



(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)



1-0044432

(51)^{2020.01} G02B 1/00; A24B 1/00

(13) B

(21) 1-2020-03532

(22) 18/06/2020

(45) 25/03/2025 444

(43) 26/10/2020 391A

(76) 1. NGUYỄN TUẤN HIẾU (VN)

Phòng 2402, Nhà Oct 5b, Khu Đô Thị Handiresco, Đường Phạm Văn Đồng, Quận
Bắc Từ Liêm, Thành phố Hà Nội

2. NGUYỄN ĐÌNH THÁI (VN)

Phòng 202, nhà E5B, ngõ 4D Đặng Văn Ngữ, phường Trung Tự, quận Đống Đa,
thành phố Hà Nội

(54) PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT CỬA SỔ HỒNG NGOẠI HÌNH MÁI VÒM MAGIE
FLORUA ĐA TÍNH THỂ

(21) 1-2020-03532

(57)

Sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất cửa sổ hồng ngoại hình mái vòm Magie Florua đa tinh thể bao gồm 9 bước sau: chuẩn bị bột, ép lạnh, gia nhiệt, ép nóng, thổi khí làm mát, tháo sản phẩm, gia công cơ khí, kiểm tra thử nghiệm và bao gói bảo quản sản phẩm. Độ chân không để ép nóng sản phẩm không cố định mà được điều chỉnh thay đổi phụ thuộc vào nhiệt độ. Kết cấu khuôn ép có bán kính chày và bán kính cối không đồng tâm, tâm bán kính chày cao hơn tâm bán kính cối khoảng $\Delta=(3\div 5)\%$ bán kính chày, phần tiếp xúc của khuôn với hai mép cạnh của mái vòm sản phẩm ép được vẽ tròn với các bán kính r_1, r_2 bằng $(5\div 10)\%$ bán kính chày và cối tương ứng tương ứng. Khi đặt và tháo lực ép không đặt đột ngột mà đặt lực ép tăng dần từ 0 đến khi đạt lực ép tối đa trong khoảng thời gian $(1\div 2)$ phút và sử dụng van xả để giảm lực ép dần dần từ lực ép tối đa về 0 trong khoảng thời gian $(2\div 3)$ phút. Thổi khí Ni tơ vào lò sau khi ép xong với lưu lượng $(40\div 50)$ lít/phút để giảm thời gian làm nguội sản phẩm ép đi một nửa mà vẫn đảm bảo chất lượng và tính nguyên vẹn của sản phẩm. Tổng thời gian sản xuất một đơn vị sản phẩm giảm khoảng $1/3$ so với thông thường.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp ép nóng trong chân không chế tạo cửa sổ hồng ngoại hình mái vòm Magie Florua đa tinh thể.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các phần tử quang hồng ngoại Magie Florua đa tinh thể có rất nhiều ứng dụng trong các hệ quang hồng ngoại. Công nghệ chế tạo phần tử quang hồng ngoại Magie Florua đa tinh thể chủ yếu là ép nóng. Phương pháp ép nóng chế tạo phần tử quang hồng ngoại Magie Florua đa tinh thể đã được mô tả trong các Patent Mỹ số 3.365.271A, 3.294.878, 3.408.430. Toàn bộ nội dung của mỗi patent này được đưa vào đây bằng cách viện dẫn. Sử dụng phương pháp như mô tả trong các Patent nói trên cho phép chế tạo các phần tử quang hình trụ đạt yêu cầu chất lượng. Tuy nhiên, khi chế tạo các phần tử quang hình mái vòm thì chúng bộc lộ một số nhược điểm như mật độ sản phẩm không cao, màu sắc sản phẩm không đồng nhất (có sản phẩm bị đen), độ đồng nhất và tính nguyên vẹn của sản phẩm thấp, thời gian thực hiện lâu làm giảm năng suất sản xuất.

Trong Patent Mỹ số 5.134.518 mô tả phương pháp chế tạo cửa sổ hồng ngoại hình mái vòm Magie Florua bằng phương pháp nuôi cấy đơn tinh thể. So với Magie Florua đơn tinh thể, Magie Florua đa tinh thể có tính chất quang học trong vùng hồng ngoại tương đương nhưng sở hữu tính chất cơ, lý, nhiệt tốt hơn. Công nghệ chế tạo vật liệu đa tinh thể khác hoàn toàn công nghệ chế tạo vật liệu đơn tinh thể.

