo vệ; cụ thể là lò nung điện trở hoặc lò nung cảm ứng có khí trơ bảo vệ, thường sử dụng khí Ar, tùy thuộc vào mức hợp kim ti-tan và yêu cầu kỹ thuật, có thể rèn và dập nóng ở các nhiệt độ khác nhau trong giới hạn từ 930°C đến 1000°C, thời gian nung từ 10-15 phút;

Bước 3: dập thể tích trong khuôn thô lần 1 và lần 2; sử dụng lòng khuôn thô và máy ép thủy lực hoặc máy búa (phần làm việc chứa lòng khuôn được nung nóng bằng dòng điện cảm ứng với nhiệt độ khoảng 350-420°C, kết hợp với dòng khí Ar bảo vệ, lực ép của máy từ 1000 tấn trở lên);

Bước 4: nung phôi trong lò có khí bảo vệ; một lần nữa phôi được phủ lớp ce-ra-míc bảo vệ rồi đưa vào lò nung lại trong thời gian 10-15 phút;

Bước 5: dập thể tích trên khuôn tinh; cụ thể cánh được dập trên khuôn hờ, không tiến hành phun chất bôi trơn lên thành khuôn mà chỉ sử dụng chất bôi trơn đã có trên phôi sau khi nung, sử dụng lòng khuôn tinh (lòng khuôn hờ, có lượng dư gia công nhỏ nhất so với cánh lá thiết kế) và máy ép thủy lực hoặc máy búa (có phần làm việc chứa lòng khuôn được nung nóng bằng dòng điện cảm ứng với nhiệt độ khoảng 350 – 420°C, kết hợp với khí Ar bảo vệ, lực ép của máy từ 1000 tấn trở lên); chi tiết được tạo ra sau một lần dập;

Bước 6: dập tạo kích thước trên khuôn cắt; cánh lá được đưa vào máy dập cắt để cắt chính xác hình dạng thân cánh, giữ nguyên hình dạng của phần chân cánh, trong đó thiết bị sử dụng là khuôn dập cắt và máy ép dập có chứa chày và cối khuôn dập cắt, máy được lựa chọn cần thỏa mãn lực hoặc của máy phải lớn hơn hoặc bằng lực cắt hoặc công cắt tính toán sơ bộ;

Bước 7: mài tổng thể phôi; mài sửa hình dạng khí động của thân cánh, cụ thể, thực hiện sửa chữa cánh lá bằng phương pháp mài dải và mài tổng thể thân cánh;

Bước 8: gia công chân cánh lá máy nén; bao gồm bước đổ khuôn thân cánh để tránh bị ảnh hưởng đến kết cấu thân cánh và bước gia công chân cánh;

Bước 9: kiểm tra hình học bề mặt thân cánh; bằng máy đo tọa độ 4-5 trục (CMM), việc kiểm tra hình học được tiến hành sau các bước 3, bước 5, bước 6, bước 7, bước 8 trong quy trình chế tạo để kiểm tra xem chi tiết sau các nguyên công trên có đạt hình dáng yêu cầu đề ra hay không;

Bước 10: kiểm tra thẩm thấu huỳnh quang; cụ thể cần ngâm vào bể siêu âm để tẩy sạch bề mặt bề mặt chi tiết thời gian 1-2 phút; ngâm vào bể dung dịch huỳnh quang trong thời gian 10 phút; chi tiết được rửa sạch nhanh bằng nước và sấy khô trong buồng sấy; kiểm tra dưới ánh sáng tia tử ngoại trong buồng tối;

Bước 11: phun phủ tăng bền trong chế tạo cánh lá máy nén; sử dụng súng phun hồ quang plas-ma kết hợp với đồ gá cánh xoay và vật liệu phủ vật liệu phủ được sử dụng là bao gồm ba lớp: lớp 1: Ni+5%Al; lớp 2: Cu+36%Ni+ 5%In; lớp 3: Ni+20%C; trong quá trình phun, độ dày mỗi lớp phủ từ 10-50 μm ;

Phương pháp phun được áp dụng là hồ quang plas-ma. Trong quá trình phủ lớp 1 sử dụng hỗn hợp khí Ar+He dẫn plas-ma, trong quá trình phủ lớp 2 và 3 sử dụng hỗn hợp khí Ar + H₂ dẫn plas-ma, khí tải mang bột phủ là khí Ar. Do các lớp phủ rất mỏng sau mỗi lần phun phủ nên các quá trình diễn ra liên tục, cho đến khi đạt kích thước yêu cầu.

Bước 12: đánh số, bảo quản, đóng gói.

Mô tả tóm tắt các hình vẽ

Hình 1 là sơ đồ đơn giản một động cơ tua-bin phản lực;

Hình 2 là hình vẽ thể hiện quy trình chế tạo cánh lá máy nén bằng công nghệ biến dạng đẳng nhiệt;

Hình 3 là hình vẽ thể hiện sự biến hình của phôi sau từng nguyên công dập;

Hình 4 là hình vẽ thể hiện sự thay đổi của phôi trước và sau khi mài mép;

Hình 5 là hình vẽ thể hiện cánh lá sau khi dập cắt;

Hình 6 là hình vẽ thể hiện ví dụ kết quả kiểm tra huỳnh quang hai mẫu cánh.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phần sau đây mô tả rõ ràng và đầy đủ quy trình chế tạo cánh lá máy nén từ hợp kim titan bằng phương pháp biến dạng đẳng nhiệt khi đã thiết kế và chế tạo xong phần khuôn đúc của các phôi dập. Phần mô tả sau đây của phương án chỉ là ví dụ mà không phải là tất cả phương án có thể của sáng chế. Các sửa đổi và biến thể khác nhau của sáng chế mà không có bất kỳ nỗ lực sáng tạo nào sẽ nằm trong phạm vi bảo hộ của sáng chế:

Tham chiếu Hình 2, dưới đây thể hiện một quy trình chế tạo cánh lá máy nén khi đã có các loại khuôn tương ứng với các nguyên công dập thể tích. Cụ thể:

Bước 1: gia công và tiền xử lý phôi trụ;

Phôi ti-tan là là phôi hình trụ được cắt ra từ thanh ti-tan có thành phần vật liệu và kích thước phù hợp với kích thước cánh lá dập. Phôi có dạng hình trụ, kích thước từ 15 đến 100 mm. Do đặc tính của hợp kim ti-tan là oxi hóa mạnh, dễ bão hòa khí và bám dính vào các dụng cụ chế tạo. Vậy nên, từ 1,5 - 2 giờ trước khi bắt đầu nung, phôi ti-tan được phủ một lớp ce-ra-míc lên bề mặt với thành phần chính theo% khối lượng là 37% SiO₂, 8% B₂O₃, 30% Na₂O, 25% TiO₂.

Ce-ra-míc bảo vệ bề mặt phôi ti-tan trong quá trình nung, giúp giảm bớt tốc độ oxi hóa khi nung, trong lò và hỗ trợ quá trình bôi trơn khi dập phôi thổi. Lớp phủ ce-ra-míc dùng trong đảm bảo kích thước hạt phủ nhỏ hơn 80µm.

Thể tích phôi được tính theo công thức:

$$V_{ph} = k (V_{vd} + V_{pl})$$

Trong đó:

V_{ph} : thể tích phôi.

V_{vd} : thể tích vật dập, được tính theo bản vẽ vật dập ở trạng thái nguội.

