NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CÁC THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ ÉP NÓNG ĐẾN ĐỘ TRUYỀN QUA CỦA GỐM QUANG HỌC MAGIE FLORUA TRONG PHỔ HỒNG NGOẠI

Nguyễn Tuấn Hiếu, Nguyễn Đình Thái*, Trần Đức Long

Tóm tắt: *Bài báo này nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ ép nóng (nhiệt độ, áp suất, thời gian) trong chế tạo gốm quang học Magie Florua (MgF_2) đến độ truyền qua của ánh sáng hồng ngoại, từ đó xác định được bộ thông số công nghệ hợp lý để chế tạo vật liệu gốm quang học đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật ứng dụng cho chóp đầu tự dẫn tên lửa hồng ngoại. Tiến hành nghiên cứu các cơ chế và quy luật xảy ra trong quá trình ép nóng. Chế tạo các mẫu thử ở các thông số công nghệ khác nhau để đánh giá ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến chất lượng sản phẩm ép. Bằng thực nghiệm xác định được chế độ công nghệ ép nóng hợp lý (áp suất P = 250MPa; nhiệt độ T = 650^oC và thời gian ép t = 30 phút) phục vụ chế tạo phôi chóp đầu tự dẫn hồng ngoại đạt các yêu cầu kỹ thuật đề ra.*

Từ khóa: Gốm quang học; Magie Florua; Hồng ngoại; Chóp gió tên lửa hồng ngoại; Công nghệ ép nóng.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khái niệm gốm quang học được sử dụng để chỉ các loại vật liệu đa tinh thể được chế tạo bằng phương pháp ép nóng. Mặc dù đơn tinh thể MgF_2 (được tạo ra bằng phương pháp nuôi cấy đơn tinh thể) có tính chất quang học tuyệt vời, nhưng tính chất cơ học của nó không phải là lý tưởng. So với MgF_2 đơn tinh thể, vật liệu MgF_2 đa tinh thể có tính chất cơ học tốt hơn nhiều mà vẫn đảm bảo tính chất quang học của nó. Với ưu điểm đó, vật liệu đa tinh thể thường được sử dụng cho các sản phẩm làm việc trong điều kiện chịu nhiệt độ và áp suất cao, chẳng hạn như chóp tên lửa. Vật liệu gốm quang học MgF_2 cho phép ánh sáng hồng ngoại trong vùng bước sóng 2-7μm truyền qua, trong đó tốt nhất là vùng bước sóng 3-5μm [1-3]. Đây chính là vùng bước sóng bức xạ hồng ngoại của các mục tiêu của tên lửa hồng ngoại. Chính vì vậy, vật liệu này được gọi là "Cửa sổ hồng ngoại", được sử dụng làm vật liệu quan trọng nhất cho chóp gốm hồng ngoại [4-6].

Phương pháp ép nóng thiêu kết (Hot - Pressing) hay còn gọi đơn giản là ép nóng có thể tạo thành gốm đa tinh thể từ bột đơn tinh MgF_2. Bột sẽ được thiêu kết đồng thời ở nhiệt độ cao và áp suất cao, sẽ được xử lý nung ở các nhiệt độ khác nhau, sau đó tiến hành ép nóng để làm cho mật độ thể tích có thể tiệm cận mật độ lý tưởng, tức là mật độ đơn tinh. Trên thế giới hiện nay đã có nhiều công trình nghiên cứu [1, 7-10] về gốm quang học MgF_2. Các nghiên cứu đã giới thiệu về công nghệ ép nóng chế tạo loại vật liệu này, trong đó chỉ ra rằng, tính chất tốt hay xấu của đa tinh thể ép nóng sẽ chịu ảnh hưởng lớn bởi 3 thông số công nghệ là nhiệt độ, áp suất và thời gian ép nóng. Các nghiên cứu đã đưa ra vùng thông số công nghệ cho ép nóng gốm quang học đa tinh thể MgF_2 như sau: nhiệt độ ép nóng T = [550-750] ^oC, áp suất ép nóng P = [150-350] MPa, thời gian ép nóng t = [15-45] phút. Tuy nhiên, vùng thông số công nghệ như trên là quá rộng, tùy thuộc vào đặc điểm loại bột nguyên liệu cụ thể (đặc biệt là kích cỡ bột) cần lựa chọn bộ thông số công nghệ nhiệt độ, áp suất, thời gian ép nóng tối ưu.

