



(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) 
2-0002000

(51)⁷ **C22C 14/00, 1/18**

(13) **Y**

(21) 2-2014-00224

(22) 13.08.2014

(45) 25.04.2019 373

(43) 25.02.2016 335

(73) **VIỆN CÔNG NGHỆ (VN)**

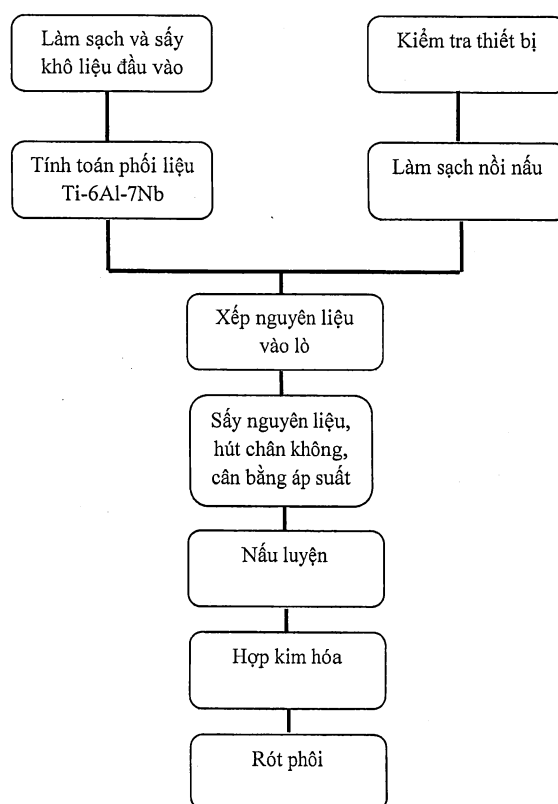
25 Vũ Ngọc Phan, quận Đống Đa, thành phố Hà Nội

(72) Nguyễn Văn Chương (VN), Nguyễn Tiến Tài (VN), Hoàng Anh Tuấn (VN), Trần Như Biên (VN)

(74) Công ty TNHH Quốc tế D & N (D&N INTERNATIONAL CO.,LTD.)

(54) **QUY TRÌNH CHẾ TẠO CHI TIẾT BẰNG HỢP KIM TITAN Y SINH MẮC TI-6AL-7NB DÙNG ĐỂ CẤY GHEP**

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến quy trình chế tạo vật liệu y sinh, cụ thể là quy trình chế tạo chi tiết bằng hợp kim titan y sinh mắc Ti-6Al-7Nb dùng để cấy ghép.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến quy trình chế tạo vật liệu y sinh, cụ thể là quy trình chế tạo chi tiết bằng hợp kim titan y sinh mác Ti-6Al-7Nb dùng để cấy ghép.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Titan được coi là một loại vật liệu kỹ thuật tương đối mới vì được phát hiện muộn hơn rất nhiều so với các kim loại thường được sử dụng khác. Ứng dụng thương mại của titan bắt đầu từ cuối những năm 40, chủ yếu là làm vật liệu cấu trúc. Titan được ứng dụng làm vật liệu cấy ghép từ thập niên 60. Ti-6Al-4V là dạng hợp kim $\alpha+\beta$, là hợp kim titan được ứng dụng nhiều nhất trên thế giới, thời gian đầu hợp kim này được ứng dụng cho ngành hàng không vũ trụ.

Hợp kim titan với vanadi, mặc dù được cho là loại vật liệu tốt nhất thay thế các bộ phận trong phẫu thuật cấy ghép, nhưng các nghiên cứu gần đây đã phát hiện rằng vanadi có thể phản ứng với các mô của cơ thể người. Để khắc phục độc tính của vanadi, hai hợp kim thuộc nhóm $\alpha+\beta$ mới không sử dụng vanadi được tìm ra vào những năm 1980. Vanadi, một yếu tố ổn định pha β , được thay thế bằng niobi và sắt, từ đó có được hợp kim Ti-6Al-7Nb và Ti-5Al-2,5Fe là hợp kim thuộc nhóm $\alpha+\beta$. Trong khi cả hai hợp kim này đều cho thấy tính chất về cơ lý tính tương đương với Ti-6Al-4V.

Hiện nay, nhu cầu về cấy ghép sử dụng vật liệu hợp kim titan, đặc biệt là hợp kim Ti-6Al-7Nb trong y sinh rất lớn. Chi phí cho loại vật liệu này khá cao, thường chiếm khoảng trên 80% chi phí cấy ghép. Các chi tiết cấy ghép được chế tạo từ hợp kim Ti-6Al-7Nb có bán trên thị trường hiện nay có giá thành cao. Việc chế tạo chi tiết bằng hợp kim này rất khó khăn và phức tạp do thành phần của hợp kim Ti-6Al-7Nb bao gồm các nguyên tố có nhiệt độ nóng chảy chênh lệch nhau rất lớn nên việc kiểm soát sự cháy hao của các nguyên tố hợp kim là vấn đề được đặc biệt lưu tâm. Khi tính toán phối liệu cần phải lường trước được sự cháy hao này cùng với sự kết

hợp sử dụng hợp kim trung gian để đảm bảo sản phẩm sau khi nấu luyện có thành phần hóa học đúng với mức yêu cầu.