V_{pl} : thể tích toàn bộ các dạng phế liệu.

k: hệ số tính đến lượng kim loại bị cháy trong các quá trình nung phôi khi dập.

Bước 2: nung phôi trong lò điện trở có khí bảo vệ;

Quá trình nung phôi lên nhiệt độ cao trong lò nung điện trở hoặc lò nung cảm ứng có khí trơ bảo vệ, thường sử dụng khí Ar. Chủ đích của biện pháp này làm giảm nồng độ oxy tồn tại trong lòng lò khi nung. Khí được đưa vào khi đóng cửa lò. Tùy thuộc vào mác hợp kim ti-tan và yêu cầu kỹ thuật, có thể rèn và dập nóng ở các nhiệt độ khác nhau trong giới hạn từ 930°C đến 1000°C (Bảng 1).

Bảng 1: chế độ nhiệt dành cho một số hợp kim ti-tan thường dùng

Mác hợp kim	Nhiệt độ nung phôi trong lò, °C	Nhiệt độ phôi trên khuôn °C
Ti-6Al-4V	950-970 °C	870-920 °C
Ti-6Al-2,5Mo-2Cr-0,3Si-0,5Fe	930-950 °C	870-920 °C
Ti-6Al-3Mo-1,5Zr-0,25Si	950-970 °C	920-950 °C
Ti-2,5Al-5Mo-5V	980-1000 °C	900-980 °C
Ti-5Al-3Sn-3Zr-1Nb	980-1000 °C	940-980°C

Trong quá trình nung sử dụng lò điện trở để nung phôi, lòng lò có bố trí các thanh nung là nguồn cấp nhiệt cho quá trình nung. Thời gian nung từ 10-15 phút. Do phôi có kích thước nhỏ nên hoàn toàn có thể chất ngay vào lò có nhiệt độ cao liên tục để tăng hiệu suất công nghiệp của quá trình. Trước khi nung cũng như trong quá trình nung cần kiểm tra thông số làm việc của lò để đảm bảo nhiệt độ trong lò đạt như yêu cầu đề ra trong Bảng 1.

Bước 3: dập thể tích trên khuôn thô lần 1 và lần 2;

Quá trình dập thể tích là quá trình dùng một lực cưỡng bức làm điền đầy các khoảng trống lòng khuôn. Xuất phát từ các tính toán kinh tế và công nghệ ta thấy rằng, cánh lá có phần kích thước mép cánh nhỏ, yêu cầu độ chính xác cao. Vậy nên, cần chia quá trình biến dạng từ phôi trụ đến cánh lá ra các hình dạng phôi trung gian (khuôn thô) giúp cho phôi dần thích nghi với lòng khuôn, tạo ra được sản phẩm có kích thước như mong muốn. Ngoài ra, còn giúp giảm lực dập yêu cầu đối với quá trình dập như vậy dễ dàng chọn máy dập phù hợp hơn.

Quy trình chế tạo cánh lá trong sáng chế này bao gồm bốn nguyên công dập (bước 3, bước 5, bước 6) trong đó có hai nguyên công dập thể tích trong khuôn thô tại bước 3. Việc

thực hiện hai nguyên công dập thể tích trên khuôn thô liên tiếp nhau làm giảm số lần nung phôi.

Trang bị của quá trình dập thể tích trên khuôn thô bao gồm máy dập và lòng khuôn thô. Cấu tạo lòng khuôn thô gần giống lòng khuôn tinh nhưng có những điểm khác như: Các bán kính góc lượn lòng khuôn thô lớn hơn ở lòng khuôn tinh; lòng khuôn thô không có rãnh thoát biên; cao lòng khuôn thô phải lớn hơn chiều cao vật dập để khi dập trên lòng khuôn tinh có một lượng biến dạng về chiều cao; chiều rộng các lòng khuôn thô phải nhỏ hơn chiều rộng lòng khuôn tinh, khuôn thô bước trước nhỏ hơn khuôn thô bước sau để có thể đặt bán thành phẩm (đã qua lòng khuôn thô) vào lòng khuôn tinh được dễ dàng; góc nghiêng thành lòng khuôn thô có thể lớn hơn, bằng hoặc nhỏ hơn góc nghiêng thành lòng khuôn tinh.

Các công đoạn trong bước dập thể tích trong khuôn thô.

Công đoạn 3.1: phun chất bôi trơn lên khuôn;

Trong quá trình dập phôi hợp kim ti-tan việc sử dụng các chất bôi trơn giảm ma sát là không thể thiếu. Bởi vì, hợp kim ti-tan là những vật liệu bị oxi hóa mạnh và bão hòa khí, ở nhiệt độ cao hợp kim ti-tan còn bám dính vào các công cụ chế tạo.

Thiết bị sử dụng trong quá trình là đầu lót phun khuôn và chất bôi trơn.

Đầu phun lót khuôn: đầu phun giúp xé nhỏ dung dịch lót khuôn thành các hạt dung dịch nhỏ, đồng thời dòng hỗn hợp khí – dung dịch đi ra với áp suất từ 7-8 bar giúp loại bỏ các chất bẩn bám trên bề mặt khuôn, góc phun 45-60°. Thời gian phun 1s, lưu lượng 12g/s.

Chất bôi trơn dành cho các loại hợp kim ti-tan có thể chia làm ba nhóm chính:

- Chất bôi trơn rắn: Không thay đổi trạng thái trong quá trình dập.
- Chất bôi trơn dạng màng và Chất bôi trơn gốc thủy tinh, là loại chảy lỏng trong quá trình ép.

Để đảm bảo việc bảo vệ phôi trong quá trình nung cũng như quá trình ép được đồng nhất hiện nay ưu tiên sử dụng các loại chất bôi trơn gốc thủy tinh vừa là lớp bảo vệ phôi khi nung vừa phun vào bề mặt khuôn trong quá trình ép.

Các loại chất bôi trơn dành cho hợp kim ti-tan phổ biến: Oxylub 327, Oxylub 709 vv

Khi có chất bôi trơn, nhờ vào đặc tính có độ dẫn nhiệt thấp, khi nằm ở giữa phôi và cối ép đảm bảo phôi không bị dính vào cối khuôn cũng như chày khuôn.

Phôi trụ sau khi nung nóng được đưa vào khuôn dập phôi dập thô hai lần, lòng khuôn thô có nhiệm vụ làm giảm cường độ làm việc của lòng khuôn tinh, phôi dập qua lòng khuôn thô có hình dáng gần giống vật dập và có một lớp ba-via được tạo ra từ khe hở giữa hai mặt biên.

Công đoạn 3.2: dập trong lòng khuôn thô lần 1;

Trong lần dập thô thứ nhất phôi thay đổi hình dáng từ dạng trụ sang hình dạng phôi thứ hai (tham chiếu Hình 3). Phôi sau khi dập phân bố lại thể tích theo chiều dọc, phôi chia làm hai phần chân cánh và thân cánh. Phôi có hình dạng đối xứng, góc nghiêng thành lòng khuôn lớn nhất trong các phôi dập thể tích.

Thể tích phôi dập được tính theo công thức

$$V_{Ph} = k (V_{vd} + V_{pl})$$

Trong đó:

V_{Ph} : thể tích phôi.

V_{vd} : thể tích vật dập, được tính theo bản vẽ vật dập ở trạng thái nguội.