Trong nước, cho đến nay chưa có nghiên cứu chuyên sâu nào về công nghệ ép nóng gốm quang học đa tinh thể MgF_2. Mục đích của bài báo này là nghiên cứu các cơ chế và quy luật xảy ra trong quá trình ép nóng để làm rõ ảnh hưởng của các thông số công nghệ ép nóng đến chất lượng sản phẩm ép, cụ thể là độ truyền qua trong vùng hồng ngoại. Trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết tiến hành các thực nghiệm đánh giá sự ảnh hưởng của từng yếu tố công nghệ ép nóng (nhiệt độ, thời gian, áp suất) đến độ truyền qua. Từ đó, đưa ra bộ thông số công nghệ ép nóng hợp lý.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Công nghệ ép nóng gốm quang học MgF_2

Phương pháp ép nóng xuất hiện đầu thế kỷ XX và ban đầu được phát triển như là một trong những phương pháp luyện kim bột, song ứng dụng thực tiễn của ép nóng không chỉ trong luyện kim bột mà còn trong công nghệ vật liệu gốm. Ép nóng cho phép tăng tính chảy nhớt của vật liệu ở nhiệt độ cao và cho phép thu được các sản phẩm có mật độ cao gần với mật độ lý thuyết. Do nhiệt độ và thời gian quá trình ép ít hơn so với phương pháp thiêu kết truyền thống (thiêu kết không có áp lực) nên sẽ hạn chế sự lớn lên của các hạt tinh thể và cho phép thu được vật liệu cấu trúc hạt nhỏ mịn.

2.1.1. Cơ chế và các quy luật cơ bản kết khối vật liệu khi ép nóng

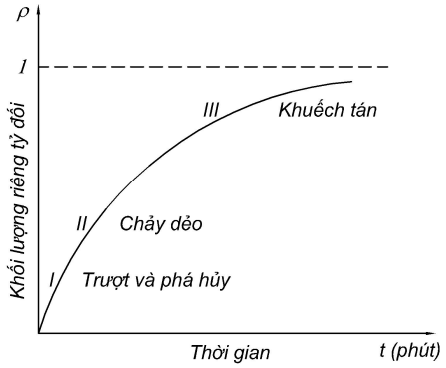
Khi ép nóng thì lực ép từ bên ngoài P được kết hợp với các lực căng bề mặt σ có trong thiêu kết không có áp lực nên quá trình ép nóng được hoạt hóa mạnh và được rút ngắn hơn so với thiêu kết không có áp lực. Động học quá trình kết khối vật liệu bột khi ép nóng được phân chia ra làm 3 giai đoạn đặc trưng cho các quá trình kết khối khác nhau (hình 1).

Giai đoạn thứ nhất: Trượt và phá hủy các hạt bột (khi ép nguội là sắp xếp lại các hạt bột). Ở giai đoạn này, khối lượng riêng của vật liệu bột được tăng lên đột ngột do sự kết hợp các hạt bột lại khi chúng di chuyển đến gần nhau và hình thành bề mặt tiếp xúc. Khi đó, sự biến dạng dẻo không phải là nguyên nhân chính gây nên sự tăng khối lượng riêng này.

Giai đoạn thứ hai: Chảy dẻo và chảy nhớt (khi ép nguội là biến dạng đàn hồi). Giai đoạn này được đặc trưng bởi sự tăng chậm khối lượng riêng. Cơ chế chính ở giai đoạn này là sự biến dạng dẻo (chảy dẻo) có liên quan mật thiết đến sự di chuyển của các sai lệch mạng và được diễn ra khi các ứng suất lớn hơn giới hạn chảy của vật liệu.

Giai đoạn thứ ba: Các quá trình khuếch tán (khi ép nguội là biến dạng dẻo hoặc phá hủy giòn). Trong giai đoạn này, khối lượng riêng tăng lên rất chậm. Quá trình kết khối được quyết định bởi "sự chảy dão dưới áp lực" và do sự khuếch tán khối của các nguyên tử và khuyết tật rỗng.

Có thể thấy rõ trên hình 1, sự phụ thuộc của khối lượng riêng tỷ đối của sản phẩm ép vào thời gian theo 3 giai đoạn. Ở giai đoạn đầu tiên (trượt và phá hùy) khối lượng riêng tăng nhanh nhất. Đến giai đoạn cuối cùng (khuếch tán), khối lượng riêng tăng chậm và khi tiệm cận mật độ lý tưởng (khối lượng riêng tỷ đối gần bằng 1) thì không tăng được nữa. Do đó, có thể tăng nhiệt độ, áp suất và thời gian ép đến một bộ giá trị tối ưu để thu được sản phẩm ép có mật độ lớn nhất có thể. Mật độ sản phẩm ép càng lớn, số lượng và thể tích các lỗ xốp càng nhỏ, độ truyền qua càng cao [11]. Tuy nhiên, sau khi tăng đến giá trị tối ưu, nếu tiếp tục tăng nhiệt độ hoặc áp suất, thời gian ép thì chất lượng sản phẩm ép sẽ giảm xuống, có thể xảy ra hiện tượng cháy hoặc nứt vỡ sản phẩm ép.



