



(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)



1-0045042

(51)^{2020.01} B32B 17/06; H05K 5/03; H05K 5/00;
C03C 10/00; C03C 4/18

(13) B

(21) 1-2021-00667

(22) 12/07/2019

(86) PCT/US2019/041737 12/07/2019

(87) WO 2020/018393 23/01/2020

(30) 62/698,532 16/07/2018 US; 62/698,563 16/07/2018 US; 62/698,582 16/07/2018 US;
62/698,595 16/07/2018 US; 62/698,623 16/07/2018 US; 62/736,682 26/09/2018 US;
62/749,800 24/10/2018 US; 62/749,808 24/10/2018 US; 62/749,815 24/10/2018 US;
62/769,253 19/11/2018 US

(45) 25/04/2025 445

(43) 25/11/2021 404A

(71) CORNING INCORPORATED (US)

One Riverfront Plaza, Corning, New York 14831, United States of America

(72) CLICK, Carol Ann (US); EDMONSTON, James Howard (US); FU, Qiang (US);
HALL, Jill Marie (US); HUBERT, Mathieu Gerard Jacques (FR); JOSHI, Dhananjay
(IN); KITTLESON, Andrew Peter (US); KROEMER, Katherine Weber (US);
MOORE, Galan Gregory (US); RAI, Rohit (IN); RIDGE, John Richard (US);
SALTZER, JR., John Robert (US); SMITH, Charlene Marie (US); STAPLETON,
Erika Lynn (US); TROSA, Matthew Daniel (US); UKRAINCZYK, Ljerka (US);
WILSON, Shelby Kerin (US); YANG, Bin (CN); ZHENG, Zheming (US).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) VẬT PHẨM GỒM THỦY TINH VÀ THIẾT BỊ ĐIỆN TỬ BAO GỒM VẬT PHẨM
GỒM THỦY TINH NÀY

(21) 1-2021-00667

(57) Sáng chế đề cập tới vật phẩm gồm thủy tinh chứa pha tinh thể lithi đisilicat, pha tinh thể petalit, và pha thủy tinh còn dư. Vật phẩm gồm thủy tinh có độ vênh (μm) $< (3,65 \times 10^{-9} / \mu\text{m} \times \text{đường chéo}^2)$ trong đó đường chéo là số đo đường chéo của vật phẩm gồm thủy tinh theo μm , ứng suất nhỏ hơn 30 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày vật phẩm gồm thủy tinh, độ mờ đục (%) $< 0,0994t + 0,12$ trong đó t là độ dày của vật phẩm gồm thủy tinh theo mm, và độ truyền qua quang học (%) $> 0,91 \times 10^{(2-0,03t)}$ của các bước sóng bức xạ điện từ từ 450 nm tới 800 nm, trong đó t là độ dày của vật phẩm gồm thủy tinh theo mm. Sáng chế còn đề cập đến thiết bị điện tử bao gồm vật phẩm gồm thủy tinh này.

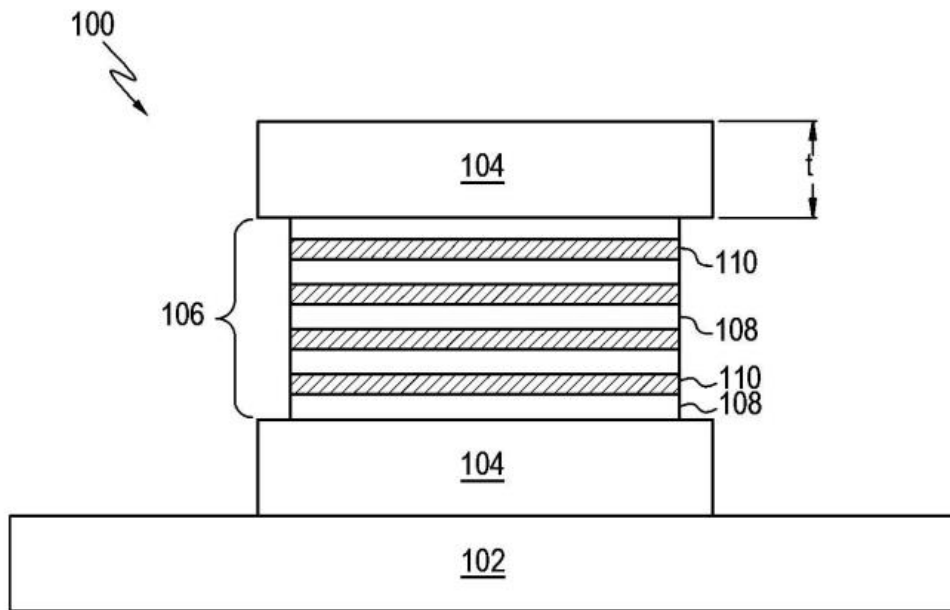


FIG. 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế này đề cập chung tới các vật phẩm gốm thủy tinh, và cụ thể là đề cập tới các vật phẩm gốm thủy tinh có các tính chất được cải thiện, như độ vênh thấp, ứng suất thấp, độ trong suốt cao, độ bền nứt vỡ cao, và độ cứng cao.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Có nhu cầu về thủy tinh có độ bền cao cho các thiết bị điện tử di động. Các vật liệu khác nhau hiện đang được sử dụng trên thị trường như thủy tinh, zircon, nhựa, kim loại, và các gốm thủy tinh.

Các gốm thủy tinh có các ưu điểm cụ thể vượt qua các vật liệu khác, nhưng nó có thể khó tạo thành gốm thủy tinh có các tính chất được yêu cầu cho thiết bị di động có độ bền cao. Theo đó, tồn tại nhu cầu về các vật phẩm gốm thủy tinh có các tính chất được cải thiện và các phương pháp tạo thành các vật phẩm gốm thủy tinh.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Khía cạnh thứ nhất chứa vật phẩm gốm thủy tinh bao gồm: pha tinh thể lithi disilicat; pha tinh thể petalit; và pha thủy tinh còn dư, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có: độ vênh (μm) $< (3,65 \times 10^{-9} / \mu\text{m} \times \text{đường chéo}^2)$ trong đó đường chéo là số đo đường chéo của vật phẩm gốm thủy tinh theo μm ; ứng suất nhỏ hơn 30 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày vật phẩm gốm thủy tinh; độ mờ đục (%) $< 0,0994t + 0,12$ trong đó t là độ dày của vật phẩm gốm thủy tinh theo mm; và độ truyền qua quang học (%) $> 0,91 \times 10^{(2-0,03t)}$ của các bước sóng bức xạ điện từ từ 450 nm tới 800 nm, trong đó t là độ dày của vật phẩm gốm thủy tinh theo mm.

Khía cạnh thứ hai bao gồm vật phẩm gốm thủy tinh của khía cạnh thứ nhất, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có độ bền nứt vỡ trong khoảng giới hạn từ 1,0 MPa $\sqrt{\text{m}}$ tới 2,0 MPa $\sqrt{\text{m}}$.

Khía cạnh thứ ba bao gồm vật phẩm gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có độ cứng được đo bởi bộ ấn lõm Vickers tại tải 200 g lớn hơn 680 kgf.