Hiện nay, các phần tử quang Magie Florua đa tinh thể chế tạo được sở hữu đặc tính như sau:

- Độ truyền qua trong vùng hồng ngoại 2-6 μ m đối với mẫu hình trụ dày 3mm theo các Patent Mỹ số 3.365.271A, 3.294.878 đạt trên 87%;
- Các tính chất cơ, lý, nhiệt như sau [Opto – Mechanical Systems Design, Second Edition, Paul R. Yoder, Jr., Marcel Dekker, Inc; Physical Properties and Data of Optical Materials, Moriaki Wakaki, Takehisa Shibuya, Keiei Kudo, CRC Press]:

▪ Mật độ ρ (g/cm ³):	3,18
▪ Nhiệt dung riêng C_p (J/kg.K):	1023
▪ Độ dẫn nhiệt (W/m.K):	14,65
▪ Độ cứng Knoop (kg/mm ²):	576

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là cung cấp phương pháp sản xuất cửa sổ hồng ngoại hình mái vòm Magie Florua đa tinh thể cho phép thu được sản phẩm có mật độ và tính chất cơ, lý, nhiệt tốt hơn sản phẩm đã biết, tỷ lệ sản phẩm nguyên vẹn trong sản xuất gần như hoàn toàn, hạn chế

tối đa phế phẩm. Sáng chế cung cấp giải pháp nâng cao năng suất chế tạo sản phẩm, nhất là trong sản xuất loạt.

Để thu được sản phẩm có mật độ cao, tính chất cơ, lý, nhiệt tốt hơn sản phẩm đã biết sử dụng bột đầu vào kích thước nano và phương pháp ép nóng trong môi trường chân không. Tuy nhiên, khi ép nóng trong chân không sẽ hạn chế quá trình oxi hóa dẫn đến việc không cháy hết các tạp chất có sẵn trong bột nguyên liệu MgF_2 . Điều đó làm cho sản phẩm tạo ra bị xám đen và trở thành phế phẩm. Để giải quyết vấn đề này sáng chế đề xuất phương pháp ép nóng trong chân không với độ chân không được khống chế phụ thuộc vào nhiệt độ như sau:

Nhiệt độ (°C)	100	200	300	400	500	600	700
Độ chân không (mbar)	500	300	190	120	75	35	15

Để nâng cao độ đồng nhất và tính nguyên vẹn của sản phẩm sáng chế cung cấp giải pháp về khuôn và cách thức đặt và bỏ lực ép. Khuôn theo đề xuất của sáng chế có kích thước lòng khuôn sát với kích thước của sản phẩm giảm thiểu tối đa quá trình gia công cơ khí tạo sản phẩm. Sau khi thu được phôi chỉ cần thực hiện nguyên công mài bóng. Kết cấu khuôn đơn giản cho phép sử dụng được nhiều lần, thuận tiện tháo lắp, tránh dính sản phẩm vào lòng khuôn. Bán kính chày R1 (bán kính trong) và bán kính cối R2 (bán kính ngoài) không đồng tâm, tâm bán kính chày cao hơn tâm bán kính cối khoảng $\Delta=(3\div5)\%$ R1. Phần tiếp xúc của khuôn với hai mép cạnh của máng vòm sản phẩm ép là nơi tạo ra ứng suất nhiều nhất lên sản phẩm ép được vẽ tròn với các bán kính r1, r2 bằng $(5\div10)\%$ bán kính R1, R2 tương ứng.

Sáng chế cung cấp giải pháp đặt lực ép tăng dần từ 0 đến khi đạt lực ép tối đa trong khoảng thời gian $(1\div2)$ phút và sử dụng van xả để giảm lực ép dần dần từ lực ép tối đa về 0 trong khoảng thời gian $(2\div3)$ phút.

Để nâng cao năng suất chế tạo sản phẩm, sáng chế cung cấp giải pháp thổi khí Ni tơ vào lò sau khi ép xong với lưu lượng $(40\div50)$ lít/phút cho phép giảm thời gian làm nguội sản phẩm ép đi một nửa mà vẫn đảm bảo chất lượng và tính nguyên vẹn của sản phẩm. Tổng thời gian sản xuất một đơn vị sản phẩm giảm khoảng 1/3 so với thông thường.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 thể hiện sơ đồ hệ thống ép nóng chế tạo cửa sổ hồng ngoại Magie Florua đa tinh thể. Hệ thống ép nóng này gồm có máy ép thủy lực 1 với trụ ép 2, buồng chân không 3, bơm chân không 4 và tủ điều khiển 5.

Hình 2 thể hiện kết cấu chi tiết của buồng chân không và các trang bị công nghệ cho ép nóng bao gồm buồng chân không 1, nắp 2 có gioăng làm kín, chày trung gian 3 truyền lực ép từ máy ép thủy lực lên chày của khuôn và lỗ ra cho can nhiệt, lò gia nhiệt cảm ứng 4, bộ khuôn 5 và tấm đế 6.

Hình 3 thể hiện kết cấu bộ khuôn ép nóng cửa sổ hồng ngoại Magie Florua đa tinh thể bao gồm cối 1, chày 2, dẫn hướng 3, sản phẩm ép 4 và vít 5.