V_{pl} : thể tích toàn bộ các dạng phế liệu.

k : hệ số tính đến lượng kim loại bị cháy trong các quá trình nung phôi khi dập.

Bước này sử dụng lòng khuôn thô là lòng khuôn có hai nửa được thiết kế dạng khuôn hở có tác dụng làm giảm nhiệm vụ, cường độ làm việc của lòng khuôn tinh, để tăng tuổi thọ của lòng khuôn tinh. Nguyên công được thực hiện trên máy búa có phần làm việc chứa lòng khuôn, cả khối được nung nóng bằng dòng điện cảm ứng với nhiệt độ khoảng 350 – 420°C, xung quanh khuôn có bảo vệ bằng khí Ar tốc độ 10 lít/ phút. Lực ép của máy từ 1000 tấn trở lên.

Công đoạn 3.3: dập trong lòng khuôn thô lần 2;

Trong lần dập thể tích thứ 2, phôi thay đổi hình dạng từ trạng thái thứ hai sang trạng thái thứ ba (tham chiếu Hình 3). Lúc này từ phôi tiếp tục được phân bố lại theo chiều ngang. Chân cánh và thân cánh được phân bố lại cho gần hơn với hình dạng cuối cùng của nguyên công dập. Phôi dập lần hai đã hình thành dạng thân cánh dài ra, góc nghiêng của phôi ở phần chân cánh giảm đi so với phôi dập thô lần 1.

Thiết bị sử dụng trong quá trình:

▫ Lòng khuôn dập thô 2: là lòng khuôn có hai nửa được thiết kế dạng khuôn hở có nhiệm vụ làm giảm nhiệm vụ, cường độ làm việc của lòng khuôn tinh, để tăng tuổi thọ của lòng khuôn tinh. Phôi dập qua lòng khuôn thô có hình dáng gần giống vật dập, có một lớp ba via được tạo ra từ khe hở giữa hai mặt biên.

▫ Nguyên công được thực hiện trên máy ép thủy lực hoặc máy búa có phần làm việc chứa lòng khuôn, cả khối được nung nóng bằng dòng điện cảm ứng với nhiệt độ khoảng 350 – 420°C, xung quanh khuôn có bảo vệ bằng khí Ar tốc độ 10 lít/ phút. Lực ép của máy từ 1000 tấn trở lên.

Công đoạn 3.4: Mài mép cạnh phôi thô;

Quá trình mài mép cạnh phôi thô khuôn hở được thực hiện để loại bỏ ba-via sau khi dập khuôn hở, được thực hiện trên máy mài thông thường có trục máy nằm dọc. Phôi thô sau khi mài có hình dạng và phân bố vật liệu gần giống cánh lá chế tạo. Hình 4 mô tả một cánh lá trước và sau khi mài mép.

Sau khi kết thúc bước 3, phôi ti-tan dạng trụ ban đầu biến đổi hình dạng theo hướng phân bố lại vật liệu cho phù hợp với hình dạng cánh lá. Đầu tiên, phôi phân bố lại theo chiều dọc. Sau đó, phôi phân bố lại theo chiều ngang. Sau khi mài mép, phân bố vật liệu của phôi thô gần giống với phân bố vật liệu của cánh lá.

Bước 4: nung phôi trong lò điện trở có khí bảo vệ;

Một lần nữa phôi được phủ lớp ce-ra-míc bảo vệ rồi đưa vào lò nung lại trong thời gian 10-15 phút. Thiết bị và thông số nung tương tự lần nung đầu tiên xem tại (Bảng 1).

Bước 5: dập thể tích trên khuôn tinh;

Quá trình dập thể tích diễn ra trong lòng khuôn tinh là lòng khuôn cuối cùng, khi kim loại điền đầy lòng khuôn tinh thì nhiệm vụ dập thể tích trên máy dập kết thúc. Ở đây cánh được dập trên khuôn hở, kết quả của quá trình là cánh lá có độ dày thân cánh gần giống với cánh thật lượng dư từ 0,2 đến 0,5 mm trên toàn bộ cánh. Để hạn chế ảnh hưởng của bột phủ tới độ chính xác chế tạo của cánh lá nên ở bước này không tiến hành phun chất bôi trơn lên thành khuôn mà chỉ sử dụng chất phủ ce-ra-míc đã có trên phôi sau khi nung.

Thiết bị sử dụng trong quá trình là lòng khuôn tinh (lòng khuôn hở, có lượng dư gia công nhỏ nhất so với cánh lá thiết kế) và máy ép thủy lực hoặc máy búa (có phần làm việc

chứa lòng khuôn được nung nóng bằng dòng điện cảm ứng với nhiệt độ khoảng 350 – 420°C. Lực ép của máy từ 1000 tấn trở lên).

Bước 6: dập khuôn cắt;

Sau khi, dập chính xác hình dạng khí động cánh lá được đưa vào máy dập cắt để cắt chính xác hình dạng thân cánh, giữ nguyên hình dạng của phần chân cánh.

Lực dập cắt với chày khuôn và cối khuôn có mặt cắt phẳng được xác định theo công thức:

$$P = k.L.S.\tau_c$$

Với $k = 1,3 \div 1,4$; L – chu vi vòng cắt; S – chiều dày vật liệu; τ_c - ứng lực cắt của vật liệu.

- Công dùng để cắt hình:

$$A = a.P.S$$

Với $a = 0,4 \div 0,7$; P – lực dập cắt; S – chiều dày vật liệu

Thiết bị sử dụng trong quá trình là khuôn dập cắt và máy ép dập. Khi chọn mẫu máy căn cứ vào lực dập cắt P và công A đã tính toán sơ bộ, máy được lựa chọn cần có lực P và công A của máy lớn hơn hoặc bằng lực hoặc công cắt cần thiết.

Bước 7: mài tổng thể phôi, mài sửa hình dạng khí động;

Công đoạn 7.1: quá trình sửa chữa cánh lá bằng phương pháp mài dải;

Thân cánh của sau quá trình dập cắt sẽ được mài dải để tăng độ chính xác và sửa chữa các sai lệch kích thước thân cánh bằng máy mài dải. Mài dải là nguyên công quan trọng nhất trong cả quá trình. Bởi vì, nguyên công này đảm bảo hình dáng của thân cánh thỏa mãn yêu cầu.

Có hai loại dải chính là loại dải phẳng chỉ làm đều bề mặt cánh, và loại dải có lớp cắt ngắt quãng giúp loại bỏ những đoạn dư nhiều. Quá trình đánh bóng dải được thực hiện sau khi đo kích thước và xác định độ dày lớp mài cần loại bỏ theo từng khu vực được đánh dấu trên cánh.

Áp dụng quá trình mài dải cho phép cánh lá sau khi mài:

- Nhận được độ nhám yêu cầu;
- Xóa bỏ các vết, trên cạnh do các nguyên công như dập, phay;

- Giảm độ dày lớp biến dạng, do các nguyên công trước đó;
- Tạo ra bề mặt mới giảm độ sâu lớp biến cứng.

Công đoạn 7.2: quá trình mài tổng thể thân cánh;

Cánh lá máy nén, sau khi được tiến hành đánh bóng dải (tùy chỉnh) sẽ được loại bỏ vết sém gia công bằng dung dịch tẩy rửa. Kết thúc bước này, cánh lá sẽ được chuyển đến nguyên công mài tổng thể.