Khía cạnh thứ tư bao gồm vật phẩm gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh được gia cường và có ứng suất nén lớn hơn 175 MPa.

Khía cạnh thứ năm bao gồm vật phẩm gốm thủy tinh của khía cạnh thứ tư, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có độ căng trung tâm lớn hơn hoặc bằng với 80 MPa.

Khía cạnh thứ sáu bao gồm vật phẩm gốm thủy tinh của khía cạnh thứ tư hoặc thứ năm, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có độ sâu nén là $0 \leq t \leq 0,3 \cdot t$, trong đó t là độ dày của vật phẩm gốm thủy tinh.

Khía cạnh thứ bảy bao gồm vật phẩm gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh bao gồm lớn hơn 20% khối lượng là pha tinh thể lithi đisilicat.

Khía cạnh thứ tám bao gồm vật phẩm gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh bao gồm lớn hơn 20% khối lượng là pha tinh thể petalit.

Khía cạnh thứ chín bao gồm vật phẩm gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh bao gồm từ 5% khối lượng tới 30% khối lượng là pha thủy tinh còn dư.

Khía cạnh thứ mười bao gồm vật phẩm gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có độ vênh được đo trên các vật phẩm thủy tinh 156 mm x 76 mm là nhỏ hơn 100 μm .

Khía cạnh thứ mười một bao gồm vật phẩm gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh bao gồm ứng suất nhỏ hơn 25 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày vật phẩm gốm thủy tinh.

Khía cạnh thứ mười hai bao gồm vật phẩm gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có độ mờ đục được đo tại độ dày 0,8 mm là nhỏ hơn 0,20.

Khía cạnh thứ mười ba bao gồm vật phẩm gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có độ truyền qua quang học của các bước sóng bức xạ điện từ từ 450 nm tới 800 nm được đo tại độ dày 0,8 mm là lớn hơn 85%.

Khía cạnh thứ mười bốn bao gồm vật phẩm gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có độ dày từ 0,3 mm và 1,0 mm.

Khía cạnh thứ mười lăm bao gồm vật phẩm gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có pha tinh thể lithi phosphat.

Khía cạnh thứ mười sáu bao gồm thiết bị điện tử có bề mặt trong suốt, bề mặt trong suốt bao gồm vật phẩm gốm thủy tinh có độ dày từ 0,3 mm tới 1,0 mm, vật phẩm gốm thủy tinh bao gồm: pha tinh thể lithi đisilicat; pha tinh thể petalit; và pha thủy tinh còn dư, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có: độ vênh (μm) $< (3,65 \times 10^{-9} / \mu\text{m} \times \text{đường chéo}^2)$ trong đó đường chéo là số đo đường chéo của vật phẩm gốm thủy tinh theo μm ; ứng suất nhỏ hơn 30 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày vật phẩm gốm thủy tinh; độ mờ đục (%) $< 0,0994t + 0,12$ trong đó t là độ dày của vật phẩm gốm thủy tinh theo mm; và độ truyền qua quang học (%) $> 0,91 \times 10(2 - 0,03t)$ của các bước sóng bức xạ điện từ từ 450 nm tới 800 nm, trong đó t là độ dày của vật phẩm gốm thủy tinh theo mm.

Khía cạnh thứ mười bảy bao gồm thiết bị điện tử của khía cạnh thứ mười sáu, trong vật phẩm gốm thủy tinh có độ bền nứt vỡ trong khoảng giới hạn từ 1,0 MPa $\sqrt{\text{m}}$ tới 2,0 MPa $\sqrt{\text{m}}$.

Khía cạnh thứ mười tám bao gồm thiết bị điện tử theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh thứ mười sáu hoặc mười bảy, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có độ cứng được đo bởi bộ ấn lõm Vickers tại tải 200 g là lớn hơn 680 kgf.

Khía cạnh thứ mười chín bao gồm thiết bị điện tử theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh thứ mười sáu tới mười tám, trong đó vật phẩm gồm thủy tinh được gia cường và có ứng suất nén lớn hơn 175 MPa.

Khía cạnh thứ hai mươi bao gồm thiết bị điện tử theo khía cạnh thứ mười chín, trong đó vật phẩm gồm thủy tinh có độ căng trung tâm lớn hơn hoặc bằng với 80 MPa.

Khía cạnh thứ hai mươi một đề xuất thiết bị điện tử theo khía cạnh thứ mười chín hoặc hai mươi, trong đó vật phẩm gồm thủy tinh có độ sâu nén từ $0 \cdot t$ tới $0,3 \cdot t$, trong đó t là độ dày của vật phẩm gồm thủy tinh.

Khía cạnh thứ hai mươi hai đề xuất thiết bị điện tử theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ khía cạnh thứ mười sáu tới khía cạnh thứ hai mươi một, trong đó vật phẩm gồm thủy tinh chứa lớn hơn 20% khối lượng là pha tinh thể lithi đisilicat.

Khía cạnh thứ hai mươi ba đề xuất thiết bị điện tử theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ khía cạnh thứ mười sáu tới khía cạnh thứ hai mươi hai, trong đó vật phẩm gồm thủy tinh chứa lớn hơn 20% khối lượng là pha tinh thể petalit.

Khía cạnh thứ hai mươi tư đề xuất thiết bị điện tử theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ khía cạnh thứ mười sáu tới khía cạnh thứ hai mươi ba, trong đó vật phẩm gồm thủy tinh bao gồm từ 5% khối lượng tới 30% khối lượng của pha thủy tinh còn dư.

Khía cạnh thứ hai mươi lăm đề xuất thiết bị điện tử theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ khía cạnh thứ mười sáu tới khía cạnh thứ hai mươi tư, trong đó vật phẩm gồm thủy tinh có độ vênh được đo trên các tấm 156 mm x 76 mm là nhỏ hơn 100 μm .

Khía cạnh thứ hai mươi sáu đề xuất thiết bị điện tử theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ khía cạnh thứ mười sáu tới khía cạnh thứ hai mươi lăm, trong đó vật phẩm gồm thủy tinh có ứng suất nhỏ hơn 25 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày tấm.

Khía cạnh thứ hai mươi bảy đề xuất thiết bị điện tử theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ khía cạnh thứ mười sáu tới khía cạnh thứ hai mươi sáu, trong đó vật phẩm gồm thủy tinh có độ mờ đục được đo tại độ dày 0,8 mm là nhỏ hơn 0,20.

Khía cạnh thứ hai mươi tám đề xuất thiết bị điện tử theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ khía cạnh thứ mười sáu tới khía cạnh thứ hai mươi bảy, trong đó vật phẩm gồm thủy tinh có độ truyền qua quang học của các bước sóng bức xạ điện từ từ 450 nm tới 800 nm được đo tại độ dày 0,8 mm là lớn hơn 85%.

Khía cạnh thứ hai mươi chín đề xuất thiết bị điện tử theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ khía cạnh thứ mười sáu tới khía cạnh thứ hai mươi tám, trong đó vật phẩm gồm thủy tinh có độ dày từ 0,3 mm và 1,0 mm.