Hình 4 trình bày sơ đồ tiến trình ép nóng sản xuất cửa sổ hồng ngoại Magie Florua gồm 9 bước.

Hình 5 thể hiện bản vẽ sản phẩm ép nóng cửa sổ hồng ngoại hình mác vòm Magie Florua đa tinh thể.

Hình 6 thể hiện đồ thị độ truyền qua của sản phẩm trong vùng bước sóng hồng ngoại.

Mô tả chi tiết sáng chế

Hệ thống ép nóng được mô tả trong hình 1. Hệ thống bao gồm máy ép thủy lực 1 với trụ ép 2. Buồng chân không 3 có khả năng đạt đến độ chân không 15 mbar nhờ bơm chân không 4 được đặt trên bàn máy ép thủy lực. Độ chân không được điều khiển phụ thuộc vào nhiệt độ. Trên máy ép thủy lực có bộ điều khiển 5 lò gia nhiệt trong buồng chân không.

Kết cấu chi tiết của buồng chân không được thể hiện trong hình 2. Buồng chân không 1 được làm kín bằng nắp 2 có gioăng làm kín với hệ thống tay khóa. Trên nắp buồng chân không có lỗ hình trụ có gioăng làm kín cho chày trung gian 3 truyền lực ép từ máy ép thủy lực lên chày của khuôn và lỗ ra cho can nhiệt. Ở giữa thành buồng có đường ống nước làm mát. Bên trong buồng chân không bố trí lò gia nhiệt cảm ứng 4. Lò gia nhiệt có bộ điều khiển nhiệt độ và tốc độ gia nhiệt với độ chính xác cao (chi tiết 5 của hình 1). Bộ khuôn 5 được đặt hoàn toàn trong lò gia nhiệt 4. Lò gia nhiệt điện trở được đặt trên tấm đế 6 chính giữa bên trong buồng chân không.

Kết cấu bộ khuôn ép nóng cửa sổ hồng ngoại Magie Florua đa tinh thể được mô tả chi tiết trong hình 3. Tất cả các chi tiết của bộ khuôn đều được làm từ vật liệu hợp kim Niken bền nhiệt cao với độ bền phá hủy ở 700°C $\sigma > 350$ MPa. Sản phẩm ép 4 được tạo ra khi nén ép chày 2 theo phương thẳng đứng, được định vị qua dẫn hướng 3 lên cối 1. Độ đồng trục giữa chày 2 và cối 1 được đảm bảo bởi góc côn $\alpha 2$. Lựa chọn khe hở giữa chày 2 và dẫn hướng 3 phù hợp để đảm bảo độ tương quan hình học giữa chày 2 và cối 1 và đảm bảo sự dịch chuyển tương quan giữa chúng ở nhiệt độ cao. Liên kết của khuôn được thực hiện bởi 6 vít 5. Trên bộ khuôn có 3 lỗ cảm can nhiệt $\Phi 5$ ở chày 1, cối 2 và dẫn hướng 3 để đo nhiệt độ chính xác nhất của sản phẩm ép. Các tham số $r1$, $r2$, $R1$, $R2$ được lựa chọn để ứng suất tập trung trên bề mặt sản phẩm ép là nhỏ nhất. Bán kính chày $R1$ (bán kính trong) và bán kính cối $R2$ (bán kính ngoài) không đồng tâm, tâm bán kính chày cao hơn tâm bán kính cối khoảng $\Delta = (3 \div 5) \% R1$. Phần tiếp xúc của khuôn với hai mép cạnh của mác vòm sản phẩm ép là nơi tạo ra ứng suất nhiều nhất lên sản phẩm ép được vẽ tròn với các bán kính $r1$, $r2$ bằng $(5 \div 10) \%$ bán kính $R1$, $R2$ tương ứng. Các giải pháp trên cho phép nâng cao độ đồng nhất và tính nguyên vẹn của sản phẩm. Các tham số $\Phi 1$, $\Phi 2$, $\Phi 3$, $\Phi 4$, $\Phi 5$, $h1$, $h2$, $h3$, H , $\alpha 1$, $\alpha 2$ được tính toán lựa chọn đảm bảo độ chính xác và độ bền tối thiểu. Lòng khuôn được đánh bóng đạt độ nhám Rz đến $0,1 \mu\text{m}$.

Phương pháp ép nóng được thực hiện gồm 9 bước (hình 4) như sau:

Bước 1: Chuẩn bị bột

Bột nguyên liệu Magie Florua kích cỡ 80 – 100nm, độ sạch trên 99,9% được cân đạt khối lượng cần thiết rồi cho vào lòng khuôn. Một khó khăn có thể gặp phải làm giảm khả năng thu được sản phẩm nguyên vẹn là sự kết dính giữa lòng khuôn với sản phẩm ép. Để giải quyết khó khăn này trước khi cho bột Magie Florua vào lòng khuôn cần phủ lớp chất chống dính lên lòng khuôn. Graphit là lựa chọn phù hợp cho chất chống dính ở nhiệt độ cao.