Hình 1. *Sự phụ thuộc khối lượng riêng tỷ đối vào thời gian ép.*

Các quá trình chính có thể xảy ra đối với vật liệu khi ép nóng bột gốm gồm có [12]:

- Chảy giả nhớt

$$\frac{d\varepsilon}{dt} \approx \sigma^n \tag{1}$$

Trong đó: ε là sự biến dạng hay sự co ngót; t là thời gian, σ là trạng thái ứng suất.

- Chảy nhớt

Khi đó số mũ n của phương trình trên bằng một (n=1)

$$\frac{d\varepsilon}{dt} \approx \sigma \tag{2}$$

- Biến dạng dẻo

$$\frac{d\varepsilon}{dt} \approx \sigma - \sigma_c \tag{3}$$

Trong đó: σ_c là giới hạn chảy của vật liệu.

Để đánh giá về lượng sự biến dạng các gốm chịu nhiệt khi ép nóng, Muire đã đưa ra phương trình dựa trên cơ sở lý thuyết thiêu kết bột được phát triển bởi Makkezi và Shatvor. Phương trình Muire nêu sự phụ thuộc khối lượng riêng vào áp suất ép, độ chảy nhớt của vật liệu và thời gian ép:

$$\left(\frac{d\rho}{dt}\right)_{en} = \left(\frac{d\rho}{dt}\right)_{tk} + \frac{3}{4}\frac{P}{\eta}(1-\rho) \tag{4}$$

Trong đó: ρ là khối lượng riêng tỷ đối tại thời điểm t; P là áp suất ép; η là độ nhớt của vật liệu; *en* là ép nóng; *tk* là thiêu kết thông thường.

Từ phương trình trên thấy rằng tăng tốc độ kết khối vật liệu khi ép nóng so với thiêu kết thông thường được quyết định bởi thành phần thứ hai của phương trình, đại lượng lực ép và hệ số chảy nhớt của vật liệu khi ép. Khi mà áp suất P lớn hơn nhiều giá trị lực căng bề mặt thì thành phần đầu tiên của phương trình trên có thể bỏ qua, khi đó phương trình có dạng:

$$\left(\frac{d\rho}{dt}\right)_{en} = \frac{3}{4}\frac{P}{\eta}(1-\rho) \tag{5}$$

Như vậy, phương trình tốc độ kết khối vật liệu khi ép nóng có dạng đường cong động học bậc 1, khi đó hằng số tốc độ bằng tỷ lệ áp suất đối với độ nhớt vật liệu. Sau khi tích phân phương trình trên ta được:

$$\ln(1-\rho) = \frac{3}{4}\frac{P}{\eta}t + C \tag{6}$$

Tại thời điểm ban đầu: t = 0; $\rho = \rho_o$ (khối lượng riêng ban đầu của phôi trong khuôn trước khi ép nóng) thì C= ln(1 - ρ). Như vậy hàm ln(1 - ρ) phụ thuộc vào thời gian có dạng đường thẳng và độ nghiêng của đường thẳng này là độ nhớt của vật liệu.

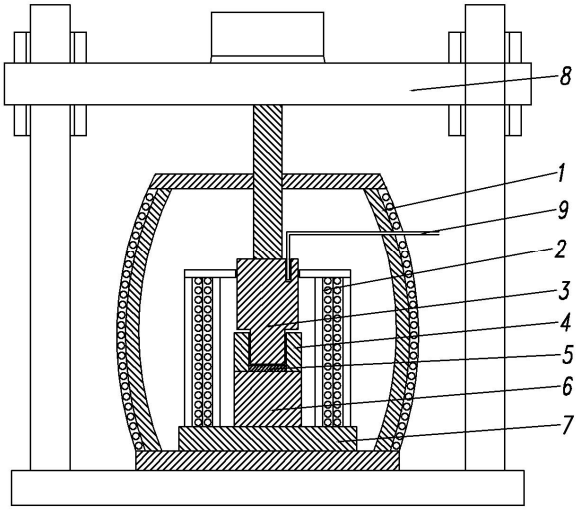
Ép nóng làm tăng khối lượng riêng của phôi ép lên lớn nhất trong điều kiện nhiệt độ giới hạn thấp hơn và thời gian giữ đẳng nhiệt dưới áp lực được rút ngắn so với thiêu kết không có áp lực. Bởi vì tốc độ kết khối, đặc biệt ở giai đoạn cuối, phụ thuộc vào kích thước của hạt bột và hệ số khuyếch tán nên hiệu quả của quá trình kết khối có thể đạt được bằng cách tăng mạnh độ mịn của bột và tăng hoạt tính của chúng bằng cách tạo khuyết tật của mạng tinh thể. Cũng như khi thiêu kết truyền thống, độ mịn của bột được ép nóng ảnh