Do đó, có nhu cầu về quy trình sản xuất chi tiết bằng hợp kim này với giá thành thấp mà vẫn bảo đảm tạo ra sản phẩm có chất lượng tốt.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích là tạo ra chi tiết bằng hợp kim titan mức Ti-6Al-7Nb dùng trong y sinh có giá thành thấp mà vẫn bảo đảm chất lượng tốt.

Để đạt được mục đích nêu trên, giải pháp hữu ích đề xuất quy trình chế tạo vật liệu y sinh, cụ thể là quy trình chế tạo chi tiết bằng hợp kim titan y sinh mức Ti-6Al-7Nb, quy trình này bao gồm các công đoạn sau:

(a) chuẩn bị nguyên liệu đầu vào: làm sạch và sấy khô các nguyên liệu đầu vào bao gồm Ti kim loại, các hợp kim trung gian Ti-Nb, Al-Nb và Ti-Al và tính lượng các nguyên liệu dùng cho hợp kim Ti-6Al-7Nb;

(b) kiểm tra thiết bị lò và làm sạch nồi nấu;

(c) xếp nguyên liệu vào lò, trong đó nguyên liệu được xếp vào lò theo trình tự liệu to được xếp trước, liệu nhỏ được xếp sau, sao cho vừa kín không gian lò nhằm tránh tổn hao công suất lò, trong đó nguyên liệu Ti và Ti-Nb được xếp vào nồi lò cho quá trình nấu luyện, nguyên liệu Ti-Al, Al-Nb được xếp vào buồng tiếp liệu cho quá trình hợp kim hóa;

(d) sấy nguyên liệu, hút chân không và cân bằng áp suất bằng khí Ar;

(e) nấu luyện;

(f) hợp kim hóa; và

(g) rót phôi;

trong đó:

- lò được sử dụng để nấu luyện là lò cảm ứng chân không, độ chân không là $3 \times 10^{-1} \text{ N/m}^2$ ($3 \times 10^{-3} \text{ mbar}$);

- bước hút chân không được thực hiện bởi bơm hút chân không có van hút chân không 2 mức, trong đó van hút chân không được mở ở mức 1 trong khoảng 15 giây, sau đó được mở ở mức 2 để hút chân không đến khi đạt độ chân không là $5,0 \text{ N/m}^2$;

- bước cân bằng áp suất bằng khí Ar được thực hiện bằng cách mở van xả khí Ar vào buồng lò để khí Ar chạy qua buồng lò trong thời gian khoảng 15 giây, tiếp theo đóng van hút chân không và tắt bơm hút chân không, tiếp tục xả khí Ar vào đến khi áp suất khí Ar trong buồng lò nằm trong khoảng từ 70 đến 80 kN/m^2 và tắt van khí Ar;

- công đoạn nấu luyện được tiến hành theo trình tự, khi công suất lò đạt 20%, cứ mỗi 4 đến 5 phút, tiến hành nâng công suất lò lên từ 3 đến 5% đến khi công suất lò đạt 35%, sau khoảng 15 đến 20 phút thì nguyên liệu tan chảy gần hết; và

- công đoạn hợp kim hóa được tiến hành bằng cách bổ sung lần lượt hợp kim trung gian Ti-Al và Al-Nb vào nôi lò khi nhiệt độ của kim loại lỏng trong nôi lò nằm trong khoảng từ 1630°C đến 1650°C , sau đó nâng công suất lò lên 40%, sau khoảng 30 giây, nguyên liệu sẽ tan chảy hết để kết thúc công đoạn hợp kim hóa.

Thành phần của hợp kim này bao gồm các nguyên tố có nhiệt độ nóng chảy khác nhau rất lớn, nên quy trình theo giải pháp hữu ích được đặc trưng bởi việc kiểm soát sự cháy hao của các nguyên tố hợp kim bằng cách bổ sung các thành phần nguyên tố hợp kim trung gian bao gồm Ti-Al, Ti-Nb, và Al-Nb với các lượng đã tính toán phối liệu. Ngoài ra, quy trình theo giải pháp hữu ích cũng được đặc trưng bởi việc tính toán phối liệu tương ứng để đảm bảo sản phẩm sau khi nấu luyện có thành phần hóa học đúng với mức yêu cầu. Cụ thể, sản phẩm sau khi đúc rót đạt các tiêu chuẩn sau: phôi đúc để chế tạo chi tiết bằng hợp kim titan y sinh mức Ti-6Al-7Nb sáng đẹp, không bị rỗ xỉ, rỗ khí; thành phần đồng nhất và bề mặt không bị khuyết tật như rỗ, nhăn.

Mô tả vật tắt hình vẽ

Hình 1 thể hiện sơ đồ của quy trình chế tạo chi tiết bằng hợp kim titan y sinh mức Ti-6Al-7Nb.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Quy trình chế tạo chi tiết bằng hợp kim titan y sinh mác Ti-6Al-7Nb sẽ được mô tả chi tiết dựa trên sơ đồ trên Hình 1.

Trong quy trình này, thiết bị nấu luyện là lò cảm ứng chân không do nước Cộng hòa Liên bang Đức chế tạo có khả năng tạo môi trường chân không cao, đây là một thiết bị quan trọng trong quy trình theo giải pháp hữu ích. Cụ thể, lò được sử dụng để nấu luyện là VIM02 (Vacuum Induction Melting 02), dung tích nấu là 1kg/mẻ (cho hợp kim titan), độ chân không là $3 \times 10^{-1} \text{ N/m}^2$ (hay $3 \times 10^{-3} \text{ mbar}$).