Khía cạnh thứ ba mươi đề xuất phương pháp gồm hóa vật phẩm thủy tinh thành thủy tinh-gốm bao gồm các bước: đặt vật phẩm thủy tinh vào trong thiết bị gia nhiệt; gia nhiệt vật phẩm thủy tinh tới nhiệt độ giữ thứ nhất tại tốc độ gia nhiệt được xác định từ trước thứ nhất; giữ vật phẩm thủy tinh tại nhiệt độ giữ thứ nhất trong khoảng thời gian được xác định từ trước thứ nhất, trong đó độ nhót của vật phẩm thủy tinh được duy trì nằm trong log của độ nhót $\pm 1,0$ poa của độ nhót đích trong suốt khoảng thời gian được xác định từ trước thứ nhất; gia nhiệt vật phẩm thủy tinh từ nhiệt độ giữ thứ nhất tới nhiệt độ giữ thứ hai tại tốc độ gia nhiệt được xác định từ trước thứ hai; giữ vật phẩm thủy tinh tại nhiệt độ giữ thứ hai trong khoảng thời gian thứ hai, trong đó tỉ trọng của vật phẩm thủy tinh được kiểm soát từ việc gia nhiệt của vật phẩm thủy tinh từ nhiệt độ giữ thứ nhất qua khoảng thời gian thứ hai; và kết thúc khoảng thời gian thứ hai khi trị số tuyệt đối của tốc độ thay đổi tỉ trọng của vật phẩm thủy tinh là nhỏ hơn hoặc bằng với 0,10 (g/cm³)/phút.

Khía cạnh thứ ba mươi một đề xuất phương pháp theo khía cạnh thứ ba mươi, trong đó bước kết thúc khoảng thời gian thứ hai xuất hiện khi trị số tuyệt đối của tốc độ thay đổi tỉ trọng của vật phẩm thủy tinh là 0,00 (g/cm³)/phút.

Khía cạnh thứ ba mươi hai đề xuất phương pháp theo khía cạnh thứ ba mươi một, trong đó trong suốt khoảng thời gian được xác định từ trước thứ nhất, độ nhót của vật phẩm thủy tinh được duy trì nằm trong log của độ nhót $\pm 0,1$ poa của độ nhót đích.

Khía cạnh thứ ba mươi ba đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ ba mươi một tới ba mươi hai, trong đó độ nhót của vật phẩm thủy tinh được duy trì nằm trong log của độ nhót $\pm 1,0$ poa của độ nhót đích trong suốt, ít nhất là một phần của việc gia nhiệt vật phẩm thủy tinh từ nhiệt độ giữ thứ nhất tới nhiệt độ giữ thứ hai.

Khía cạnh thứ ba mươi tư đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ ba mươi một tới ba mươi ba, trong đó độ nhót của vật phẩm thủy tinh được duy trì nằm trong độ nhót log $\pm 1,0$ poa của độ nhót đích trong suốt khoảng thời gian được xác định từ trước thứ nhất sử dụng việc điều khiển độ nhót tự động.

Khía cạnh thứ ba mươi lăm đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ ba mươi một tới ba mươi tư, trong đó tỉ trọng của vật phẩm thủy tinh được kiểm soát tại chỗ trong suốt bước gia nhiệt vật phẩm thủy tinh từ nhiệt độ giữ thứ nhất tới nhiệt độ giữ thứ hai và bước giữ vật phẩm thủy tinh tại nhiệt độ giữ thứ hai trong khoảng thời gian thứ hai.

Khía cạnh thứ ba mươi sáu đề xuất phương pháp theo khía cạnh thứ ba mươi tư, trong đó tỉ trọng của vật phẩm thủy tinh được kiểm soát tại chỗ của bước gia nhiệt vật phẩm thủy tinh từ nhiệt độ giữ thứ nhất tới nhiệt độ giữ thứ hai tại tốc độ gia nhiệt được xác định từ trước thứ hai và bước giữ vật phẩm thủy tinh tại nhiệt độ giữ thứ hai trong khoảng thời gian thứ hai với giãn nở kế.

Khía cạnh thứ ba mươi bảy đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ ba mươi một tới ba mươi sáu, trong đó khoảng thời gian thứ hai được kết thúc khi tỉ trọng của vật phẩm thủy tinh là hằng số trong ít nhất 50 phút.

Khía cạnh thứ ba mươi tám đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ ba mươi một tới ba mươi bảy, trong đó khoảng thời gian thứ hai được kết thúc khi tỉ trọng của vật phẩm thủy tinh là hằng số trong ít nhất 100 phút.

Khía cạnh thứ ba mươi chín đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ khía cạnh thứ ba mươi một tới ba mươi tám, trong đó tốc độ gia nhiệt được xác định từ trước thứ nhất được xác định dựa ít nhất một phần trên hiệu quả hoạt động của hệ thống điều khiển độ nhót tự động.

Khía cạnh thứ bốn mươi đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ khía cạnh thứ ba mươi một tới ba mươi chín, trong đó tốc độ gia nhiệt được xác định từ trước thứ hai được xác định dựa ít nhất một phần trên hiệu quả hoạt động của hệ thống điều khiển độ nhớt tự động.

Khía cạnh thứ bốn mươi một đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ ba mươi một tới bốn mươi, còn bao gồm bước áp dụng lực dẫn khối lượng vào vật phẩm thủy tinh.

Khía cạnh thứ bốn mươi hai đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ ba mươi một tới bốn mươi một, trong đó vật phẩm thủy tinh là một phần của chông thủy tinh.

Khía cạnh thứ bốn mươi ba đề xuất phương pháp theo khía cạnh thứ bốn mươi hai, trong đó chông thủy tinh bao gồm: cơ cấu định vị thứ nhất; nhiều tấm thủy tinh được đặt trên cơ cấu định vị thứ nhất; và cơ cấu định vị thứ hai trên chông các tấm thủy tinh.

Khía cạnh thứ bốn mươi tư đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ bốn mươi hai tới bốn mươi ba, trong đó nhiều tấm thủy tinh bao gồm ít nhất 10 tấm thủy tinh.

Khía cạnh thứ bốn mươi lăm đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ bốn mươi hai tới bốn mươi tư, trong đó nhiều tấm thủy tinh bao gồm ít nhất 20 tấm thủy tinh.

Khía cạnh thứ bốn mươi sáu đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ ba mươi một tới bốn mươi lăm, trong đó độ chênh nhiệt độ của vật phẩm thủy tinh từ nhiệt độ được lập trình nằm trong khoảng thời gian được xác định từ trước thứ nhất là nằm trong $\pm 8^{\circ}\text{C}$.

Khía cạnh thứ bốn mươi bảy đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ ba mươi một tới bốn mươi sáu, trong đó độ chênh nhiệt độ của vật phẩm thủy tinh từ nhiệt độ được lập trình nằm trong khoảng thời gian được xác định từ trước thứ nhất là nằm trong $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Khía cạnh thứ bốn mươi tám đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ ba mươi một tới bốn mươi bảy, trong đó độ chênh nhiệt độ của vật phẩm thủy tinh từ nhiệt độ được lập trình nằm trong khoảng thời gian thứ hai là nằm trong $\pm 8^{\circ}\text{C}$.