Bước 2: Ép lạnh

Tiến hành ép lạnh bột Magie Florua ở nhiệt độ thường dưới áp suất khoảng 40-50 MPa trong 5-10 phút để kết khối sản phẩm ép. Công đoạn ép lạnh nhằm mục đích tạo ra một khối sản phẩm ép đạt mật độ nhất định để tăng khả năng truyền nhiệt và độ đồng nhất về nhiệt độ trong cả khối khi gia nhiệt.

Bước 3: Gia nhiệt

Gia nhiệt bằng lò gia nhiệt 2. Đặt tốc độ gia nhiệt khoảng 15-20°C/phút và nhiệt độ tối đa khoảng 600-700°C. Nhiệt độ cao hơn là không cần thiết vì sẽ làm kích thước hạt trở nên quá lớn làm giảm chất lượng của sản phẩm ép. Sau khi nhiệt độ trong lò đạt tối đa giữ nhiệt độ đó trong vòng 20-40 phút. Mục đích của quá trình này là tạo sự ổn định quá trình chảy nhót trong toàn bộ vật liệu ép Magie Florua.

Thiết lập độ chân không phụ thuộc vào nhiệt độ như sau:

Nhiệt độ (°C)	100	200	300	400	500	600	700
Độ chân không (mbar)	500	300	190	120	75	35	15

Việc thay đổi độ chân không theo nhiệt độ như trên với mục đích vừa duy trì môi trường chân không mà vẫn đảm bảo cho việc cháy hết các tạp chất có sẵn trong bột nguyên liệu Magie Florua (Các tạp chất này sinh ra trong quá trình chế tạo bột nguyên liệu Magie Florua và không thể bị loại bỏ hoàn toàn). Điều này tránh cho sản phẩm tạo ra bị xám đen và trở thành phế phẩm.

Bước 4: Ép nóng.

Vẫn giữ nhiệt độ 600-700°C đặt lực ép khoảng 200-300 MPa lên chày 3 bởi máy ép thủy lực và giữ trong 20-60 phút. Quá trình đặt lực ép không được đặt đột ngột mà tăng dần lực ép từ 0 đến 200-300 MPa trong thời gian (1÷2) phút. Việc giữ lực ép lâu hơn 60 phút có thể làm giảm chất lượng sản phẩm ép.

Sau đó bỏ lực ép một cách từ từ bằng van xả trong khoảng thời gian (2÷3) phút, dừng quá trình gia nhiệt.

Việc tăng dần lực ép và bỏ lực ép một cách từ từ nhằm mục đích hạn chế hình thành các vết nứt tế vi (“mạng nhện”) trong lòng sản phẩm.

Bước 5: Thổi khí làm mát

Thổi khí Ni tơ làm mát vào lò với lưu lượng (40÷50) lít/phút để làm nguội khuôn cùng sản phẩm ép đến nhiệt độ nhỏ hơn 100°C thì được phép tháo lấy sản phẩm.

Việc thổi khí Ni tơ làm mát nhằm mục đích tăng thời gian làm mát mà vẫn đảm bảo tránh cho sản phẩm tiếp xúc với môi trường không khí ở nhiệt độ cao. Tổng thời gian sản xuất một đơn vị sản phẩm giảm khoảng 1/3 so với để làm mát thông thường.

Bước 6: Tháo sản phẩm

Tháo khuôn lấy sản phẩm.

Bước 7: Gia công cơ khí

Sản phẩm ép sau khi tháo được gia công mài bóng đạt yêu cầu về độ chính xác, chất lượng bề mặt và tương quan hình dáng hình học. Độ song song bề mặt làm việc của cửa sổ hồng ngoại không quá 0,005mm; độ nhám bề mặt làm việc Rz không được quá 0,05 μm , độ sạch của bề mặt làm việc phải từ cấp độ IV trở lên theo GOST 11141, bề mặt bên không được có rỗ, xước; không cho phép phát hiện bằng mắt thường vân xoắn, bọt khí hay tạp chất làm hấp thụ, tán xạ hoặc chệch hướng chùm tia đi qua cửa sổ.

Bước 8: Kiểm tra, thử nghiệm

Kiểm tra, thử nghiệm: Sản phẩm sau khi gia công cơ khí được tiến hành kiểm tra tính chất quang (độ truyền qua bức xạ hồng ngoại) và tính chất cơ, lý, nhiệt.