Sau đây, quy trình chế tạo chi tiết bằng hợp kim titan y sinh mác Ti-6Al-7Nb sẽ được mô tả theo các công đoạn thực hiện.

(a) chuẩn bị nguyên liệu đầu vào

Nguyên liệu đầu vào dùng để chế tạo chi tiết bằng hợp kim titan y sinh mác Ti-6Al-7Nb bao gồm: Ti kim loại, hợp kim trung gian Ti-Nb, hợp kim trung gian Al-Nb và hợp kim trung gian Ti-Al.

Trong đó, các hợp kim trung gian được chế tạo theo quy trình sau:

* Quy trình chế tạo hợp kim trung gian Ti-Nb

Làm sạch buồng lò, kiểm tra hệ thống cấp khí Ar và kiểm tra can nhiệt.

Nguyên liệu gồm titan dạng tấm và niobi dạng hạt: đặt titan dạng tấm vào nồi lò, đặt 50% niobi dạng hạt trong gầu tiếp liệu và 50% niobi dạng hạt còn lại vào khoang tiếp liệu.

Bật lò sấy titan ở nhiệt độ 200°C trong khoảng thời gian là 5 phút. Đóng cửa buồng lò, bật bơm hút chân không. Mở van hút chân không cấp 1 khoảng 10 giây sau đó mở van hút chân không cấp 2, đến khi buồng lò đạt độ chân không là $5,0 \text{ N/m}^2$. Mở van xả khí Ar trong khoảng thời gian từ 6 đến 10 giây, đóng van hút chân không, sau đó tắt bơm hút chân không. Khi áp suất khí Ar trong buồng lò đạt 70 kN/m^2 thì đóng van xả khí Ar.

Nâng công suất lò dần dần từ 20%, lên 25%, 30%, 35% mỗi mức công suất được giữ trong khoảng 5 phút đến khi titan tan chảy hết. Kiểm tra nhiệt độ titan đạt 1760°C thì tiến hành hợp kim hóa với niobi.

Cho 50% niobi trong gầu tiếp liệu vào nồi lò trong khoảng thời gian là 60 giây, niobi tan chảy hết thì tiếp tục cho 50% niobi còn lại từ khoang tiếp liệu vào gầu tiếp liệu. Cuối cùng, cho hết lượng niobi đã được đặt sẵn trong gầu tiếp liệu vào nồi lò.

Giữ công suất lò ở mức 35% trong khoảng thời gian 2 phút cho niobi tan chảy hết, sau đó nâng công suất lò lên 40% và giữ trong khoảng thời gian 20 đến 30 giây. Kiểm tra nhiệt độ đạt 1750°C thì tiến hành rót phôi.

Hợp kim trung gian Ti-Nb thu được từ quy trình nêu trên được tiến hành lấy mẫu và phân tích, kết quả là hợp kim trung gian Ti-Nb có thành phần Ti và Nb tương ứng là 92,89 và 7,02 (tính theo % khối lượng).

*Quy trình chế tạo hợp kim trung gian Al-Nb

Nguyên liệu đầu vào gồm có niobi và nhôm. Nhôm dạng thỏi được cắt nhỏ với kích thước 20x20x10 mm, sau đó được rửa bằng xà phòng và sấy ở nhiệt độ 200°C trong thời gian 2 giờ. Niobi cũng được cắt nhỏ, sau đó sấy ở nhiệt độ 200°C trong thời gian 2 giờ.

Đặt nguyên liệu nhôm đã được sấy vào lò với khối lượng được cân theo tỷ lệ đã tính trước.

Nấu chảy liệu và nâng nhiệt độ lên đến khoảng 800°C, sau đó đưa từ từ lượng niobi vào nồi nhôm lỏng. Sau khi cho hết toàn bộ lượng niobi vào, giữ công suất lò ở mức 40% trong khoảng thời gian 2 đến 3 phút cho lượng niobi tan hết. Kiểm tra nhiệt độ đạt 1700°C, tiến hành rót khuôn.

Hợp kim trung gian Al-Nb thu được từ quy trình nêu trên được tiến hành lấy mẫu và phân tích, kết quả là hợp kim trung gian Al-Nb có thành phần Al và Nb tương ứng là 88,12 và 11,7 (tính theo % khối lượng).

*Quy trình chế tạo hợp kim trung gian Ti-Al:

Nguyên liệu đầu vào gồm titan và nhôm sạch. Nhôm dạng thỏi được cắt nhỏ với kích thước 20x20x10 mm, sau đó được rửa bằng xà phòng và sấy ở nhiệt độ 200°C trong khoảng thời gian 2 giờ. Titan được cắt thành dạng thanh có kích thước 20x40mm, sau đó được đánh sạch xỉ và ba via.

Đặt nguyên liệu titan đã được làm sạch vào lò với khối lượng được cân theo tỷ lệ đã tính trước.

Nấu chảy titan, sau đó bổ sung toàn bộ phần nhôm đã được để sẵn trong gầu chứa liệu. Sau khoảng thời gian 30 đến 40 giây, chờ cho phần nhôm đưa vào đã tan chảy hoàn toàn, mức mẫu kiểm tra thành phần và rót phôi, thu được kết quả là hợp kim trung gian Ti-Al có thành phần Ti và Al tương ứng là 53 và 46,74 (tính theo % khối lượng).