Nguyên công này cho phép chi tiết đạt được yêu cầu về độ nhám, bền bề mặt. Bản chất của phương pháp nằm ở chỗ sử dụng các hạt mài kích thước nhỏ khoảng 100 μm rung động với tần số từ 20-50Hz, biên độ từ 1,0-10mm dao động cùng với cánh lá trong nồi rung. Sự chuyển động của các hạt mài tạo ra độ bóng, độ bền bề mặt của chi tiết.

Trong quá trình làm việc buồng mài chứa chi tiết và bột mài theo tỷ lệ 30% và 70 %, trong buồng cũng chứa dung dịch rửa với cơ sở là nước.

Các mẫu máy mài thường sử dụng đó là R420AS của hãng Rosler (Đức). Trong đó thời gian làm việc 40-60 phút.

Khi đó, trong lần làm việc đầu tiên độ nhám của chi tiết đạt Ra 1,25 và tới Ra 0,63 ở lần thứ hai (ứng dụng hạt mài RS 15x16P).

Trong lần thứ hai độ nhám đạt tới Ra 0,32 (sử dụng hạt mài RM 10x10D).

Trong lần thứ ba độ nhám đạt Ra 0,16 (sử dụng hạt mài RM 10x10D).

Bước 8: gia công chân cánh lá máy nén;

Công đoạn 8.1: đổ khuôn thân cánh;

Để tạo hình chân cánh bằng các máy cơ khí mà không làm ảnh hưởng đến kết cấu thân cánh, tiến hành tạo lớp vỏ bọc phần thân cánh (brit-két) cho thân cánh bằng cách sau:

Sử dụng hai vỏ khuôn có hình dạng giống với mặt trên và mặt dưới thân cánh lắp vào hai phía của thân cánh, gắn hai vỏ khuôn với nhau bằng hợp kim dễ nóng chảy thiếc – bít nút ở nửa dưới của vỏ, hợp kim thiếc – bít-nút không bám dính lên bề mặt thân cánh sau khi loại bỏ vỏ bọc khỏi thân cánh. Trong khi đó, nửa trên của vỏ bọc vẫn đảm bảo khe hở để sau khi gia công xong có thể loại bỏ dễ dàng. Việc tạo vỏ bọc cho phép tiến hành các quá trình cơ khí dễ dàng và mà vẫn đảm bảo giữ được hình dạng thân cánh.

Công đoạn 8.2: gia công chân cánh;

Ti-tan có tính gia công cắt thấp, tính dẫn nhiệt thấp và duy trì bền ở nhiệt độ cao, vì vậy có các yêu cầu chuyên biệt về dụng cụ cắt và phương pháp gia công.

Quá trình gia công cơ khí cho hợp kim ti-tan có phần khác biệt với thép không gỉ. Điểm khó trong gia công hợp kim ti-tan đó là khi gia công hợp kim ti-tan, phôi ti-tan bị bắt lại dưới chân dao, thường tạo thành các phôi cắt rất mỏng, có xu hướng tạo vùng tiếp xúc hẹp trên bề mặt thoát phoi với các lực cắt lớn tại lưỡi cắt. Kết hợp với tốc độ truyền nhiệt kém của ti-tan làm cho nhiệt độ vùng làm việc của dao với phôi cao cục bộ. Đôi khi lên tới 1100 - 1200°C. Khi tăng tốc độ chạy dao thì nhiệt độ vùng làm việc cũng tăng lên theo. Dẫn đến việc làm nóng dao dẫn đến bị oxy hóa, đôi khi dẫn đến chảy dao. Do vậy khi gia công ti-tan ta thường áp dụng chế độ cắt với tốc độ từ 5-80 m/phút.

Từ những điểm khó trong gia công ti-tan có thể áp dụng các phương pháp sau để nâng cao hiệu quả gia công:

- Giới hạn nhiệt độ gia công thông qua giá trị tốc độ cắt;
- Hạ nhiệt độ cắt thông qua sử dụng chất làm nguội hợp lí, sử dụng chất làm nguội áp suất cao kết hợp với công nghệ đầu phun hiện đại;
- Sử dụng dao cắt mới, đúng phương pháp, thay thế dao khi có dấu hiệu mài mòn.

Quá trình tạo hình chân cánh diễn ra trong các máy CNC 3 trục ví dụ như máy C500 của hãng Hermle của Đức. Đối với các cấu hình cánh phức tạp thì thực hiện trên máy phay 5 trục ví dụ máy C40S của Đức.

Quá trình phay được tiến hành theo tốc độ cắt $V_p = 120-180$ m/phút và đường tiến dao $S = 1000 - 2000$ mm/phút.

Ví dụ: tổng thời gian chế tạo chân cánh kích thước 100x20x15 mm với phần dư chu tuyến 5mm và chân đế 10 mm khoảng từ 5 đến 8 phút.

Sau khi gia công xong, đưa cánh và máy ép thủy lực ép vào phần rãnh hở của vỏ bọc thân cánh, dùng đầu nôm tam giác tách hai nửa vỏ ra và thu hồi hai vỏ ốp cánh cũng như hợp kim thiếc – bít nút để sử dụng lại.

Bước 9: kiểm tra hình học cánh lá;

Việc kiểm tra hình học được tiến hành sau bước 3, bước 5, bước 6, bước 7, bước 8 trong quy trình chế tạo để kiểm tra xem chi tiết sau các nguyên công trên có đạt hình dáng yêu cầu đề ra hay không.

Sau các bước chế tạo, cánh lá được kiểm tra bằng máy đo tọa độ 4-5 trục (CMM). Đầu tiên, cần xác định vị trí các điểm sẽ kiểm tra trên mô hình 3D của cánh nhập vào phần mềm đo kiểm đi kèm máy đo tọa độ, sau đó phần mềm đo kiểm xác định xác định quỹ đạo các điểm chạm của đầu dò CMM và đưa ra chạy thử mô phỏng. Sau đó, đầu dò thực hiện kiểm tra tại các vị trí tương ứng bằng đầu chạm có độ nhạy cao, nhờ đó xác định tọa độ các điểm chạm trên thân cánh. Kết quả tọa độ thực tế thu được cho phép đánh giá độ chính xác của các điểm chạm với giá trị chuẩn trên hình 3D nhập vào.

Bước 10: kiểm tra thẩm thấu huỳnh quang;

Là phương pháp sử dụng các dung dịch để thẩm thấu vào các vết nứt, rỗ khí nhỏ của liên kết hàn không thể quan sát được bằng mắt thường. Sau đó dùng các chất hiển thị màu phát hiện ra vị trí mà dung dịch thẩm thấu còn nằm lại ở các vết nứt cũng như rỗ khí. Việc kiểm tra được thực hiện như sau:

- Ngâm vào bể siêu âm để tẩy sạch bề mặt bề mặt chi tiết thời gian 1-2 phút;
- Ngâm vào bể dung dịch huỳnh quang trong thời gian 10 phút, để huỳnh quang thẩm thấu lên khe nứt;
- Chi tiết được rửa sạch nhanh bằng nước;
- Chi tiết được sấy khô trong buồng sấy;
- Kiểm tra dưới ánh sáng tia tử ngoại trong buồng tối.

Thiết bị được kiểm tra theo tiêu chuẩn ASTM 1417 mục 6.6.1.1 về kiểm tra thẩm thấu huỳnh quang.