hưởng rõ rệt lên động học của quá trình. Ví dụ, khi giảm đường kính trung bình của bột từ 10 µm xuống 0,1µm thì nhiệt độ ép nóng tỷ đối cần thiết để thu được vật liệu gốm quang học giảm từ (0,75-0,8) T_{nc} xuống còn (0,55-0,6) T_{nc} hay giảm đi 200-500 $^{\circ}$C.

2.1.2. Thiết bị và công nghệ ép nóng

Trên hình 2, 3 đưa ra sơ đồ nguyên lý và thiết bị ép nóng trong chân không thường được sử dụng để chế tạo các loại gốm quang học đa tinh thể.

Để tiến hành ép nóng thì trước hết bột nguyên liệu thường được ép nguội sơ bộ, sau đó phôi ép sơ bộ được đặt vào khuôn để ép nóng. Khi ép nóng cần phải xác định ba tham số chính: nhiệt độ ép nóng lớn nhất (T_{max}), áp lực ép lớn nhất ở nhiệt độ lớn nhất (P_{max}), thời gian đặt áp lực lớn nhất ở nhiệt độ lớn nhất ($t_{ép}$). Các chế độ ép nóng được lựa chọn có tính đến kích thước và hình dạng sản phẩm do chúng ảnh hưởng đến trạng thái ứng suất khi biến dạng, tính đến các tính chất hóa-lý và cơ học của bột nguyên liệu.



Hình 2. *Sơ đồ nguyên lý thiết bị ép nóng trong chân không. 1- Buồng chân không; 2- Lò gia nhiệt; 3- Chày; 4- Vỏ khuôn; 5- Vật liệu ép; 6- Cối; 7- Bệ đỡ; 8- Bàn máy ép; 9- Can nhiệt.*

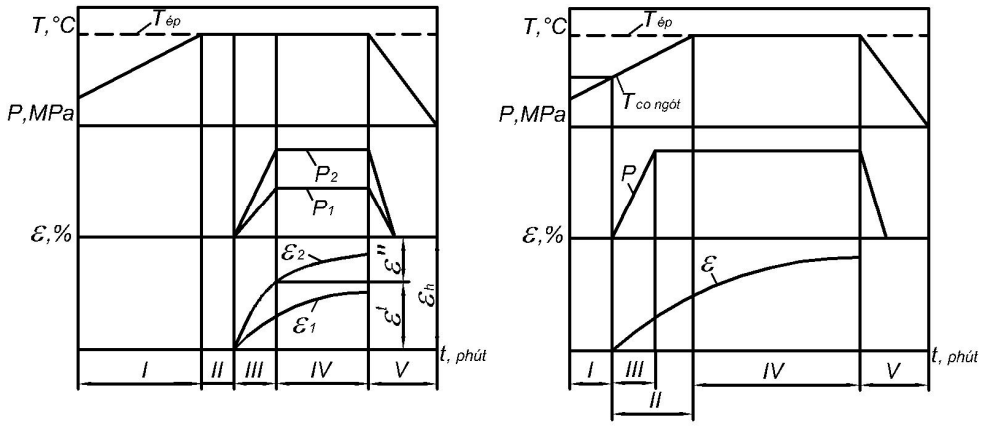


Hình 3. *Thiết bị ép nóng trong chân không tại Viện Công nghệ (lực ép 100T; nhiệt độ nung lớn nhất 1000°C; độ chân không 0,02 bar).*

Quá trình ép nóng phôi ép nguội được chia sơ bộ thành 5 giai đoạn như ở hình 4 với hai trường hợp không đặt áp lực sơ bộ lên phôi ép (hình 4a) và đặt áp lực sơ bộ lên phôi ép (hình 4b). Trong hình 4 mô tả độ biến dạng sản phẩm ép ε theo thời gian phụ thuộc vào việc đặt lực ép P và nhiệt độ ép T trong từng giai đoạn theo các công thức từ (1) đến (6).