Bước 9: Bao gói, bảo quản

Tiến hành bao gói sản phẩm bằng vải mềm, cho vào hộp tránh va đập, rơi vỡ.

Ví dụ

Sản phẩm cửa sổ hồng ngoại hình mác vòm Magie Florua đa tinh thể có bán kính cong 40mm, chiều dày 5mm (hình 5).

Các tham số bộ khuôn cho sản phẩm này được đề xuất như sau:

R1 (mm)	R2 (mm)	R (mm)	r2 (mm)	H (mm)	h1 (mm)	h2 (mm)	h3 (mm)	$\Phi 1$ (mm)	$\Phi 2$ (mm)	$\Phi 3$ (mm)	$\Phi 4$ (mm)	$\Phi 5$ (mm)	$\alpha 1$ (°)	$\alpha 2$ (°)
35	40	3	2	210	30	60	90	140	70	110	200	4	20	20

Phương pháp ép nóng cụ thể như sau:

- Chuẩn bị bột: Cân 90g bột nguyên liệu Magie Florua kích thước 80 – 100 nm, độ sạch trên 99,99%. cho vào lòng khuôn.

- Ép lạnh: Ép ở áp suất 50 MPa trong 5 phút.

- Gia nhiệt: Đến nhiệt độ 650°C với tốc độ gia nhiệt 20°/phút. Giữ ở nhiệt độ 650°C trong 30 phút.

Thiết lập độ chân không phụ thuộc vào nhiệt độ như sau:

Nhiệt độ (°C)	100	200	300	400	500	600	650
Độ chân không (mbar)	500	300	190	120	75	35	20

- Ép nóng: Vẫn giữ nhiệt độ 650°C, đặt lực ép tăng đều từ 0 đến 250 MPa trong 2 phút, giữ lực ép 250 MPa trong 45 phút.

Sau đó bỏ lực ép một cách từ từ bằng van xả trong khoảng thời gian 3 phút, dừng quá trình gia nhiệt.

- Thổi khí làm mát: Thổi khí Ni tơ làm mát vào lò với lưu lượng 40 lít/phút để làm nguội khuôn cùng sản phẩm ép đến nhiệt độ 100°C thì tháo lấy sản phẩm. Khả năng lấy được sản phẩm nguyên vẹn khoảng ~100%.

- Gia công cơ khí: Sản phẩm ép sau khi tháo được gia công mài bóng đạt yêu cầu về độ chính xác, chất lượng bề mặt và tương quan hình dáng hình học. Độ song song bề mặt làm việc của cửa sổ hồng ngoại không quá 0,005mm; độ nhám bề mặt làm việc Rz không được quá 0,05 μm , độ sạch của bề mặt làm việc phải từ cấp độ IV trở lên theo GOST 11141, bề mặt bên không được có rỗ, xước; không cho phép phát hiện bằng mắt thường vân xoắn, bọt khí hay tạp chất làm hấp thụ, tán xạ hoặc chệch hướng chùm tia đi qua cửa sổ.

- Kiểm tra, thử nghiệm: Sản phẩm sau khi gia công cơ khí được tiến hành kiểm tra độ truyền qua bức xạ hồng ngoại và tính chất cơ, lý, nhiệt.

Đồ thị độ truyền qua của sản phẩm trong vùng bức xạ hồng ngoại như trên hình 6. Độ truyền qua của sản phẩm cửa sổ hồng ngoại chế tạo được tương đương với các sản phẩm Magie Florua hiện có (độ truyền qua trên 87% ở giải bước sóng 2-6 μm).

Tính chất cơ, lý, nhiệt của sản phẩm cửa sổ hồng ngoại chế tạo được so với các sản phẩm Magie Florua hiện có được trình bày trong bảng dưới đây:

Thông số	Sản phẩm chế tạo	Sản phẩm quốc tế hiện có	So sánh sản phẩm chế tạo với sản phẩm quốc tế hiện có
Mật độ ρ (g/cm ³)	3,183	3,175	Tốt hơn 0,25%
Nhiệt dung riêng C_p (J/kg.K)	1294	1023	Tốt hơn 26,5%
Độ dẫn nhiệt (W/m.K)	16,8	14,6	Tốt hơn 15%
Độ cứng Knoop (kg/mm ²)	676	576	Tốt hơn 17%

- Bao gói, bảo quản sản phẩm ép.

Hiệu quả sáng chế / Những lợi ích sáng chế đạt được

- Cho phép sản xuất được các sản phẩm cửa sổ hồng ngoại hình mái vòm từ bột MgF_2 đa tinh thể có tính chất quang tương đương; tính chất cơ, lý, nhiệt tốt hơn sản phẩm quốc tế hiện có.

- Cho phép thu được sản phẩm cửa sổ hồng ngoại hình mái vòm có mật độ tốt.