Như vậy từ các quy trình nêu trên đã thu được các hợp kim trung gian Ti-Nb, Al-Nb và Ti-Al phục vụ cho quy trình nấu luyện hợp kim titan y sinh mác Ti-6Al-7Nb.

Các nguyên liệu hợp kim trung gian Ti-Nb với tỷ lệ % khối lượng tương ứng là 92,89-7,02, Al-Nb với tỷ lệ % khối lượng tương ứng là 88,12-11,7, Ti-Al với tỷ lệ % khối lượng tương ứng là 53-46,74 thu được từ các quy trình được mô tả trên đây và nguyên liệu Ti kim loại cần được mài sạch bằng máy mài và phớt đánh bóng (là đĩa lắp trên máy mài, dùng để đánh sạch oxit trên bề mặt nguyên liệu), rửa sạch, sấy đủ thời gian ở nhiệt độ 200°C để làm bay hơi nước và hóa chất còn lưu lại trên liệu. Sau đó, các nguyên liệu này được cắt nhỏ sao cho kích thước nguyên liệu đã cắt vừa với kích thước của nồi lò và dễ dàng cân phối liệu.

Cụ thể, Ti kim loại được mài sạch, đánh rửa, sấy khô, cắt thành thanh có kích thước chiều dài là 100mm, chiều rộng là 20mm. Hợp kim trung gian Ti-Nb được đánh rửa sạch, sấy khô, đập vụn đến kích thước khoảng 5 đến 10mm. Hợp kim trung gian Al-Nb được đánh rửa sạch, sấy khô đập vụn đến kích thước khoảng 5 đến 10mm. Hợp kim trung gian Ti-Al được đánh rửa sạch, sấy khô đập vụn đến kích thước khoảng 5 đến 10mm.

* Tính lượng các nguyên liệu dùng cho cho hợp kim titan y sinh mác Ti-6Al-7Nb

Việc tính lượng các nguyên liệu dùng cho hợp kim titan y sinh mác Ti-6Al-7Nb phải tính đến sự cháy hao của các nguyên tố hợp kim trong quá trình nấu luyện, sao cho, sau khi nấu luyện thu được hợp kim có thành phần đúng với mác yêu cầu. Thành phần nguyên tố đưa vào hợp kim titan y sinh mác Ti-6Al-7Nb được tính dựa theo công thức (I) sau:

$$K = \frac{(a-b).Q}{c.\alpha} g \quad (I)$$

trong đó:

K là khối lượng loại nguyên liệu cần dùng để phối liệu tính theo đơn vị gam (g);

a là thành phần nguyên tố hợp kim muốn có trong hợp kim titan y sinh mác Ti-6Al-7Nb tính theo % khối lượng;

b là thành phần nguyên tố hợp kim đã có trong hợp kim trung gian và trong hồi liệu của hợp kim thành phẩm tính theo % khối lượng;

c là thành phần nguyên tố hợp kim trong nguyên liệu hợp kim trung gian tính theo % khối lượng;

Q là khối lượng mẻ nguyên liệu nạp vào lò tính theo đơn vị gam (g); và

α là hệ số thu hồi của nguyên tố đưa vào.

Sau khi đã tính toán được lượng các nguyên tố hợp kim để phối liệu cho từng mẻ nấu, dùng cân điện tử để cân khối lượng các nguyên liệu đầu vào theo như tính toán.

Hồi liệu của hợp kim thành phẩm bao gồm các vật liệu thừa từ các sản phẩm đã chế tạo như: đậu ngót, rãnh dẫn, ba via mà có thành phần hóa học tương đương với mác hợp kim đã chế tạo nên hồi liệu đã chứa các nguyên tố hợp kim cần đưa vào mác hợp kim cần chế tạo.

(b) kiểm tra thiết bị lò và làm sạch nồi nấu

Để tạo ra hợp kim có chất lượng mong muốn, cần tiến hành công đoạn kiểm tra và chuẩn bị lò. Dùng khí nén thổi sạch buồng lò và vùng trong lòng nồi lò, lau sạch gioăng cao su cửa lò, cửa tiếp nguyên liệu. Chèn nồi lò bằng gốm ZrO_2 vào trong vòng cảm ứng một cách chắc chắn, đảm bảo không bị xô lệch khi rót. Kiểm tra các thiết bị phụ trợ của lò bao gồm hệ thống bơm nước làm mát, hệ thống hút chân không, hệ thống cấp khí Ar, khuôn rót phôi, bơm và đường ống hút chân không để bảo đảm rằng hệ thống lò được hoạt động bình thường.

(c) xếp nguyên liệu vào lò

Nguyên liệu được xếp vào nồi lò theo trình tự nguyên liệu kích thước to được xếp trước, nguyên liệu kích thước nhỏ được xếp sau, sao cho vừa kín không gian lò nhằm tránh tổn hao công suất lò. Ti kim loại và Ti-Nb được xếp trước vào nồi lò để nấu luyện. Tiếp theo, các hợp kim trung gian Ti-Al, Al-Nb, được xếp vào gầu tiếp liệu của buồng tiếp liệu để dùng cho quá trình hợp kim hóa.