Khía cạnh thứ bốn mươi chín đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ ba mươi một tới bốn mươi tám, trong đó độ chênh nhiệt độ của vật phẩm thủy tinh từ nhiệt độ được lập trình nằm trong khoảng thời gian thứ hai là nằm trong $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Khía cạnh thứ năm mươi đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ ba mươi một tới bốn mươi chín, trong đó bước gia nhiệt vật phẩm thủy tinh tới nhiệt độ giữ thứ nhất tại tốc độ gia nhiệt được xác định từ trước thứ nhất bao gồm việc gia nhiệt nhiều giai đoạn.

Khía cạnh thứ năm mươi một đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ ba mươi một tới năm mươi, trong đó trong suốt bước gia nhiệt vật phẩm thủy tinh tới nhiệt độ giữ thứ nhất tại tốc độ gia nhiệt được xác định từ trước thứ nhất, độ nhót của vật phẩm thủy tinh được duy trì tại mức lớn hơn hoặc bằng với độ nhót log 11,0 poa.

Khía cạnh thứ năm mươi hai đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ ba mươi một tới năm mươi một, trong đó trong suốt khoảng thời gian được xác định từ trước thứ nhất, độ nhót của vật phẩm thủy tinh được duy trì ở mức lớn hơn hoặc bằng với độ nhót log 11,0 poa.

Khía cạnh thứ năm mươi ba đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ ba mươi một tới năm mươi hai, trong đó trong suốt bước gia nhiệt vật phẩm thủy tinh từ nhiệt độ giữ thứ nhất tới nhiệt độ giữ thứ hai, độ nhót của vật phẩm thủy tinh được duy trì tại mức lớn hơn hoặc bằng với độ nhót log 11,0 poa.

Khía cạnh năm mươi tư đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ ba mươi một tới năm mươi ba, trong đó độ nhót của vật phẩm thủy tinh được duy trì tại mức lớn hơn hoặc bằng với độ nhót log 11,0 poa cho toàn bộ khoảng thời gian của phương pháp.

Khía cạnh thứ năm mươi lăm đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ ba mươi một tới năm mươi tư, trong đó trong suốt khoảng thời gian được xác định từ trước thứ nhất, độ nhót của vật phẩm thủy tinh được duy trì tại mức nhỏ hơn độ nhót log 11,0 poa.

Khía cạnh thứ năm mươi sáu đề xuất vật phẩm thủy tinh-gốm có: bề mặt thứ nhất; bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất; một hoặc nhiều pha tinh thể; pha thủy tinh còn dư; lớp ứng suất nén mở rộng từ bề mặt thứ nhất tới độ sâu nén (depth of compression - DOC); độ căng trung tâm tối đa lớn hơn 90 MPa; năng lượng ứng suất được lưu giữ lớn hơn 22 J/m²; độ bền nứt vỡ lớn hơn 1,0 MPa√m; và độ mờ đục nhỏ hơn 0,2.

Khía cạnh thứ năm mươi bảy đề xuất vật phẩm gốm thủy tinh theo khía cạnh thứ năm mươi sáu còn bao gồm suất Young lớn hơn 95 GPa.

Khía cạnh thứ năm mươi tám đề xuất vật phẩm gốm thủy tinh theo khía cạnh thứ năm mươi sáu hoặc năm mươi bảy, trong đó độ bền nứt vỡ là trong khoảng giới hạn từ lớn hơn 1,0 MPa√m tới 2,0 MPa√m.

Khía cạnh thứ năm mươi chín đề xuất vật phẩm thủy tinh-gốm có: bề mặt thứ nhất; bề mặt thứ hai đối diện với bề mặt thứ nhất; một hoặc nhiều pha tinh thể; pha thủy tinh còn dư; lớp ứng suất nén mở rộng từ bề mặt thứ nhất tới độ sâu nén (depth of compression - DOC); độ căng trung tâm tối đa lớn hơn 90 MPa; năng lượng ứng suất được lưu giữ lớn hơn 22 J/m²; suất Young lớn hơn 95 GPa; và độ mờ đục nhỏ hơn 0,2.

Khía cạnh thứ sáu mươi đề xuất vật phẩm gốm thủy tinh theo khía cạnh thứ năm mươi chín, trong đó suất Young là trong khoảng giới hạn từ lớn hơn 95 GPa tới 110 GPa.

Khía cạnh thứ sáu mươi một đề xuất vật phẩm gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ năm mươi sáu tới sáu mươi, trong đó tỉ lệ của Li₂O(% mol)/R₂O(% mol) là lớn hơn 0,85, trong đó R₂O là tổng của các oxit kim loại kiềm.

Khía cạnh thứ sáu mươi hai đề xuất vật phẩm gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ năm mươi chín tới sáu mươi một, còn bao gồm ZrO_2 trong khoảng giới hạn từ 1,7% mol tới 4,5% mol.

Khía cạnh thứ sáu mươi ba đề xuất vật phẩm thủy tinh-gốm có: bề mặt thứ nhất; bề mặt thứ hai đối diện với bề mặt thứ nhất; một hoặc nhiều pha tinh thể; pha thủy tinh còn dư; lớp ứng suất nén mở rộng từ bề mặt thứ nhất tới độ sâu nén (depth of compression - DOC); độ căng trung tâm tối đa lớn hơn 90 MPa; năng lượng ứng suất được lưu giữ lớn hơn 22 J/m^2 ; ZrO_2 trong khoảng giới hạn từ 1,7% mol tới 4,5% mol; và tỉ lệ của LiO_2 (% mol) / R_2O (% mol) là lớn hơn 0,85, trong đó R_2O là tổng của các oxit kim loại kiềm.

Khía cạnh thứ sáu mươi tư đề xuất gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ năm mươi sáu tới sáu mươi ba, trong đó pha thủy tinh còn dư là nhỏ hơn hoặc bằng với 50% khối lượng của vật phẩm thủy tinh-gốm.

Khía cạnh thứ sáu mươi lăm đề xuất gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ năm mươi sáu tới sáu mươi tư, trong đó một hoặc nhiều pha tinh thể bao gồm petalit.

Khía cạnh thứ sáu mươi sáu đề xuất gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ năm mươi sáu tới sáu mươi lăm, trong đó một hoặc nhiều pha tinh thể bao gồm lithi đisilicat.

Khía cạnh thứ sáu mươi bảy đề xuất gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ năm mươi sáu tới sáu mươi sáu, trong đó tổng của các pha tinh thể khác lithi đisilicat và petalit là nhỏ hơn 1% khối lượng của vật phẩm thủy tinh-gốm.

Khía cạnh thứ sáu mươi tám đề xuất gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ năm mươi sáu tới sáu mươi bảy, trong đó vật phẩm thủy tinh-gốm là trong suốt và có độ truyền qua ít nhất là 85% cho ánh sáng trong khoảng giới hạn bước sóng từ 450 nm tới 800 nm tại độ dày 1 mm.

Khía cạnh thứ sáu mươi chín đề xuất gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ năm mươi sáu tới sáu mươi tám, trong đó vật phẩm thủy tinh-gốm vỡ nhỏ hơn 5 mảnh vỡ khi chịu thử nghiệm vỡ mảnh (Fragment Test).

Khía cạnh thứ bảy mươi đề xuất gồm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ năm mươi sáu tới sáu mươi chín, trong đó độ căng trung tâm tối đa là trong khoảng giới hạn từ lớn hơn 90 MPa tới 180 MPa.