Thiết bị sử dụng trong quá trình:

- Hệ thống kiểm tra thẩm thấu huỳnh quang ZA-1633 hãng Mag-na-flux:
 - Bể inox 304:16 Bể chứa dung dịch;
 - Máy sấy hiệu chuẩn kỹ thuật số;
 - Đèn UV EV-6000;
 - Buồng tối kiểm tra sản phẩm.

- Dung dịch thẩm thấu sử dụng là dung dịch thẩm thấu huỳnh quang cấp 4 ZL-56, dung dịch tẩy ZP-5B áp dụng cho các kiểm tra trong lĩnh vực hàng không, là sản phẩm của hãng Mag-na-flux.

Kết quả kiểm tra có thể là đạt hoặc không đạt. Cụ thể, tham chiếu Hình 6, thông qua kiểm tra sự hiển thị của bột huỳnh quang, trường hợp bề mặt còn chứa các khuyết tật như tại Hình 6b, tiếp tục xem xét kích thước của các vết nứt, rỗ và so sánh với tiêu chuẩn nếu kích thước vượt quá yêu cầu thì sẽ bị loại ngay do yêu cầu làm việc khắt khe của chi tiết cánh lá.

Tiêu chuẩn để xem xét kích thước khuyết tật phải hội tụ các yếu tố sau:

Khuyết tật điểm: kích thước lỗ khuyết tật không quá 0,6 mm. Chiều sâu không quá 0,3mm hoặc 15% chiều dày chỗ lớn nhất của thân cánh. Khoảng cách giữa hai khuyết tật lớn hơn 6mm.

Khuyết tật rãnh: Độ rộng rãnh không quá 0,3, chiều dài không quá 2mm. Chiều sâu không quá 0,3 mm hoặc 15% chiều dày chỗ lớn nhất của thân cánh. Khoảng cách giữa hai khuyết tật lớn hơn 6 mm. Chỉ chấp nhận khuyết tật rãnh ở khu vực chân cánh.

Bước 11: phun phủ tăng bền bề mặt cánh;

Trong quá trình chế tạo cánh lá máy nén, do đặc điểm cánh lá làm việc ở môi trường có nhiệt độ đạt tới 600-700°C và ăn mòn mạnh. Trong một số trường hợp, ở các tầng cuối của máy nén cánh lá cần phải phủ một lớp vật liệu bảo vệ lên bề mặt cánh lá làm tăng độ bền của chi tiết cánh lá bằng công nghệ phun phủ plas-ma. Điểm phức tạp của công đoạn này nằm ở chỗ đảm bảo độ đều của lớp phủ và độ mỏng của chúng. Tức là, đầu phun phải đảm bảo độ đều dòng phun trong suốt quá trình phun phủ. Để giải quyết vấn đề này sử dụng một giá quay cánh lá và giữ nguồn phun phủ ổn định. Mỗi lớp phủ tiến hành trong 15s với tốc độ quay là 20 vòng/phút.

Công nghệ phun phủ plas-ma nhờ năng lượng cao của nguồn nhiệt hồ quang plas-ma gián tiếp của đầu phun mà vật liệu nóng chảy được phun vào chi tiết. Khái niệm hồ quang gián tiếp ở đây tức là hồ quang được tạo nên bởi các bộ phận ca-tốt và a-nốt dưới tác động của hồ quang bị i-on hóa ở nhiệt độ cao (khoảng 17000°C). Luồng plas-ma được phun qua đầu phun với vận tốc cao, bột phun được hút vào luồng khí này, nóng chảy và bay ra phủ

lên bề mặt chi tiết. Trên bề mặt chúng liên kết lại thành lớp phủ xốp. Sự liên kết giữa các hạt chủ yếu bằng cách chảy kết và bám dính trên bề mặt bằng lực cơ học.

Thiết bị và vật liệu sử dụng:

- Súng phun hồ quang plas-ma, máy móc và hệ thống làm mát đi kèm;

Thiết bị phun phủ cho cánh lá có nhiều loại trong đó có máy phun plas-ma SG 100. Kết hợp với đồ gá cánh xoay, giúp lớp phủ đều trên toàn bộ bề mặt cánh.

- Vật liệu phủ sử dụng trong quá trình phủ cánh lá động cơ:
 - Lớp 1: Ni+5%Al (Sản xuất tại hãng Sulzer Metco);
 - Lớp 2: Cu+36%Ni+ 5%In (Chế tạo tại hãng Sulzer Metco);
 - Lớp 3: Ni+20%C (bột phủ chế tạo bởi hãng HyperNikel, Nga).

Độ dày mỗi lớp phủ từ 10-50 μm . Phương pháp phun được áp dụng là hồ quang plas-ma. Trong quá trình phủ lớp 1 sử dụng hỗn hợp khí Ar+He dẫn plas-ma, trong quá trình phủ lớp 2 và 3 sử dụng hỗn hợp khí Ar + H₂ dẫn plas-ma, khí tải mang bột phủ là khí Ar. Do các lớp phủ rất mỏng sau mỗi lần phun phủ nên các quá trình diễn ra liên tục, cho đến khi đạt kích thước yêu cầu.

Bảng 2. Bảng thông số chế độ phun đối với vật liệu khác nhau

Vật liệu phun	Dòng điện, A	Điện thế, V	Lưu lượng khí Ar+He(H ₂), lít/phút	Lưu lượng khí mang Ar, lít/phút	Cỡ hạt, μm
Ni+5%Al	300	29	30	13	63
Cu+36%Ni+ 5%In	300	30	37,5	8,5	44
Ni+20%C	725	27	25	8,5	44

Bước 12: đánh số, bảo quản, đóng gói;

Sau khi vượt qua bài kiểm tra bề mặt bằng phương pháp thẩm thấu huỳnh quang, và kiểm tra ngoại quan chi tiết được đánh ký hiệu theo thứ tự và vị trí tầng máy nén tương ứng. Đồng thời, quét lên chân cánh một lớp si-li-côn để đảm bảo không có không khí lọt vào ở điểm kết nối giữa chân cánh với khe rãnh của khóa. Sau đó, cánh lá được đóng vào hộp có kèm gói chống ẩm bảo quản.

Kết thúc bước này ta thu được chi tiết thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật đã đề ra.

Các lợi ích mà sáng chế đạt được

Sáng chế này cung cấp một quy trình chế tạo cánh lá máy nén động cơ tua-bin phản lực từ hợp kim ti-tan sử dụng trong các máy nén của động cơ phản lực tua-bin khí ứng dụng trong các động cơ tuốc bin khí, tuốc bin hơi, máy năng lượng (ứng dụng trong công nghiệp hàng không vũ trụ, công nghiệp máy phát năng lượng, đóng tàu). Sáng chế có khả năng áp dụng rộng rãi trong số các loại máy nén, đặc biệt là máy nén cao áp. Sáng chế cho phép chế tạo các cánh lá bằng phương pháp biến dạng đẳng nhiệt với hiệu quả sử dụng vật liệu cao, phù hợp với yêu cầu chế tạo tại Việt Nam.