(d) sấy nguyên liệu, hút chân không và cân bằng áp suất bằng khí Ar

Sau khi hoàn thành bước xếp nguyên liệu vào lò, đóng cửa buồng lò và chuẩn bị cho quy trình hút chân không. Quy trình sấy liệu và hút chân không được thực hiện theo các bước sau:

Đưa một phần nguyên liệu Ti kim loại vào lò; đặt công suất lò ở 5%, sấy nguyên liệu Ti kim loại trong 5 phút để cháy hết tạp chất còn lưu lại trên nguyên liệu này; đặt giá đỡ khuôn cao vừa phải tránh chạm vào vòng cảm ứng khi rót và đặt khuôn vào vị trí rót; đóng cửa buồng lò, tắt công suất lò; bật bơm hút chân không để tạo khí áp chân không trong buồng lò. Van hút chân không có 2 mức. Mở van hút chân không ở mức 1 trong khoảng 15 giây, sau đó mở van hút chân không ở mức 2 để hút chân không đến khi đạt độ chân không là $5,0 \text{ N/m}^2$.

Để tạo áp suất cân bằng, tiếp đến mở van xả khí Ar vào buồng lò, để khí Ar chạy qua buồng lò trong thời gian khoảng 15 giây, sau đó đóng van hút chân không và tắt bơm chân không. Tiếp tục xả khí Ar vào đến khi áp suất khí Ar trong buồng lò nằm trong khoảng từ 70 đến 80 kN/m^2 , tắt van xả khí Ar. Từ thời điểm này hợp

kim được nấu luyện trong điều kiện môi trường khí Ar ở áp suất nằm trong khoảng từ 70 đến 80 kN/m².

(e) nấu luyện

Sau khi hoàn thành các bước hút chân không và cân bằng áp suất bằng khí Ar, nâng công suất lò lên đến 20%. Sau đó, theo trình tự cứ 4 đến 5 phút, tiến hành nâng công suất lò lên một lần, mỗi lần nâng từ 3 đến 5% để tránh bị nứt nôi. Khi công suất lò đạt 35%, thì sau khoảng 15 đến 20 phút thì nguyên liệu tan chảy gần hết, chuyển sang giai đoạn hợp kim hóa.

(f) hợp kim hóa

Lúc này, nguyên liệu trong nôi đã tan chảy gần hết. Nhiệt độ bắt đầu công đoạn hợp kim hóa nằm trong khoảng từ 1630°C đến 1650°C. Khi nhiệt độ đạt khoảng từ 1630°C đến 1650°C thì cho hợp kim trung gian Ti-Al vào với mức công suất là 35% giữ trong khoảng thời gian, ví dụ 15 giây, tiếp theo cho hợp kim trung gian Al-Nb vào, các nguyên liệu này sẽ được đưa vào nôi lò chứa kim loại lỏng một cách nhanh chóng, đứt khoát qua gầu tiếp liệu được điều khiển từ phía ngoài của buồng lò. Sau đó, nâng công suất lò lên 40%, sau khoảng 30 giây, nguyên liệu sẽ tan hết. Khi đó công đoạn hợp kim hóa đã được hoàn thành.

(g) rót phôi

Sau khi hợp kim hóa, giữ nguyên công suất lò cho đến khi kim loại lỏng đạt đến nhiệt độ 1800°C. Giữ nhiệt độ này trong 30 giây, sau đó, tắt lò, rồi tiến hành rót nguyên liệu vào khuôn.

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Ví dụ 1: Quy trình chế tạo chi tiết bằng hợp kim titan y sinh mác Ti-6Al-7Nb

(a) chuẩn bị nguyên liệu đầu vào

Liệu đầu vào được làm sạch bao gồm: Ti kim loại được mài sạch, cắt thành thanh dài 100mm, rộng 20mm, hợp kim trung gian Ti-Nb, Ti-Al, Al-Nb được đập vụn, kích thước khoảng 5 đến 10mm. Mẻ nấu luyện trong ví dụ này chỉ bao gồm kim loại nền và các hợp kim trung gian, không sử dụng hồi liệu.

Các nguyên liệu nêu trên cần phải sạch và khô, được sấy đủ thời gian ở nhiệt độ đã đặt ra, liệu đạt kích thước yêu cầu.

* Tính toán phối liệu cho hợp kim titan y sinh mác Ti-6Al-7Nb

Khối lượng từng thành phần phối liệu cho một mẻ nấu luyện 500g được tính theo công thức (I) sau đây:

$$K = \frac{(a-b).Q}{c.\alpha} g \quad (I)$$

trong đó:

K là khối lượng loại nguyên liệu cần dùng để phối liệu tính theo đơn vị gam (g);

a là thành phần nguyên tố hợp kim muốn có trong hợp kim titan y sinh mác Ti-6Al-7Nb tính theo % khối lượng;

b là thành phần nguyên tố hợp kim đã có trong hợp kim trung gian tính theo % khối lượng (ví dụ này không sử dụng hồi liệu);

c là thành phần nguyên tố hợp kim trong hợp kim trung gian tính theo % khối lượng;

Q là khối lượng mẻ nguyên liệu nạp vào lò tính theo đơn vị gam (g); và

α là hệ số thu hồi của nguyên tố đưa vào.