Khía cạnh thứ bảy mươi một đề xuất gồm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ năm mươi sáu với bảy mươi, trong đó năng lượng ứng suất được lưu giữ là trong khoảng giới hạn từ lớn hơn 22 J/m² tới 60 J/m².

Khía cạnh thứ bảy mươi hai đề xuất gồm thủy tinh theo khía cạnh thứ năm mươi chín, còn bao gồm các hạt có kích thước dài nhất là 150 nm hoặc nhỏ hơn.

Khía cạnh thứ bảy mươi ba đề xuất sản phẩm điện tử tiêu dùng, bao gồm vỏ bao gồm bề mặt trước, bề mặt sau và các bề mặt bên; các thành phần điện tử nằm ít nhất một phần trong vỏ, các thành phần điện tử bao gồm ít nhất bộ điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị, bộ phận hiển thị tại hoặc liền kề với bề mặt trước của vỏ; và để che phủ được bố trí qua bộ phận hiển thị, trong đó ít nhất một trong số một phần của vỏ hoặc để che phủ bao gồm vật phẩm thủy tinh-gốm theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên.

Khía cạnh thứ bảy mươi tư đề xuất phương pháp tạo thành vật phẩm thủy tinh-gốm, pháp này bao gồm các bước: gia nhiệt hợp phần thủy tinh tới nhiệt độ tạo mầm để tạo hợp phần thủy tinh có thể tinh thể hóa được, được tạo mầm; gia nhiệt hợp phần thủy tinh có thể tinh thể hóa được, được tạo mầm tới nhiệt độ kết tinh; và duy trì nhiệt độ kết tinh cho chu kỳ thời gian định trước để tạo ra vật phẩm thủy tinh-gốm, trong đó vật phẩm thủy tinh-gốm có: độ bền nứt vỡ lớn hơn 1,0 MPa√m; và độ mờ đục nhỏ hơn 0,2.

Khía cạnh thứ bảy mươi lăm đề xuất phương pháp theo khía cạnh thứ bảy mươi tư, còn bao gồm: bước duy trì nhiệt độ tạo mầm cho chu kỳ thời gian được xác định trước để tạo ra hợp phần thủy tinh có thể tinh thể hóa được, được tạo mầm.

Khía cạnh thứ bảy mươi sáu đề xuất phương pháp theo khía cạnh thứ bảy mươi lăm, trong đó chu kỳ thời gian để duy trì nhiệt độ tạo mầm là trong khoảng giới hạn từ 1 phút tới 6 giờ.

Khía cạnh thứ bảy mươi bảy đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ bảy mươi tư tới bảy mươi sáu, trong đó hợp phần thủy tinh không được duy trì tại nhiệt độ tạo mầm.

Khía cạnh thứ bảy mươi tám đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ bảy mươi tư tới bảy mươi bảy, còn bao gồm: bước gia nhiệt hợp phần thủy tinh có thể tinh thể hóa được, được tạo mầm tới nhiệt độ trung gian, trong đó nhiệt độ trung gian là lớn hơn nhiệt độ tạo mầm và nhỏ hơn nhiệt độ kết tinh; và bước gia nhiệt hợp phần thủy tinh có thể tinh thể hóa được, được tạo mầm từ nhiệt độ trung gian tới nhiệt độ kết tinh.

Khía cạnh thứ bảy mươi chín đề xuất phương pháp theo khía cạnh thứ bảy mươi tám, còn bao gồm: bước duy trì nhiệt độ trung gian cho chu kỳ thời gian được xác định trước.

Khía cạnh thứ tám mươi đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ bảy mươi tám tới bảy mươi chín, trong đó tốc độ gia nhiệt để gia nhiệt hợp phần thủy tinh có thể tinh thể hóa được, được tạo mầm từ nhiệt độ tạo mầm tới nhiệt độ trung gian là khác với tốc độ gia nhiệt để gia nhiệt hợp phần thủy tinh có thể tinh thể hóa được, được tạo mầm từ nhiệt độ trung gian tới nhiệt độ kết tinh.

Khía cạnh thứ tám mươi một đề xuất phương pháp theo khía cạnh thứ tám mươi, trong đó bước tạo mầm hợp phần thủy tinh có thể tinh thể hóa được là không được duy trì tại nhiệt độ trung gian.

Khía cạnh thứ tám mươi hai đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ bảy mươi tám tới tám mươi một, còn bao gồm: bước đưa vật phẩm thủy tinh-gốm vào việc xử lý trao đổi ion để tạo lớp ứng suất nén mở rộng từ bề mặt thứ nhất của vật phẩm thủy tinh-gốm tới độ sâu nén (depth of compression - DOC), trong đó sau việc xử lý trao đổi ion, vật phẩm thủy tinh-gốm có độ căng trung tâm tối đa lớn hơn 90 MPa và năng lượng ứng suất được lưu giữ lớn hơn 22 J/m².

Khía cạnh thứ tám mươi ba đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ bảy mươi tám tới tám mươi hai, trong đó nhiệt độ tạo mầm là trong khoảng giới hạn từ 550°C tới 650°C.

Khía cạnh thứ tám mươi tư đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ bảy mươi tám tới tám mươi ba, trong đó bước gia nhiệt tới nhiệt độ tạo mầm bao gồm việc gia nhiệt từ nhiệt độ phòng tới nhiệt độ tạo mầm tại tốc độ gia nhiệt trong khoảng giới hạn từ 0,01 °C/phút tới 50 °C/phút.

Khía cạnh thứ tám mươi lăm đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ bảy mươi tám tới tám mươi tư, trong đó nhiệt độ kết tinh là trong khoảng giới hạn từ 680°C tới 800°C.

Khía cạnh thứ tám mươi sáu đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ bảy mươi tám tới tám mươi lăm, trong đó chu kỳ thời gian được xác định từ trước để duy trì nhiệt độ kết tinh là trong khoảng giới hạn từ 1 phút tới 4 giờ.

Khía cạnh thứ tám mươi bảy đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ bảy mươi tám tới tám mươi sáu, trong đó bước gia nhiệt tới nhiệt độ kết tinh bao gồm việc gia nhiệt từ nhiệt độ tạo mầm tới nhiệt độ kết tinh tại tốc độ gia nhiệt trong khoảng giới hạn từ 0,01 °C/phút tới 50 °C/phút.

Khía cạnh thứ tám mươi sáu đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ bảy mươi tám tới tám mươi bảy, còn bao gồm: trong giai đoạn làm nguội thứ nhất, bước làm nguội vật phẩm thủy tinh-gốm từ nhiệt độ kết tinh tới nhiệt độ thứ nhất tại tốc độ làm nguội thứ nhất; và trong giai đoạn làm nguội thứ hai, làm nguội vật phẩm thủy tinh-gốm từ nhiệt độ thứ nhất tới nhiệt độ thứ hai tại tốc độ làm nguội thứ hai, trong đó tốc độ làm nguội thứ nhất là chậm hơn tốc độ làm nguội thứ hai.