Ở giai đoạn đầu (I) phôi ép nguội sơ bộ được nung nóng với tốc độ phụ thuộc vào kích thước của phôi ép trong khoảng thời gian t_1. Khi đạt được nhiệt độ tối ưu sẽ cần phải nung tiếp phôi ép trong khoảng thời gian t_2 để cân bằng nhiệt độ trên toàn bộ tiết diện của sản phẩm (giai đoạn II). Giai đoạn III được đặc trưng bởi tốc độ ép sản phẩm ổn định, khi đó xảy ra sự biến dạng mạnh sản phẩm (phôi) ε^t chiếm 60-75% tổng biến dạng ε_h. Khi tăng tốc độ ép sẽ làm tăng tốc độ biến dạng của sản phẩm (phôi). Tăng lực ép cũng sẽ làm tăng biến dạng của sản phẩm, đặc biệt ở giai đoạn III (lực ép P2 > P1 thu được $\varepsilon_2 > \varepsilon_1$).

Giữ sản phẩm ở nhiệt độ ép tối ưu $T_{ép}$ (giai đoạn IV) dưới áp lực tĩnh rất cần thiết để xảy ra hoàn toàn quá trình thiêu kết sản phẩm. Biến dạng sản phẩm ở giai đoạn này (ε'') tiếp tục diễn ra nhưng với tốc độ chậm hơn. Ở giai đoạn V là quá trình bỏ áp lực và làm nguội sản phẩm với một tốc độ nhất định.

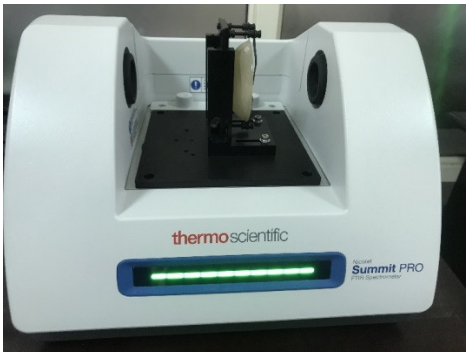


a) b)

Hình 4. *Các giai đoạn và chế độ quá trình ép nóng: không đặt áp lực sơ bộ lên phôi ép (a) và đặt áp lực sơ bộ lên phôi ép (b).*

2.2. Thiết bị đo độ truyền qua phổ hồng ngoại

Đo độ truyền qua mẫu gốm quang học MgF_2 sử dụng máy quang phổ hồng ngoại FTIR với giao thoa kế Michelson [13]. Cụ thể, sử dụng máy quang phổ FTIR Nicolet Summit Pro với giải đo 1,28-16,67 μm (hình 5). Độ truyền qua các mẫu nghiên cứu được đo theo hướng trục ép nóng.



Hình 5. *Máy quang phổ hồng ngoại FTIR.*

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Chuẩn bị mẫu thử

Trên cơ sở lý thuyết về công nghệ ép nóng bột MgF_2, ta lựa chọn vùng giá trị các thông số công nghệ để chế tạo mẫu thử như sau:

- Nhiệt độ ép nóng: T = [550; 600; 650; 700; 750] $^{\circ}$C;
- Áp suất ép nóng: P = [150; 200; 250; 300; 350] MPa;
- Thời gia ép nóng: t = [15; 25; 30; 35; 45] phút.

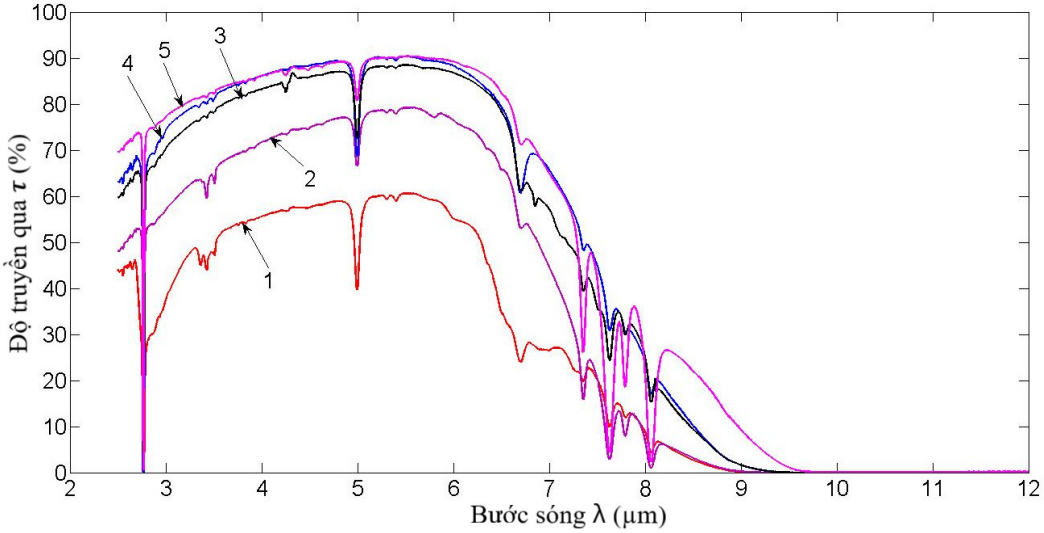
Các mẫu thí nghiệm được ép với các chế độ công nghệ trong vùng trên từ bột MgF_2 kích thước nano (từ 80 đến 100 nm), độ sạch cao (trên 99,9%), được thực hiện tạo hình chóp cầu bởi khuôn chịu nhiệt có độ bền cao trong lò gia nhiệt ở môi trường chân không với áp suất 0,02 bar (hình 3).