- Cho phép thu được sản phẩm cửa sổ hồng ngoại hình mái vòm đạt tỷ lệ sản phẩm nguyên vẹn gần như tuyệt đối (~100%).

- Giảm 1/3 thời gian sản xuất một đơn vị sản phẩm so với phương pháp thông thường làm mát sản phẩm sau ép bằng cách để nguội tự nhiên.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp sản xuất cửa sổ hồng ngoại hình mái vòm có cơ tính tốt và độ truyền qua cao trong vùng hồng ngoại với tỷ lệ sản phẩm nguyên vẹn ~100% và thời gian sản xuất một đơn vị sản phẩm giảm đi 1/3 so với phương pháp thông thường bao gồm giải pháp về khuôn và chín bước thực hiện: chuẩn bị bột; ép lạnh; gia nhiệt; ép nóng; thổi khí làm mát; tháo sản phẩm; gia công cơ khí; kiểm tra; bao gói bảo quản; trong đó:

- khuôn có bán kính chày R1 (bán kính trong) và bán kính cối R2 (bán kính ngoài) không đồng tâm, tâm bán kính chày cao hơn tâm bán kính cối khoảng $\Delta=(3\div5)\% R1$; phần tiếp xúc của khuôn với hai mép cạnh của mái vòm sản phẩm ép được về tròn với các bán kính r1, r2 bằng $(5\div10)\% R1, R2$ tương ứng;

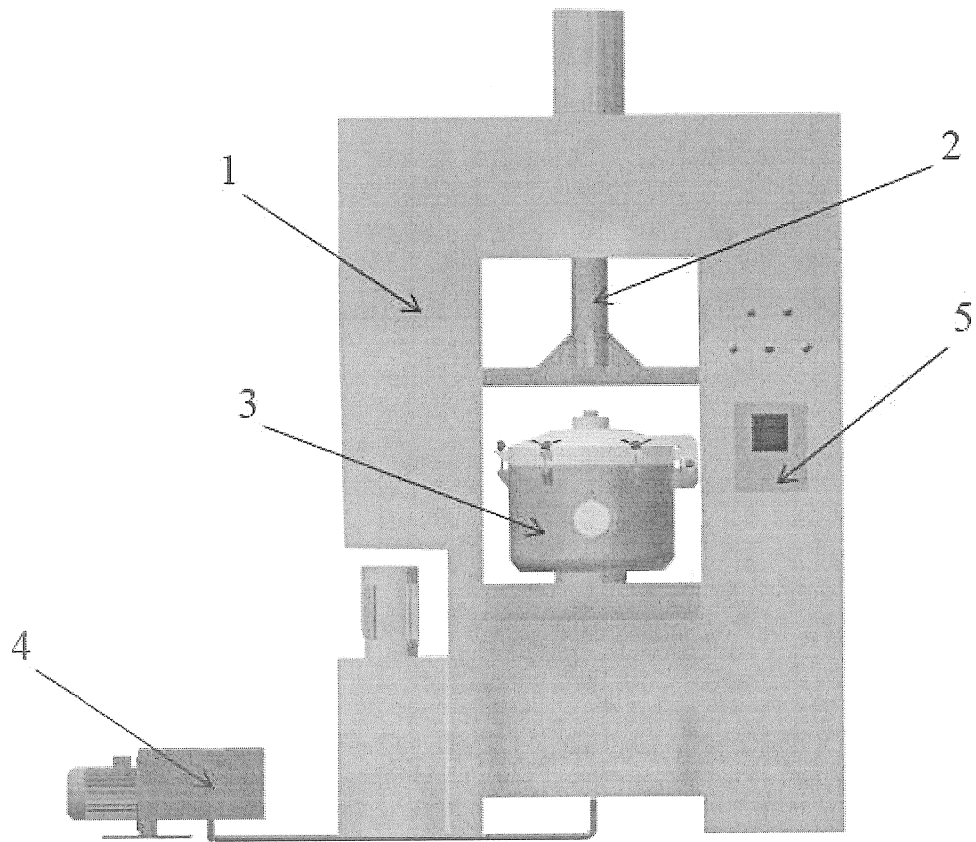
- trong bước gia nhiệt, thiết lập chế độ chân không phụ thuộc nhiệt độ như sau:

Nhiệt độ (°C)	100	200	300	400	500	600	700
Độ chân không (mbar)	500	300	190	120	75	35	15