Yêu cầu bảo hộ

1. Quy trình chế tạo cánh lá máy nén từ hợp kim ti-tan bằng phương pháp biến dạng đẳng nhiệt bao gồm các bước:

bước 1: gia công và tiền xử lý phôi trụ; từ 1,5 - 2 giờ trước khi bắt đầu nung, phôi ti-tan được phủ một lớp ce-ra-míc lên bề mặt với thành phần chính theo% khối lượng là 37% SiO_2 , 8% B_2O_3 , 30% Na_2O , 25% TiO_2 , trong đó phôi ti-tan là phôi hình trụ được cắt ra từ thanh ti-tan có thành phần vật liệu, kích thước phù hợp với kích thước cánh lá dập và có dạng hình trụ, kích thước từ 15 đến 100 mm;

bước 2: nung phôi trong lò có khí bảo vệ; cụ thể là lò nung điện trở hoặc lò nung cảm ứng có khí trơ bảo vệ, thường sử dụng khí Ar, tùy thuộc vào mác hợp kim ti-tan và yêu cầu kỹ thuật, có thể rèn và dập nóng ở các nhiệt độ khác nhau trong giới hạn từ 930°C đến 1000°C, thời gian nung từ 10-15 phút;

bước 3: dập thể tích trên khuôn thô lần 1 và lần 2; sử dụng lòng khuôn thô và máy ép thủy lực hoặc máy búa có phần làm việc chứa lòng khuôn được nung nóng bằng dòng điện cảm ứng với nhiệt độ khoảng 350 – 420°C, kết hợp với khí Ar bảo vệ lưu lượng 10 lít/phút, lực ép của máy từ 1000 tấn trở lên;

bước 4: nung phôi trong lò có khí bảo vệ; một lần nữa phôi được phủ lớp ce-ra-míc bảo vệ rồi đưa vào lò nung lại trong thời gian 10-15 phút;

bước 5: dập thể tích trên khuôn tinh; cụ thể cánh được dập trên khuôn hở, sử dụng lớp ce-ra-míc đã có trên phôi sau khi nung, sử dụng lòng khuôn tinh (lòng khuôn hở, lượng dư gia công nhỏ nhất so với cánh lá thiết kế) và máy ép thủy lực hoặc máy búa (phần làm việc chứa lòng khuôn nung nóng bằng dòng điện cảm ứng với nhiệt độ khoảng 350 – 420°C, lực ép của máy từ 1000 tấn trở lên); quá trình dập diễn ra trong 1 lần dập duy nhất;

bước 6: dập tạo kích thước trên khuôn cắt; cánh lá được đưa vào máy dập cắt để cắt chính xác hình dạng thân cánh, giữ nguyên hình dạng của phần chân cánh, sử dụng khuôn dập cắt và máy ép dập, thỏa mãn lực dập cắt và công cắt của máy phải lớn hơn hoặc bằng lực cắt hoặc công cần thiết;

bước 7: mài tổng thể phôi, mài sửa hình dạng khí động; cụ thể, thực hiện sửa chữa cánh lá bằng phương pháp mài dài và mài tổng thể thân cánh;

bước 8: gia công chân cánh lá máy nén; bao gồm bước đồ khuôn thân cánh và gia công chân cánh;

bước 9: kiểm tra hình học bề mặt thân cánh; bằng máy đo tọa độ 4-5 trục CMM;

bước 10: kiểm tra thẩm thấu huỳnh quang; cụ thể cần ngâm vào bể siêu âm để tẩy sạch bề mặt bề mặt chi tiết thời gian 1-2 phút; ngâm vào bể dung dịch huỳnh quang trong thời gian 10 phút; chi tiết được rửa sạch nhanh bằng nước và sấy khô trong buồng sấy; kiểm tra dưới ánh sáng tia tử ngoại trong buồng tối;

bước 11: phun phủ tăng bền trong chế tạo cánh lá máy nén; sử dụng súng phun hồ quang plas-ma kết hợp với đồ gá cánh xoay và vật liệu phủ vật liệu phủ được sử dụng là bao gồm ba lớp: lớp 1: Ni+5%Al; lớp 2: Cu+36%Ni+ 5%In; lớp 3: Ni+20%C; trong quá trình phun, độ dày mỗi lớp phủ từ 10-50 μm ; phương pháp phun được áp dụng là hồ quang plas-ma; trong quá trình phủ lớp 1 sử dụng hỗn hợp khí Ar+He dẫn plas-ma, trong quá trình phủ lớp 2 và 3 sử dụng hỗn hợp khí Ar + H₂ dẫn plas-ma, khí tải mang bột phủ là khí Ar, các quá trình diễn ra liên tục, cho đến khi đạt kích thước yêu cầu;

bước 12: đánh số, bảo quản, đóng gói.

2. Quy trình chế tạo cánh lá máy nén từ hợp kim ti-tan bằng phương pháp biến dạng đẳng nhiệt theo điểm 1, trong đó tại bước 3, bao gồm các công đoạn cụ thể:

phun chất bôi trơn lên khuôn sử dụng đầu lót phun khuôn và chất bôi trơn, trong đó góc phun 45-60°; thời gian phun 1s, lưu lượng 12g/s, chất bôi trơn gốc thủy tinh phổ biến: Oxylub 327, Oxylub 709 vv;

đập trong lòng khuôn thô lần 1 sử dụng lòng khuôn thô là lòng khuôn có hai nửa được thiết kế dạng khuôn hở thực hiện trên máy búa có phần làm việc chứa lòng khuôn được nung nóng bằng dòng điện cảm ứng với nhiệt độ khoảng 350 – 420°C, kết hợp với khí trơ Ar bảo vệ khu vực ép lưu lượng 10 lít/phút, lực ép của máy từ 1000 tấn trở lên;

đập trong lòng khuôn thô lần 2 sử dụng lòng khuôn đập thô có hai nửa được thiết kế dạng khuôn hở và máy ép thủy lực hoặc máy búa có phần làm việc chứa lòng khuôn được nung nóng bằng dòng điện cảm ứng với nhiệt độ khoảng 350 – 420°C, kết hợp với khí trơ Ar bảo vệ khu vực ép lưu lượng 10 lít/phút, lực ép của máy từ 1000 tấn trở lên;

mài mép cạnh phôi thô được thực hiện trên máy mài thông thường.

3. Quy trình chế tạo cánh lá máy nén từ hợp kim ti-tan bằng phương pháp biến dạng đẳng nhiệt theo điểm 1, trong đó tại bước 6, lực cắt và công cắt của máy ép cần lớn hơn giá trị lực cắt và công cắt được xác định:

$P = k.L.S.\tau_c$; với $k = 1,3 \div 1,4$; L – chu vi vòng cắt; S – chiều dày vật liệu; τ_c - ứng lực cắt của vật liệu;

$A = a.P.S$ với $a = 0,4 \div 0,7$; P – lực đập cắt; S – chiều dày vật liệu.

4. Quy trình chế tạo cánh lá máy nén từ hợp kim ti-tan bằng phương pháp biến dạng đẳng nhiệt theo điểm 1 trong đó tại bước 7:

quá trình sửa chữa cánh lá bằng phương pháp mài dải được thực hiện theo trình tự: xác định chiều dày lớp mài theo vùng trên thân cánh; lựa chọn loại dải mài là dải thường hay dải có lớp cắt cách quãng cho phù hợp;

quá trình mài tổng thể thân cánh sử dụng các hạt mài kích thước nhỏ rung động với tần số từ 20-50Hz, biên độ từ 1,0-10mm dao động cùng với cánh lá trong nồi rung; trong quá trình làm việc buồng mài chứa chi tiết và bột mài theo tỷ lệ 30% và 70 %, trong buồng cũng chứa dung dịch mài với cơ sở là nước.