Để tính được khối lượng các thành phần nguyên liệu cần dùng để phối liệu cho một mẻ nấu luyện hợp kim titan y sinh mác Ti-6Al-7Nb khối lượng 500g, các tác giả của giải pháp hữu ích đã thực hiện bài toán tổng thể sơ bộ, cân đối giữa các thành phần nguyên liệu, trên cơ sở đó đưa ra khối lượng một loại nguyên liệu hợp kim trung gian cần bổ sung, cụ thể là hợp kim trung gian Al-Nb, với lượng cần dùng để phối liệu là 28,38g (dữ liệu bước tính toán sơ bộ này không được thể hiện cụ thể ở đây). Từ đó, dựa vào công thức (I) nêu trên, tính lượng bổ sung nguyên tố hợp kim Al và Nb như sau:

Tính lượng bổ sung nguyên tố hợp kim Al

$a = 6$ (thành phần % theo khối lượng của Al muốn có trong hợp kim mác Ti-6Al-7Nb);

$b = (28,38 \times 88,12\%) / 500 \times 100 = 5,01$ (thành phần % theo khối lượng của Al đã có trong 28,38g hợp kim trung gian Al-Nb (88,12-11,7));

$c = 46,74$ (thành phần % theo khối lượng của Al trong hợp kim trung gian Ti-Al (53-46,74) là nguyên liệu cần tính để phối liệu);

Nấu luyện trong lò chân không có khí bảo vệ nên không có cháy hao nguyên tố hợp kim, cho nên hệ số thu hồi $\alpha=1$;

Khối lượng mẻ nấu $Q = 500\text{g}$.

Áp dụng công thức (I) nêu trên, khối lượng hợp kim trung gian Ti-Al cần đưa vào mẻ nấu luyện là:

$$K = [(6-5,01) \times 500] / (46,74 \times 1) = 10,59 \text{ (g)}$$

Như vậy khối lượng hợp kim trung gian Ti-Al cần đưa vào phối liệu là 10,59g.

Tính lượng bổ sung nguyên tố hợp kim Nb

$a = 7$ (thành phần % theo khối lượng của Nb muốn có trong hợp kim mác Ti-6Al-7Nb);

$b = (28,38 \times 11,7\%) / 500 \times 100 = 0,67$ (thành phần % theo khối lượng của Nb đã có trong 28,38g hợp kim trung gian Al-Nb (88,12-11,7));

$c = 7,02$ (thành phần % theo khối lượng của Nb trong hợp kim trung gian Ti-Nb (92,89-7,02) là nguyên liệu cần tính để phối liệu);

Nấu luyện trong lò chân không có khí bảo vệ nên không có cháy hao nguyên tố hợp kim, cho nên hệ số thu hồi $\alpha=1$;

Khối lượng mẻ nấu $Q = 500\text{g}$.

Áp dụng công thức (I) nêu trên, khối lượng hợp kim trung gian Ti-Nb cần đưa vào mẻ nấu luyện là:

$$K = [(7-0,67) \times 500] / (7,02 \times 1) = 450,85\text{g}$$

Như vậy khối lượng hợp kim trung gian Ti-Nb cần đưa vào phối liệu là 450,85g.

Khối lượng Ti kim loại cần đưa vào phối liệu = $500 - (28,38 + 10,59 + 450,85) = 10,18\text{g}$.

Từ các kết quả trên, khối lượng các thành phần phối liệu cần đưa vào mẻ nấu luyện khối lượng 500g cho hợp kim titan y sinh mác Ti-6Al-7Nb được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Tính toán phối liệu cho hợp kim titan y sinh mác Ti-6Al-7Nb cho mẻ 500g

Tên nguyên liệu	Ký hiệu	Khối lượng (g)
Ti kim loại	Ti	10,18
Titan nhôm	Ti-Al	10,59
Titan niobi	Ti-Nb	450,85
Nhôm niobi	Al-Nb	28,38

(b) kiểm tra thiết bị lò và làm sạch nồi nấu

Công đoạn này được thực hiện như đã mô tả ở trên.

(c) xếp nguyên liệu vào lò

Nguyên liệu được xếp vào lò theo trình tự liệu to được xếp trước, liệu nhỏ được xếp sau sao cho vừa kín không gian lò (tránh tổn hao công suất). Nguyên liệu Ti và Ti-Nb được xếp vào nồi lò theo yêu cầu nêu trên, tiếp đến xếp nguyên liệu Ti-Al, Al-Nb vào buồng tiếp liệu.

Lò nấu được sử dụng trong quy trình này là lò có ký hiệu VIM02 được sản xuất theo các tiêu chuẩn đặc biệt để phù hợp với quy trình theo giải pháp hữu ích.

(d) sấy nguyên liệu, hút chân không và cân bằng áp suất bằng khí Ar

Trong công đoạn này, cần phải bảo đảm nguyên liệu được sấy đủ thời gian. Giá đỡ khuôn cần phải được đặt ở vị trí cao vừa phải để tránh chạm vào vòng cảm ứng khi rót nguyên liệu. Đưa một phần nguyên liệu vào lò, đặt công suất 5% khoảng 5 phút sấy liệu. Đặt giá đỡ khuôn và khuôn vào vị trí rót. Đóng buồng lò, tắt công

suất lò. Bật bơm hút chân không ở mức 1 để trong khoảng 15 giây, sau đó chuyển sang mức 2 để độ chân không trong buồng lò đạt $5,0 \text{ N/m}^2$. Mở van khí Ar xả vào buồng lò, để hút chân không khoảng 15 giây rồi khóa van hút chân không, tắt bơm hút chân không. Xả khí đến khi áp suất khí trơ trong buồng lò đạt mức 70 kN/m^2 .