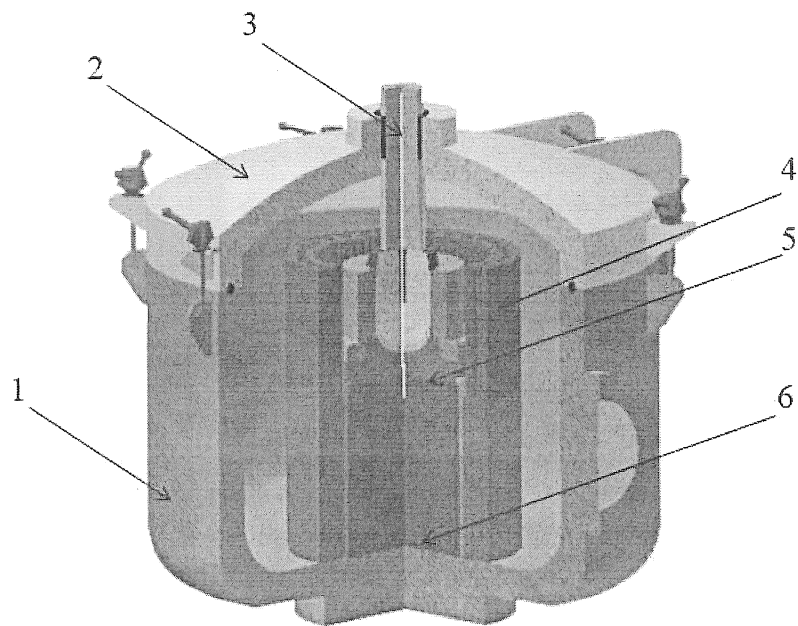
- trong bước thổi khí làm mát, thổi khí Nitơ làm mát với lưu lượng $(40\div50)$ lít/phút cho đến khi nhiệt độ sản phẩm hạ xuống dưới 100°C.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó quá trình đặt lực ép nóng tăng dần từ 0 đến $(200\div300)$ MPa trong $(1\div2)$ phút, quá trình bỏ lực ép được thực hiện bằng van xả từ $(200\div300)$ về 0 MPa trong $(2\div3)$ phút.