5. Quy trình chế tạo cánh lá máy nén từ hợp kim ti-tan bằng phương pháp biến dạng đẳng nhiệt theo điểm 1 trong đó tại bước 8:

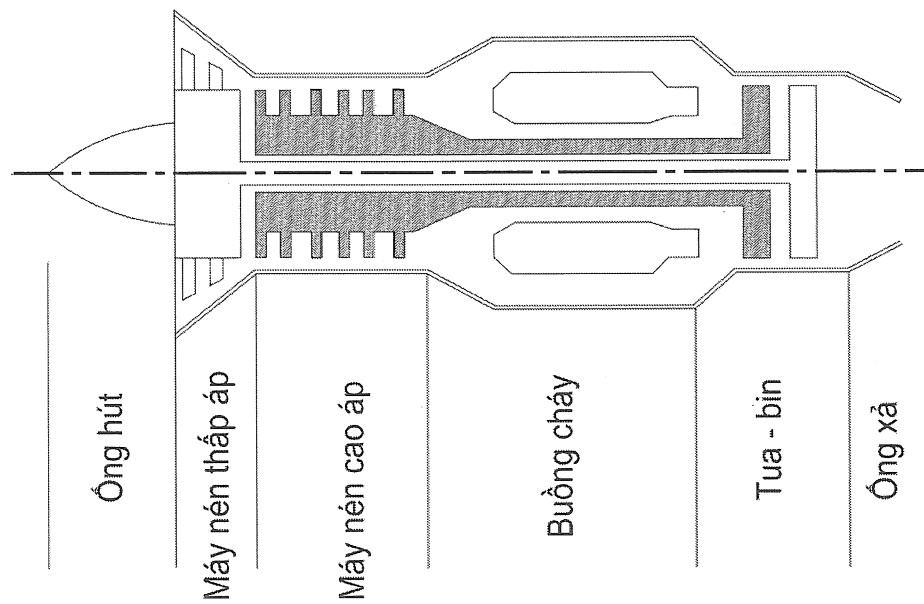
đổ khuôn thân cánh bằng cách sử dụng hai vỏ khuôn có hình dạng giống với mặt trên và mặt dưới thân cánh lắp vào hai phía của thân cánh, gắn hai vỏ khuôn với nhau bằng hợp kim dễ nóng chảy thiếc – bít nút ở nửa dưới của vỏ, hợp kim thiếc – bít-mút không bám dính lên bề mặt thân cánh sau khi loại bỏ vỏ bọc khỏi thân cánh nhằm tạo lớp vỏ bọc phần thân cánh;

gia công chân cánh sử dụng phương pháp: giới hạn nhiệt độ gia công thông qua giá trị tốc độ cắt; hạ nhiệt độ cắt thông qua sử dụng chất làm nguội hợp lí, sử dụng chất làm nguội áp suất cao kết hợp với công nghệ đầu phun hiện đại; sử dụng dao cắt mới; và thực hiện ở độ cứng tốc độ cắt $V_p = 120-180$ m/phút và đường tiến dao $S = 1000$ mm/phút đến 2000 mm/phút.

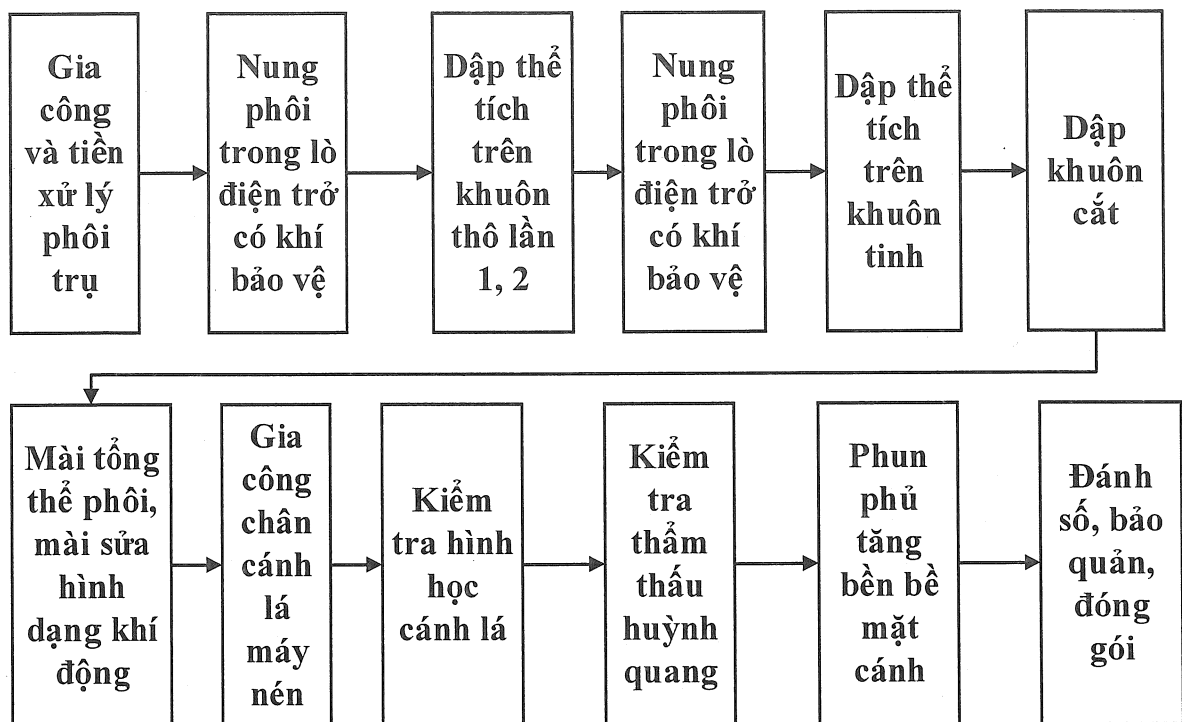
6. Quy trình chế tạo cánh lá máy nén từ hợp kim ti-tan bằng phương pháp biến dạng đẳng nhiệt theo điểm 1 trong đó tại bước 10, kết quả kiểm tra có thể là đạt hoặc không đạt, thông qua kiểm tra chất hiển thị màu, trường hợp bề mặt còn chứa các khuyết tật, tiếp tục xem xét kích thước của các vết nứt, rỗ và so sánh với tiêu chuẩn nếu kích thước vượt quá yêu cầu thì sẽ bị loại ngay do yêu cầu làm việc khắt khe của chi tiết cánh lá.