(e) nấu luyện

Sau khi kết thúc công đoạn hút chân không, bắt đầu chuyển sang công đoạn nấu luyện. Công suất của lò được nâng lên 5% trong khoảng thời gian 5 phút, tiếp theo nâng công suất lần lượt lên 10%, 15%, 20%, 25%, 30% và 35% với các mốc thời gian tương ứng là 10, 12, 15, 19, 23 và 27 phút.

Ở giai đoạn này, dụng cụ nấu đúc và khuôn trước khi dùng phải sấy khô đạt nhiệt độ đã quy định, nồi lò phải sạch và được sấy khô.

(f) hợp kim hóa

Nhiệt độ kim loại lỏng thu được từ bước nấu luyện được giữ nằm trong khoảng từ 1630°C đến 1650°C . Khi nhiệt độ đạt khoảng từ 1630°C đến 1650°C thì cho hợp kim trung gian Ti-Al vào với mức công suất là 35% giữ trong khoảng thời gian 15 giây, tiếp theo cho hợp kim trung gian Al-Nb vào, các nguyên liệu này sẽ được đưa vào nồi lò chứa kim loại lỏng một cách nhanh chóng, đứt khoát qua gầu tiếp liệu được điều khiển từ phía ngoài của buồng lò. Sau đó, nâng công suất lò lên 40%, sau khoảng 30 giây, nguyên liệu sẽ tan hết. Khi đó công đoạn hợp kim hóa đã được hoàn thành.

Trong bước này, nhiệt độ bắt đầu hợp kim hóa phải đạt yêu cầu kỹ thuật, thao tác bổ sung hợp kim trung gian phải nhanh, đứt khoát, đảm bảo lượng hợp kim trung gian tan chảy hết.

(g) rót phôi

Tiếp tục giữ công suất nồi lò ở 40%, đến khi kim loại lỏng đạt nhiệt độ 1800°C , giữ nhiệt độ này trong thời gian 30 giây. Tắt lò, rót liệu ra khuôn. Sản phẩm thu được sau khi đúc rót đạt các tiêu chuẩn theo yêu cầu.

Hiệu quả đạt được của giải pháp hữu ích

Phôi đúc để chế tạo chi tiết bằng hợp kim titan y sinh Ti-6Al-7Nb theo quy trình của giải pháp hữu ích không bị rỗ, nứt, ngậm xỉ, tổ chức đúc hạt nhỏ, đều trực.

Mặc dù giải pháp hữu ích đã được mô tả bằng các phương án ưu tiên nêu trên, nhưng các phương án này không giới hạn phạm vi bảo hộ của giải pháp hữu ích. Các phương án thay thế tương đương và các dạng cải biến có thể được áp dụng mà không nằm ngoài phạm vi của giải pháp hữu ích được xác định theo bộ yêu cầu bảo hộ đi kèm.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình chế tạo chi tiết bằng hợp kim titan y sinh mác Ti-6Al-7Nb, quy trình này bao gồm các công đoạn sau:

(a) chuẩn bị nguyên liệu đầu vào: làm sạch và sấy khô các nguyên liệu đầu vào bao gồm Ti, các hợp kim trung gian Ti-Nb, Al-Nb và Ti-Al và tính lượng các nguyên liệu dùng cho hợp kim titan y sinh mác Ti-6Al-7Nb;

(b) kiểm tra thiết bị lò và làm sạch nồi nấu;

(c) xếp nguyên liệu vào lò, trong đó nguyên liệu được xếp vào lò theo trình tự liệu to được xếp trước, liệu nhỏ được xếp sau, sao cho vừa kín không gian lò nhằm tránh tổn hao công suất lò, trong đó nguyên liệu Ti và Ti-Nb được xếp vào nồi lò cho quá trình nấu luyện, nguyên liệu Ti-Al, Al-Nb được xếp vào buồng tiếp liệu cho quá trình hợp kim hóa;

(d) sấy nguyên liệu, hút chân không và cân bằng áp suất bằng khí Ar;

(e) nấu luyện;

(f) hợp kim hóa; và

(g) rót phôi;

trong đó:

- lò được sử dụng để nấu luyện là lò cảm ứng chân không, độ chân không là $3 \times 10^{-1} \text{ N/m}^2$ ($3 \times 10^{-3} \text{ mbar}$);

- bước hút chân không được thực hiện bởi bơm hút chân không có van hút chân không 2 mức, trong đó van hút chân được mở ở mức 1 trong khoảng 15 giây, sau đó được mở ở mức 2 để hút chân không đến khi đạt độ chân không là $5,0 \text{ N/m}^2$;

- bước cân bằng áp suất bằng khí Ar được thực hiện bằng cách mở van xả khí Ar vào buồng lò để khí Ar chạy qua buồng lò trong thời gian khoảng 15 giây, tiếp theo đóng van hút chân không và tắt bơm hút chân không, tiếp tục xả khí Ar vào đến khi áp suất khí Ar trong buồng lò nằm trong khoảng từ 70 đến 80 kN/m^2 và tắt van khí Ar;