Khía cạnh thứ tám mươi bảy đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ bảy mươi tám tới tám mươi sáu, còn bao gồm: trong giai đoạn làm nguội thứ nhất, làm nguội vật phẩm thủy tinh-gốm từ nhiệt độ kết tinh tới nhiệt độ thứ nhất tại tốc độ làm nguội thứ nhất; trong giai đoạn làm nguội trung gian, làm nguội vật phẩm thủy tinh-gốm từ nhiệt độ thứ nhất tới nhiệt độ thứ hai tại tốc độ làm nguội thứ hai; trong giai đoạn làm nguội thứ hai, làm nguội vật phẩm thủy tinh-gốm từ nhiệt độ thứ hai tới nhiệt độ thứ ba tại tốc độ làm nguội thứ ba, trong đó (i) tốc độ làm nguội

thứ nhất là chậm hơn tốc độ làm nguội thứ hai và tốc độ làm nguội thứ ba và (ii) tốc độ làm nguội thứ hai là chậm hơn tốc độ làm nguội thứ ba.

Khía cạnh thứ tám mươi tám đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ bảy mươi tám tới tám mươi bảy, trong đó thủy tinh-gốm có độ hãm quang học nhỏ hơn 15 nm/mm độ dày.

Khía cạnh thứ tám mươi chín đề xuất phương pháp tạo thành vật phẩm thủy tinh-gốm, phương pháp bao gồm các bước: gia nhiệt hợp phần thủy tinh tới nhiệt độ tạo mầm (T_N); duy trì nhiệt độ tạo mầm cho chu kỳ thời gian được xác định từ trước thứ nhất (t_N) để tạo ra hợp phần thủy tinh có thể tinh thể hóa được, được tạo mầm; gia nhiệt hợp phần thủy tinh có thể tinh thể hóa được, được tạo mầm tới nhiệt độ kết tinh (T_C); và duy trì nhiệt độ kết tinh cho chu kỳ thời gian được xác định từ trước thứ hai (t_C) để tạo ra vật phẩm thủy tinh-gốm, trong đó $(103 - 0,260T_N + 0,000203(T_N)^2 - 7,96t_N + 0,1532(t_N)^2 - 0,019T_C - 0,000008(T_C)^2 - 10,03t_C + 0,00597T_N*t_N + 0,00463t_N*T_C + 0,01342T_C*t_C) < 0,2$.

Khía cạnh thứ chín mươi đề xuất phương pháp điều khiển độ mờ đục của vật phẩm thủy tinh-gốm, phương pháp bao gồm các bước: chọn nhiệt độ tạo mầm (T_N), chu kỳ thời gian được xác định từ trước thứ nhất (t_N), nhiệt độ kết tinh (T_C), và chu kỳ thời gian được xác định từ trước thứ hai (t_C) sao cho $(103 - 0,260T_N + 0,000203(T_N)^2 - 7,96t_N + 0,1532(t_N)^2 - 0,019T_C - 0,000008(T_C)^2 - 10,03t_C + 0,00597T_N*t_N + 0,00463t_N*T_C + 0,01342T_C*t_C) < 0,2$.

Khía cạnh thứ chín mươi một đề xuất phương pháp theo khía cạnh thứ chín mươi, còn bao gồm: bước gia nhiệt hợp phần thủy tinh tới nhiệt độ tạo mầm (T_N); duy trì nhiệt độ tạo mầm cho chu kỳ thời gian được xác định từ trước thứ nhất (t_N) để tạo ra hợp phần thủy tinh có thể tinh thể hóa được, được tạo mầm; gia nhiệt hợp phần thủy tinh có thể tinh thể hóa được, được tạo mầm tới nhiệt độ kết tinh (T_C); và duy trì nhiệt độ kết tinh cho chu kỳ thời gian được xác định từ trước thứ hai (t_C) để tạo ra vật phẩm thủy tinh-gốm.

Khía cạnh thứ chín mươi hai đề xuất phương pháp gồm hóa nhiều tấm thủy tinh bao gồm: bước định vị phần thứ nhất của nhiều tấm thủy tinh trong chồng thứ nhất

giữa bản cơ cấu định vị thứ nhất và bản cơ cấu định vị thứ hai và phần thứ hai của nhiều tấm thủy tinh trong chồng thứ hai giữa bản cơ cấu định vị thứ hai và bản cơ cấu định vị thứ ba trên đỉnh của chồng thứ nhất trong cấu hình chồng thủy tinh; và phơi cấu hình chồng thủy tinh ra trước chu kỳ gồm hóa để gồm hóa nhiều tấm thủy tinh, trong đó ΔT của chồng thứ nhất hoặc chồng thứ hai là nhỏ hơn 10°C khi các tấm thủy tinh được gia nhiệt tới nhiệt độ tạo mầm cho chu kỳ thời gian được xác định trước trong suốt chu kỳ gồm hóa; hoặc trong đó ΔT của chồng thứ nhất hoặc chồng thứ hai là nhỏ hơn 10°C khi các tấm thủy tinh được gia nhiệt tới nhiệt độ kết tinh cho chu kỳ thời gian được xác định trước trong suốt chu kỳ gồm hóa.

Khía cạnh thứ chín mươi ba đề xuất phương pháp theo khía cạnh thứ chín mươi hai, trong đó nhiều tấm thủy tinh có thay đổi độ dày tối đa là $21\text{ }\mu\text{m}$ hoặc nhỏ hơn.

Khía cạnh thứ chín mươi tư đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ chín mươi hai tới chín mươi ba, còn bao gồm bước loại bỏ các hạt gờ trên từng tấm trong số nhiều tấm thủy tinh.

Khía cạnh thứ chín mươi lăm đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ chín mươi hai tới chín mươi tư, còn bao gồm bước tạo thành lớp tác nhân chia tách giữa một tấm trong số nhiều tấm thủy tinh và một tấm liền kề trong số nhiều tấm thủy tinh từ phân tán có nước của bo nitrua và tác nhân gắn kết vô cơ dạng keo.

Khía cạnh thứ chín mươi sáu đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ chín mươi hai tới chín mươi lăm, còn bao gồm bước tạo thành lớp tác nhân chia tách giữa một tấm trong số nhiều tấm thủy tinh và bản liền kề trong số bản cơ cấu định vị thứ nhất, bản cơ cấu định vị thứ hai, hoặc bản cơ cấu định vị thứ ba từ phân tán có nước của bo nitrua và tác nhân gắn kết vô cơ dạng keo.

Khía cạnh thứ chín mươi bảy đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ chín mươi hai tới chín mươi sáu, trong đó trong suốt chu kỳ thời gian được xác định từ trước mà tại đó các tấm thủy tinh được duy trì tại nhiệt độ tạo mầm, cấu hình chồng thủy tinh có ΔT là $2,2^{\circ}\text{C}$ hoặc nhỏ hơn giữa đáy của chồng thứ

nhất xấp xỉ bản cơ cấu định vị thứ nhất và đỉnh của chồng thứ hai xấp xỉ bản cơ cấu định vị thứ ba.

Khía cạnh thứ chín mươi tám đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ chín mươi hai tới chín mươi bảy, trong đó quy trình gồm hóa chứa việc làm nguội được điều khiển từ nhiệt độ tối đa trong việc xử lý gồm hóa tới nhiệt độ là khoảng 450°C tại tốc độ là khoảng $4^{\circ}\text{C}/\text{phút}$ được theo sau bởi bước tôi tới nhiệt độ xấp xỉ nhiệt độ phòng.