7. Quy trình chế tạo cánh lá máy nén từ hợp kim ti-tan bằng phương pháp biến dạng đẳng nhiệt theo điểm 1 trong đó tại bước 11, tương ứng với các lớp vật liệu phủ được thực hiện:

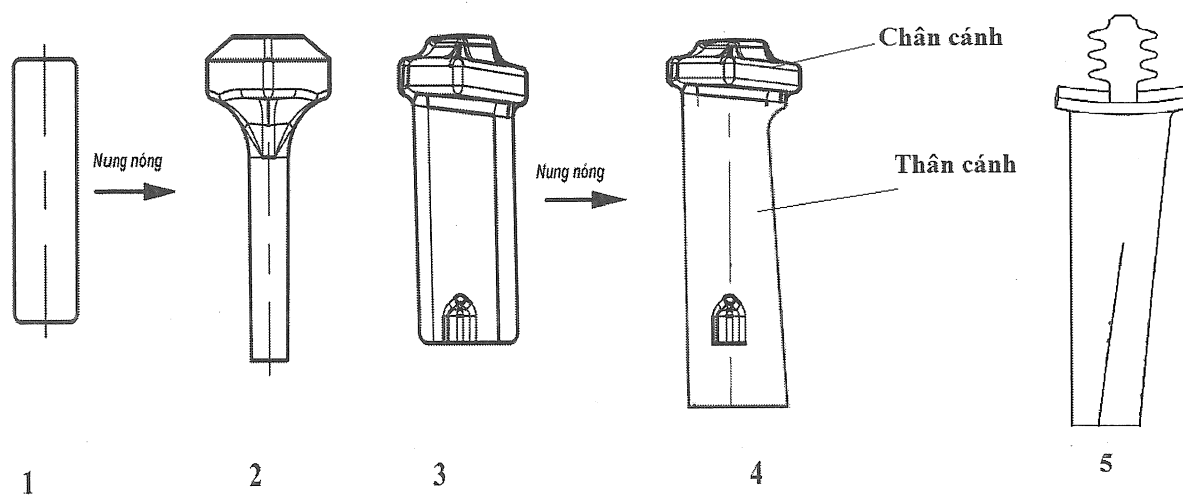
vật liệu phun	dòng điện	điện thế	lưu lượng khí Ar+He(H ₂), lít/phút	lưu lượng khí mang Ar, lít/phút	cỡ hạt, µm
Ni+5%Al	300	29	30	13	63
Cu+36%Ni+ 5%In	300	30	37,5	8,5	44
Ni+20%C	725	27	25	8,5	44



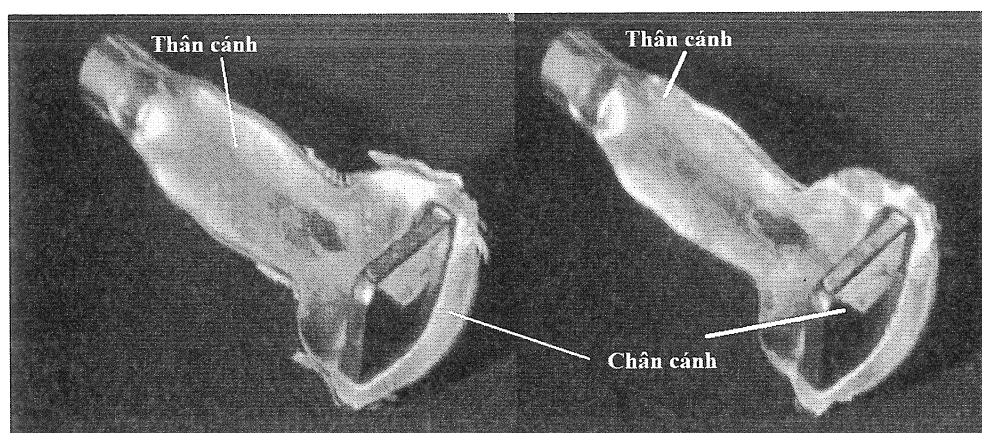
Hình 1



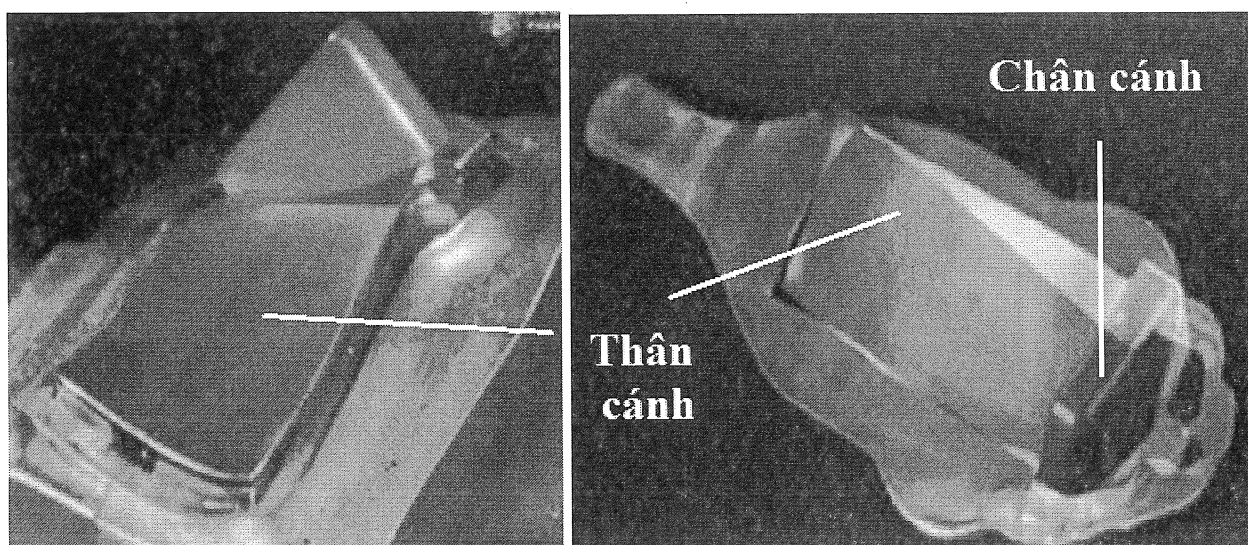
Hình 2



Hình 3



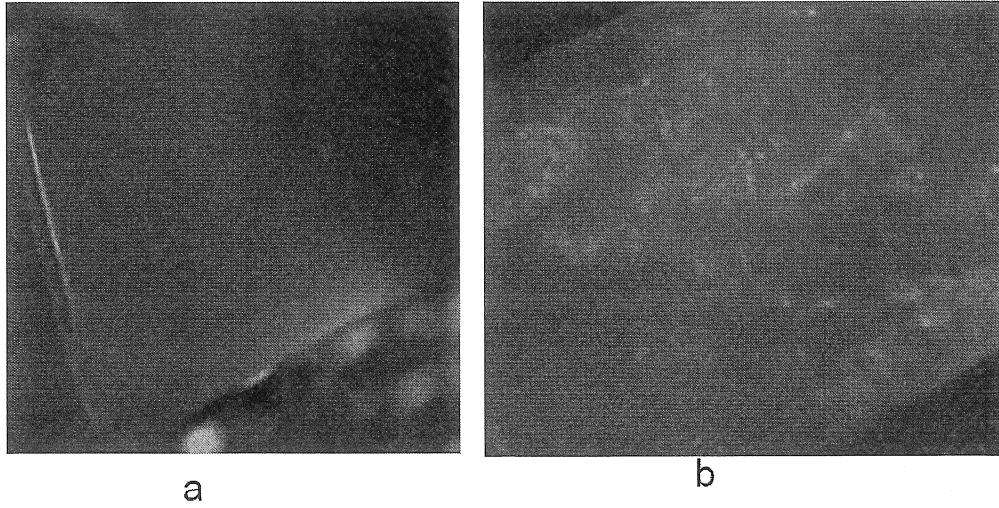
Hình 4



a

b

Hình 5



Hình 6