- công đoạn nấu luyện được tiến hành theo trình tự, khi công suất lò đạt 20%, cứ mỗi 4 đến 5 phút, tiến hành nâng công suất lò lên từ 3 đến 5% đến khi công suất lò đạt 35%, sau khoảng 15 đến 20 phút thì nguyên liệu tan chảy gần hết ; và

- công đoạn hợp kim hóa được tiến hành bằng cách bổ sung lần lượt hợp kim trung gian Ti-Al và Al-Nb vào nồi lò khi nhiệt độ của kim loại lỏng trong nồi lò nằm trong khoảng từ 1630°C đến 1650°C, sau đó nâng công suất lò lên 40%, sau khoảng 30 giây, nguyên liệu sẽ tan chảy hết để kết thúc công đoạn hợp kim hóa.

2. Quy trình theo điểm 1, trong đó nguyên liệu đầu vào còn bao gồm hồi liệu của hợp kim thành phẩm, và lượng các nguyên liệu được tính theo công thức (I) dưới đây:

$$K = \frac{(a-b).Q}{c.\alpha} g \quad (I)$$

trong đó:

K là khối lượng loại nguyên liệu cần dùng để phối liệu tính theo đơn vị gam (g);

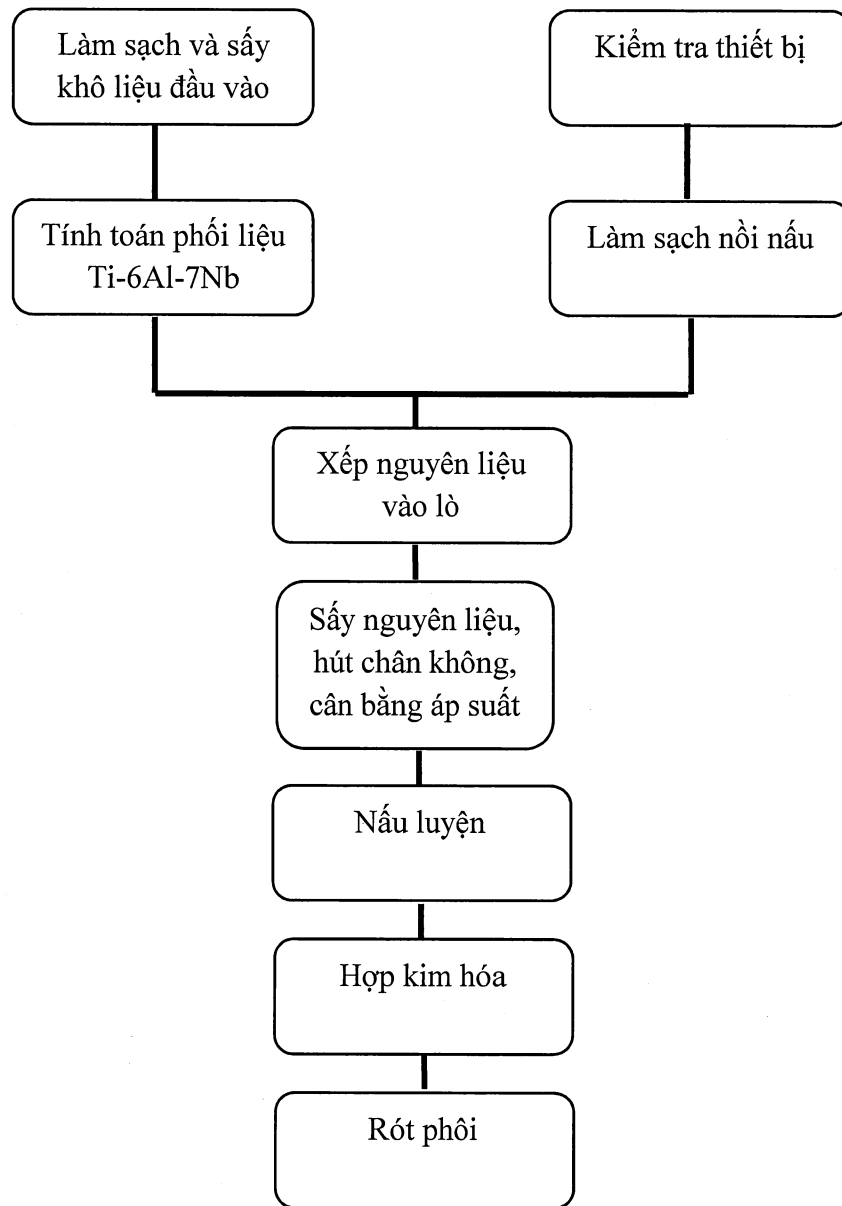
a là thành phần nguyên tố hợp kim muốn có trong hợp kim titan y sinh mác Ti-6Al-7Nb tính theo % khối lượng;

b là thành phần nguyên tố hợp kim đã có trong hợp kim trung gian và trong hồi liệu của hợp kim thành phẩm tính theo % khối lượng;

c là thành phần nguyên tố hợp kim trong hợp kim trung gian tính theo % khối lượng;

Q là khối lượng mẻ nguyên liệu nạp vào lò tính theo đơn vị gam (g);

α là hệ số thu hồi của nguyên tố đưa vào.



Hình 1.