Khía cạnh thứ chín mươi chín đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ chín mươi hai tới chín mươi tám, trong đó từng bản trong số bản cơ cấu định vị thứ nhất, bản cơ cấu định vị thứ hai, và bản cơ cấu định vị thứ ba chứa silic cacbua được liên kết phản ứng.

Khía cạnh thứ một trăm đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ chín mươi hai tới chín mươi chín, trong đó từng bản trong số bản cơ cấu định vị thứ nhất, bản cơ cấu định vị thứ hai, và bản cơ cấu định vị thứ ba có độ phẳng tối đa nhỏ hơn hoặc bằng với khoảng $100\ \mu\text{m}$.

Khía cạnh thứ một trăm linh một đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ chín mươi hai tới một trăm, trong đó từng bản trong số cơ cấu định vị thứ nhất, bản cơ cấu định vị thứ hai, và bản cơ cấu định vị thứ ba có độ phẳng tối đa nhỏ hơn hoặc bằng với khoảng $25\ \mu\text{m}$.

Khía cạnh thứ một trăm linh hai đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ chín mươi hai tới một trăm linh một, trong đó từng bản trong số cơ cấu định vị thứ nhất, bản cơ cấu định vị thứ hai, và bản cơ cấu định vị thứ ba có độ dày t là từ khoảng $6,5\ \text{mm}$ tới khoảng $10\ \text{mm}$.

Khía cạnh thứ một trăm linh ba đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ chín mươi hai tới một trăm linh hai, trong đó cấu hình chồng thủy tinh được đỡ trên bản bộ phận mang bao gồm thép trong cấu hình lưới mở.

Khía cạnh thứ một trăm linh tư đề xuất phương pháp gồm hóa nhiều tấm thủy tinh bao gồm các bước: làm giảm thay đổi độ dày trong nhiều tấm thủy tinh; định vị nhiều tấm thủy tinh giữa bản cơ cấu định vị thứ nhất và bản cơ cấu định vị thứ hai

trong cấu hình chồng thủy tinh; và phơi cấu hình chồng thủy tinh ra trước chu kỳ gồm hóa để gồm hóa nhiều tấm thủy tinh.

Khía cạnh thứ một trăm linh năm đề xuất phương pháp theo khía cạnh thứ một trăm linh tư, trong đó bước làm giảm thay đổi độ dày trong nhiều tấm thủy tinh bao gồm việc làm giảm thay đổi độ dày trong nhiều tấm thủy tinh tới thay đổi độ dày tối đa là 21 μm hoặc nhỏ hơn.

Khía cạnh thứ một trăm linh sáu đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ một trăm linh tư tới một trăm linh năm, còn bao gồm bước loại bỏ các hạt gờ trên từng tấm trong số nhiều tấm thủy tinh.

Khía cạnh thứ một trăm linh bảy đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ một trăm linh tư tới một trăm linh sáu, còn bao gồm bước tạo thành lớp tác nhân chia tách giữa một tấm trong số nhiều tấm thủy tinh và một tấm liền kề trong số nhiều tấm thủy tinh từ phân tán có nước của bo nitrua và tác nhân gắn kết vô cơ dạng keo.

Khía cạnh thứ một trăm linh tám đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ một trăm linh tư tới một trăm linh bảy, trong đó trong suốt chu kỳ thời gian được xác định từ trước mà tại đó các tấm thủy tinh được duy trì tại nhiệt độ tạo mầm, cấu hình chồng thủy tinh có ΔT là $2,2^{\circ}\text{C}$ hoặc nhỏ hơn giữa tấm thủy tinh xấp xỉ bản cơ cấu định vị thứ nhất và tấm thủy tinh xấp xỉ bản cơ cấu định vị thứ hai.

Khía cạnh thứ một trăm linh chín đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ một trăm linh tư tới một trăm linh tám, trong đó quy trình gồm hóa chứa việc làm nguội được điều khiển từ nhiệt độ tối đa trong việc xử lý gồm hóa tới nhiệt độ là khoảng 450°C tại tốc độ là khoảng $4^{\circ}\text{C}/\text{phút}$ được theo sau bởi bước tới tới nhiệt độ xấp xỉ nhiệt độ phòng.

Khía cạnh thứ một trăm mười đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ một trăm linh tư tới một trăm linh chín, trong đó từng bản trong số cơ cấu định vị thứ nhất và bản cơ cấu định vị thứ hai có độ phẳng tối đa là nhỏ hơn hoặc bằng với khoảng 25 μm .

Khía cạnh thứ một trăm mười một đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ một trăm linh tư tới một trăm mười, trong đó cấu hình chồng thủy tinh được đỡ trên bản bộ phận mang bao gồm thép trong cấu hình lưới mở.

Khía cạnh thứ một trăm mười hai đề xuất phương pháp gồm hóa nhiều tấm thủy tinh bao gồm các bước: định vị nhiều tấm thủy tinh trong chồng giữa bản cơ cấu định vị thứ nhất và bản cơ cấu định vị thứ hai trong cấu hình chồng thủy tinh; và phơi cấu hình chồng thủy tinh ra trước chu kỳ gồm hóa để gồm hóa nhiều tấm thủy tinh, trong đó bản cơ cấu định vị thứ nhất và bản cơ cấu định vị thứ hai mỗi bản có: nhiệt dung riêng là từ khoảng 670 J/kg*K tới khoảng 850 J/kg*K, khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM E1461 tại nhiệt độ phòng; tỉ trọng khối là lớn hơn khoảng 2500 kg/m³, khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM C20; hoặc độ khuếch tán nhiệt là lớn hơn khoảng 2,50 x 10⁻⁵ m²/s.

Khía cạnh thứ một trăm mười ba đề xuất phương pháp theo khía cạnh thứ một trăm mười hai, trong đó bản cơ cấu định vị thứ nhất và bản cơ cấu định vị thứ hai mỗi bản có nhiệt dung riêng từ khoảng 670 J/kg*K tới khoảng 850 J/kg*K, khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM E1461 tại nhiệt độ phòng và tỉ trọng khối lớn hơn khoảng 2500 kg/m³, khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM C20.

Khía cạnh thứ một trăm mười bốn đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ một trăm mười hai tới một trăm mười ba, trong đó bản cơ cấu định vị thứ nhất và bản cơ cấu định vị thứ hai mỗi bản có nhiệt dung riêng từ khoảng 670 J/kg*K tới khoảng 850 J/kg*K, khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM E1461 tại nhiệt độ phòng và độ khuếch tán nhiệt lớn hơn khoảng 2,50 x 10⁻⁵ m²/s.

Khía cạnh thứ một trăm mười lăm đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ một trăm mười hai tới một trăm mười bốn, trong đó bản cơ cấu định vị thứ nhất và bản cơ cấu định vị thứ hai mỗi bản có tỉ trọng khối lớn hơn khoảng 2500 kg/m³, khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM C20 và độ khuếch tán nhiệt lớn hơn khoảng 2,50 x 10⁻⁵ m²/s.