Sau khi ép nóng các mẫu phải được gia công 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 mẫu không quá

30’; độ nhám bề mặt làm việc của mẫu Rz không được quá 0,05 µm; độ sạch của bề mặt làm việc phải từ cấp độ IV trở lên theo GOST 11141; chiều dày mẫu 2±0,05mm; bề mặt bên không được có rỗ, xước; không cho phép phát hiện bằng mắt thường trên mẫu có vân xoắn, bọt khí hay tạp chất làm hấp thụ, tán xạ hoặc chệch hướng chùm tia đi qua mẫu [14].

3.2. Kết quả đo và phân tích

Ảnh hưởng của áp suất ép đến độ truyền qua. Trên hình 6 là kết quả đo độ truyền qua của bước sóng hồng ngoại từ 2 đến 12 µm tương ứng với 5 chế độ lực ép khác nhau từ 150 đến 350MPa, nhiệt độ ép 650°C, thời gian ép 30 phút.



Hình 6. *Ảnh hưởng của độ truyền qua phụ thuộc vào lực ép*
1- 150MPa; 2 – 200MPa; 3 – 250MPa; 4 – 300MPa; 5 – 350Mpa.

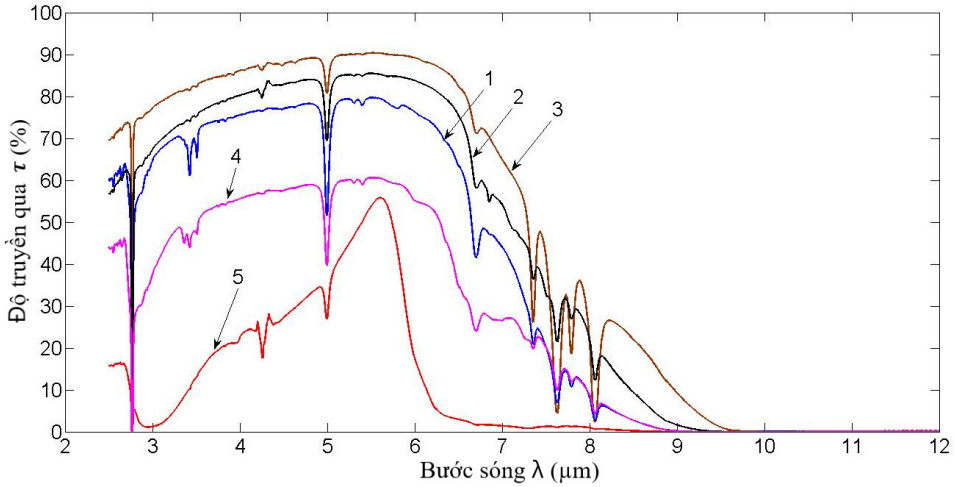
Từ kết quả đo độ truyền qua phụ thuộc vào lực ép cho ta thấy, khi tăng áp suất ép thì độ truyền qua tăng, độ truyền qua đạt được từ 85 đến 90% ở áp suất từ 250 đến 300MPa. Điều này cũng phù hợp với lý thuyết là khi tăng áp suất ép thì tỷ trọng vật liệu ép tăng lên, hiện tượng lưỡng chiết, tán xạ giảm, và do vậy, độ truyền tăng lên. Một số mẫu khi ép ở áp suất 300MPa xảy ra hiện tượng nứt tế vi, ở áp suất 350MPa xuất hiện vết nứt và tách lớp (hình 7). Khi mật độ tăng tiệm cận với mật độ lý tưởng của vật liệu, nếu tiếp tục tăng áp suất nén ép sẽ xảy ra hiện tượng phá hủy giòn như đã trình bày ở mục 2.1a. Thực nghiệm cho thấy, chất lượng sản phẩm ép đạt được tốt nhất ở áp suất 250MPa.