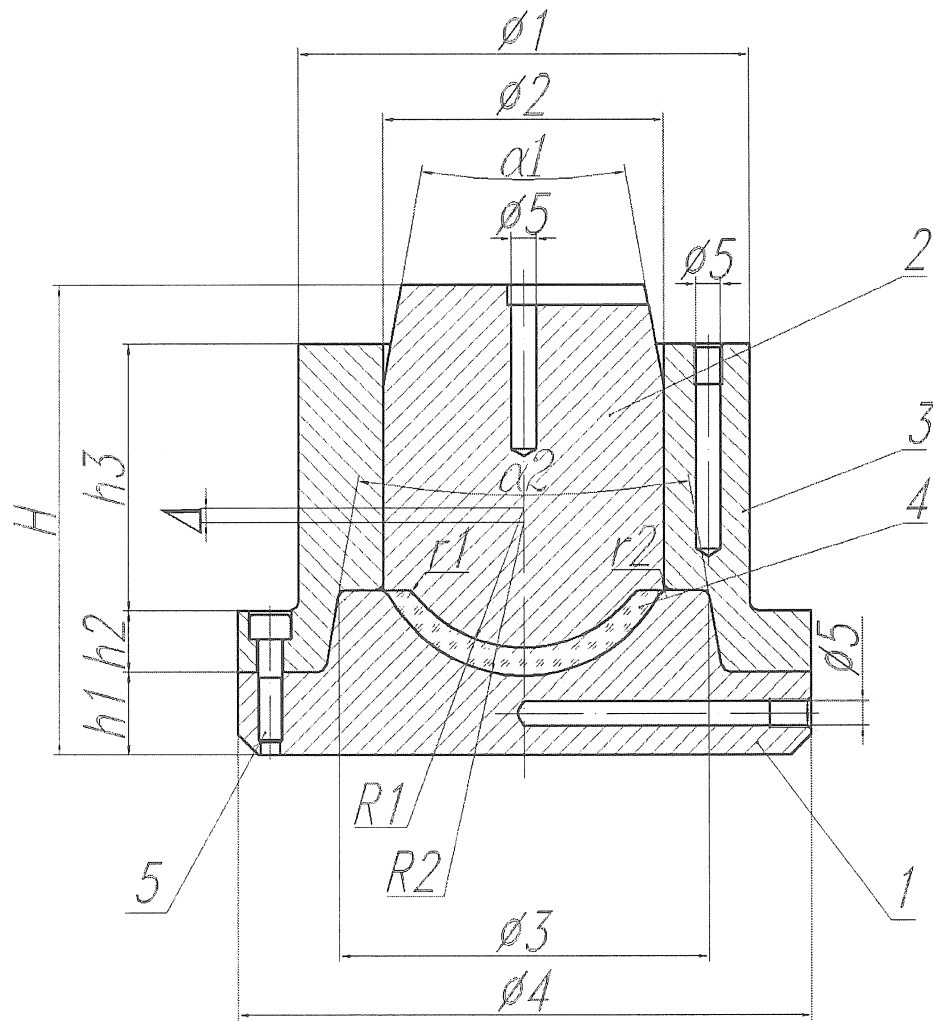
Hình vẽ



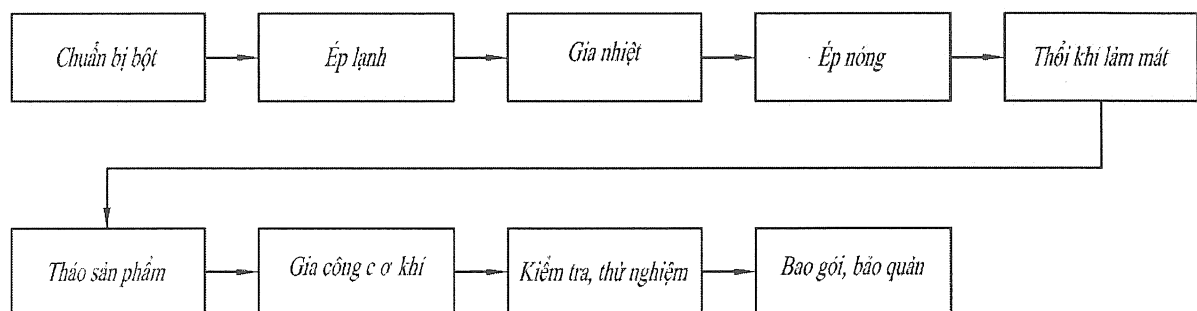
Hình 1



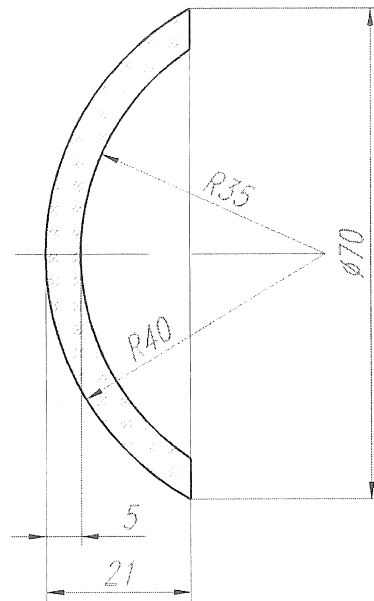
Hình 2



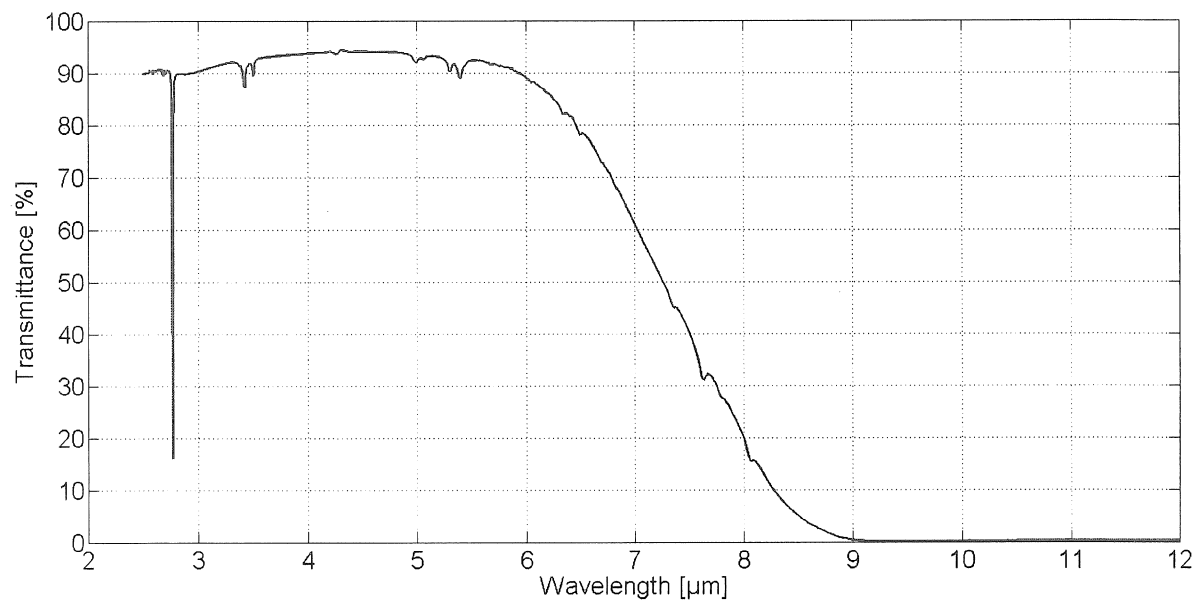
Hình 3



Hình 4



Hình 5



Hình 6