a) P=300MPa; T=650°C, t=30phút. *b) P=350MPa; T=650°C, t=30phút.*

Hình 7. *Mẫu chóp gốm MgF_2 sử dụng công nghệ ép nóng.*

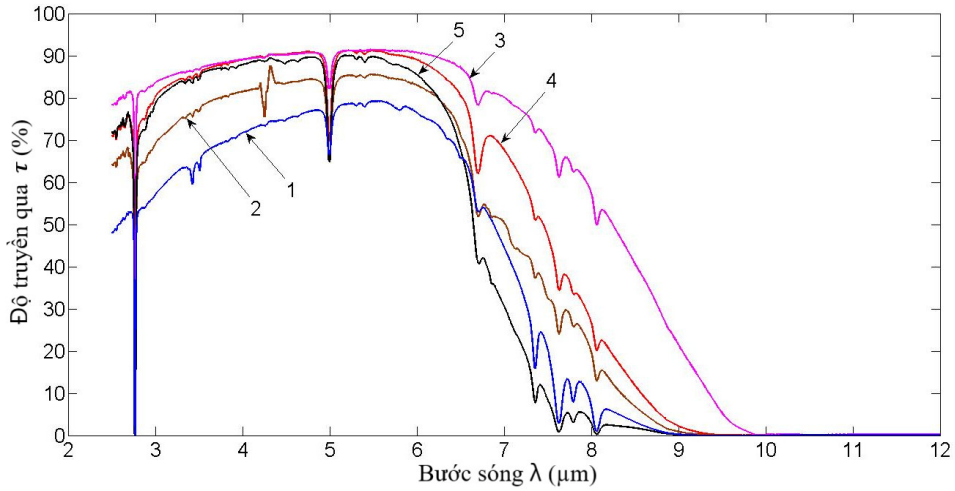
Ảnh hưởng của nhiệt độ ép đến độ truyền qua. Trên hình 8 là kết quả đo độ truyền qua của bước sóng hồng ngoại từ 2 đến 12 µm tương ứng với 5 chế độ nhiệt khác nhau từ 550 đến 750°C, lực ép 250 MPa, thời gian ép 30 phút.



Hình 8. *Ảnh hưởng của độ truyền qua phụ thuộc vào nhiệt độ ép*
1- 550°C; 2 - 600°C; 3 - 650°C; 4 - 700°C; 5 - 750 °C.

Kết quả cho thấy, độ truyền qua đạt cao nhất trong vùng nhiệt độ từ 600 đến 650°C đạt từ 83 đến 90% trong phổ bước sóng từ 3 đến 5 µm; vùng thấp hơn 600°C có độ truyền qua thấp hơn (< 80%), các peak hấp thụ tại bước sóng 2,8 µm; 5,0 µm và 6,7 µm lớn; vùng nhiệt độ ép từ 700°C độ truyền qua thấp (<50%). Các kết quả này cho ta thấy, ở vùng nhiệt độ 550°C chưa đủ để vật liệu xảy ra quá trình thiêu kết hoàn toàn. Nhiệt độ tăng làm tăng kích thước hạt và kích thước hạt ảnh hưởng đến mật độ và độ truyền qua, ở nhiệt độ 700°C kích thước hạt tăng lên đáng kể, tạo lỗ trống giữa các hạt tăng lên, sự tán xạ tăng lên, làm cho độ truyền qua hồng ngoại giảm. Tiếp tục tăng nhiệt độ lên 750°C độ truyền qua giảm mạnh, bề mặt sản phẩm chuyển sang mầu xám đen, có hiện tượng bột bị cháy do nhiệt độ cao.

Ảnh hưởng của thời gian ép đến độ truyền qua. Trên hình 9 là kết quả đo độ truyền qua của bước sóng hồng ngoại từ 2 đến 12 µm tương ứng với 5 chế độ thời gian ép khác nhau từ 15 đến 45 phút, nhiệt độ ép 650°C, áp suất ép 250MPa.



Hình 9. *Ảnh hưởng của độ truyền qua phụ thuộc vào thời gian ép*
1- 15 phút; 2 – 25 phút; 3 – 30 phút; 4 – 35 phút; 5 – 45 phút.

Kết quả đo độ truyền qua đạt giá trị lớn nhất trong phổ bước sóng từ 3 đến 5 µm khi thời gian ép là 30 phút (τ ~ 90%), khi tăng thời gian ép lên trên và dưới 30 phút thì độ truyền qua đều giảm. Ở thời gian ép nhỏ hơn 30 phút chưa đủ cho quá trình thiêu kết vật liệu, kéo dài thời ép thì quá trình khuếch tán xảy ra mảnh liệt hơn, kích thước hạt lớn lên cũng làm cho độ truyền qua giảm.

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu thực nghiệm nhóm tác giả đã xác định được quy luật ảnh hưởng của 3 thông số công nghệ đến độ truyền qua của vật liệu gốm quang học MgF_2 trong phổ hồng ngoại. Xác định được các giá trị thông số công nghệ ép nóng hợp lý (áp suất P = 250MPa; nhiệt độ T = 650^oC và thời gian ép t = 30 phút) phục vụ chế tạo phôi chóp đầu tự dẫn hồng ngoại đạt các yêu cầu kỹ thuật đề ra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Chang Chen Shen, Hon Min Hsiung, *"The optical properties of hot-pressed magnesium fluoride and single-crystal magnesium fluoride in the 0.1 to 9.0 µm range",* Journal of Materials Science, Vol.26, №.7, 1991, p.1627.

[2]. Зверев В.А., Кривопустова Е.В., Точилина Т.В., *"Оптические материалы. Часть 2",* Учебное пособие. Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, мехпники и оптики. 248с., 2009.

[3]. Moriaki Wakaki, Takehisa Shibuya, Keiei Kudo, *"Physical Properties and Data of Optical Materials",* Taylor & Francis Group, LLC, 2006.

[4]. Волынец Ф. К., *"Оптические свойства и области применения оптической керамики",* Оптико-механическая промышленность. 1973. -№ 10. -С. 47-57.

[5]. M. Jain, G. Skandan, A. Singhal e D. Agrawal, *"Processing of nanopowders into transparent ceramics for infrared windows in heat seeking applications",* Window and Dome Technologies VIII. Edited by Tustison, Randal W. Proceedings of the SPIE, Volume 5078, pp, 2003.

[6]. Вильчинская С.С, Лисицын В.М., *"Оптические материалы и технологии",* Учебное пособие. - Томск, ТПУ, 2011 - 107 с.

[7]. Chang C.S., Hon M.H., *"Texture effect of hot-pressed magnesium fluoride on optical transmittance",* Materials Chemistry and Physics Vol.81, 2003, pp.27-32.

[8]. Волынец Ф. К., *"Способы изготовления, структура и физико-химические свойства оптической керамики",* Оптико-механическая промышленность, 1973, - № 9, С. 48-61.

[9]. D.A. Buckner, H.C. Hafner, N.J. Kreild, *"Hot-pressing magnesium fluoride",* Journal of American Ceramic Society 45 (1962) 435–440

[10]. Tzu-Chien Wen. *"Effect of grain size on optical transmittance of birefringent polycrystalline ceramics".* The University of Utah, 2016.

[11]. H.Shahbazia, M.Tataeib, M.H.Enayati, cA.Shafeieye, M. Azizi, Malekabadid, *"Structure-transmittance relationship in transparent ceramics",* Journal of Alloys and Compounds,Volume 785, 2019, P260-285

[12]. Будников П.П., *"Процессы керамического производства",* М.-Издательство иностранной литературы, 1960 - 267 с.

[13]. Rudakova, Aida V.; Belykh, Roman A.; Tsyganenko, Alexey A., *"FTIR study of*

HCN adsorption on magnesium fluoride", Вестник Санкт-Петербургского университета. Физика и Химия, Том 5, No2, 2018г. С.114-126.

[14]. ГОСТ 3520 – 92. *"Метод определения показателей ослабления".*

ABSTRACT

INVESTIGATING THE EFFECT OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON THE TRANSMITTANCE OF OPTICAL CERAMIC MGF IN THE INFRARED SPECTRUM

This paper investigates the effect of hot pressing technology parameters (temperature, pressure, time) on the transmittance of infrared light in manufacturing optical ceramic magnesium fluoride (MgF_2), thereby determining the suitable technological parameters to produce optical ceramic materials that meet the technical requirements of the infrared domes of the self-guide missiles. We also study the mechanisms and laws that occur during the hot pressing process. Fabricating test samples at different technological parameters to evaluate the effect of the parameters on the quality of pressed products. After conducting experiments, we determine the appropriate mode of hot pressing technology (pressure P=250MPa; temperature T=650°C and pressing time t=30 minutes) for making infrared missile domes to meet the proposed requirements.

Keywords: Optical ceramics; Magnesium Fluoride; Infrared; Infrared missile; Hot pressing.

Nhận bài ngày 16 tháng 02 năm 2020
Hoàn thiện ngày 06 tháng 3 năm 2020
Chấp nhận đăng ngày 12 tháng 6 năm 2020

Địa chỉ: Viện Công nghệ/Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng.
*Email: nguyendinhthaivn@gmail.com.