Khía cạnh thứ một trăm mười sáu đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ một trăm mười hai tới một trăm mười lăm, trong đó ít

nhất một bản trong số bản cơ cấu định vị thứ nhất và bản cơ cấu định vị thứ hai chứa ít nhất 85% khối lượng silic cacbua được liên kết phản ứng.

Khía cạnh thứ một trăm mười bảy đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ một trăm mười hai tới một trăm mười sáu, trong đó ít nhất một bản trong số bản cơ cấu định vị thứ nhất và bản cơ cấu định vị thứ hai có độ xộp nhỏ hơn khoảng 1%.

Khía cạnh thứ một trăm mười tám đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ một trăm mười hai tới một trăm mười bảy, trong đó ít nhất một bản trong số bản cơ cấu định vị thứ nhất và bản cơ cấu định vị thứ hai có độ phẳng tối đa nhỏ hơn hoặc bằng với khoảng 100 μm .

Khía cạnh thứ một trăm mười chín đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ một trăm mười hai tới một trăm mười tám, trong đó ít nhất một bản trong số bản cơ cấu định vị thứ nhất và bản cơ cấu định vị thứ hai có độ phẳng tối đa nhỏ hơn hoặc bằng với khoảng 75 μm .

Khía cạnh thứ một trăm hai mươi đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ một trăm mười hai tới một trăm mười chín, trong đó ít nhất một bản trong số bản cơ cấu định vị thứ nhất và bản cơ cấu định vị thứ hai có độ phẳng tối đa nhỏ hơn hoặc bằng với khoảng 50 μm .

Khía cạnh thứ một trăm hai mươi một đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ một trăm mười hai tới một trăm hai mươi, trong đó ít nhất một bản trong số bản cơ cấu định vị thứ nhất và bản cơ cấu định vị thứ hai có độ phẳng tối đa nhỏ hơn hoặc bằng với khoảng 25 μm .

Khía cạnh thứ một trăm hai mươi hai đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ một trăm mười hai tới một trăm hai mươi một, trong đó bản cơ cấu định vị thứ nhất và bản cơ cấu định vị thứ hai mỗi bản có độ dày t từ khoảng 6,5 mm tới khoảng 10 mm.

Khía cạnh thứ một trăm hai mươi ba đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ một trăm mười hai tới một trăm hai mươi hai, trong đó bản cơ cấu định vị thứ nhất và bản cơ cấu định vị thứ hai mỗi bản có nhiệt dung riêng

từ khoảng 670 J/kg*K tới khoảng 700 J/kg*K, khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM E1461 tại nhiệt độ phòng.

Khía cạnh thứ một trăm hai mươi tư đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ một trăm mười hai tới một trăm hai mươi ba, trong đó bản cơ cấu định vị thứ nhất và bản cơ cấu định vị thứ hai mỗi bản có tỉ trọng khối từ khoảng 3000 kg/m³ tới khoảng 3500 kg/m³, khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM C20.

Khía cạnh thứ một trăm hai mươi lăm đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ một trăm mười hai tới một trăm hai mươi tư, trong đó bản cơ cấu định vị thứ nhất và bản cơ cấu định vị thứ hai mỗi bản có độ khuếch tán nhiệt từ khoảng $7,50 \times 10^{-5}$ m²/s tới khoảng $1,50 \times 10^{-4}$ m²/s.

Khía cạnh thứ một trăm hai mươi sáu đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ một trăm mười hai tới một trăm hai mươi lăm, trong đó bản cơ cấu định vị thứ nhất và bản cơ cấu định vị thứ hai mỗi bản có khả năng dẫn nhiệt từ khoảng 180 W/m-K tới khoảng 250 W/m-K, khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM E1461 tại nhiệt độ phòng.

Khía cạnh thứ một trăm hai mươi bảy đề xuất hệ thống để gồm hóa nhiều tấm thủy tinh bao gồm: bản bộ phận mang để đỡ nhiều tấm thủy tinh trong suốt quá trình gồm hóa; và ít nhất một bản cơ cấu định vị được đỡ bởi bản bộ phận mang, ít nhất một bản cơ cấu định vị bao gồm silic cacbua được liên kết phản ứng và có độ phẳng tối đa nhỏ hơn hoặc bằng với khoảng 100 μ m.

Khía cạnh thứ một trăm hai mươi tám đề xuất phương pháp theo khía cạnh thứ một trăm hai mươi bảy, trong đó bản cơ cấu định vị có độ phẳng tối đa nhỏ hơn hoặc bằng với khoảng 25 μ m.

Khía cạnh thứ một trăm hai mươi chín đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ một trăm hai mươi bảy tới một trăm hai mươi tám, trong đó bản cơ cấu định vị có: nhiệt dung riêng từ khoảng 670 J/kg*K tới khoảng 850 J/kg*K, khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM E1461 tại nhiệt độ phòng; tỉ trọng khối lớn hơn khoảng 2500 kg/m³, khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM C20; hoặc độ khuếch tán nhiệt lớn hơn khoảng $2,50 \times 10^{-5}$ m²/s.

Khía cạnh thứ một trăm ba mươi đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ một trăm hai mươi bảy tới một trăm hai mươi chín, trong đó bản bộ phận mang bao gồm thép trong cấu hình lưới mở.

Khía cạnh thứ một trăm ba mươi một đề xuất phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các khía cạnh từ một trăm hai mươi bảy tới một trăm ba mươi, trong đó bản cơ cấu định vị có độ dày t từ khoảng 6,5 mm tới khoảng 10 mm.

Khía cạnh thứ một trăm ba mươi hai đề xuất vật phẩm thủy tinh được phủ bao gồm: để thủy tinh có lớp tác nhân chia tách trên đó, lớp tác nhân chia tách được tạo thành từ phân tán có nước bao gồm bo nitrua và tác nhân gắn kết vô cơ dạng keo.

Khía cạnh thứ một trăm ba mươi ba đề xuất vật phẩm thủy tinh được phủ theo khía cạnh thứ một trăm ba mươi hai, trong đó tác nhân gắn kết vô cơ dạng keo bao gồm nhôm oxit.

Khía cạnh thứ một trăm ba mươi tư đề xuất vật phẩm thủy tinh được phủ theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ một trăm ba mươi hai tới một trăm ba mươi ba, trong đó bo nitrua là có mặt ở dạng các hạt được kết tụ có kích cỡ hạt trung bình từ khoảng 2 μm tới khoảng 4 μm .

Khía cạnh thứ một trăm ba mươi tư đề xuất vật phẩm thủy tinh được phủ theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ một trăm ba mươi hai tới một trăm ba mươi tư, trong đó phân tán có nước về cơ bản là không có các dung môi hữu cơ bay hơi.

Khía cạnh thứ một trăm ba mươi sáu đề xuất vật phẩm thủy tinh được phủ theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ một trăm ba mươi hai tới một trăm ba mươi lăm, trong đó phân tán có nước còn bao gồm ít nhất một chất phân tán.

Khía cạnh thứ một trăm ba mươi bảy đề xuất vật phẩm thủy tinh được phủ theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ một trăm ba mươi hai tới một trăm ba mươi sáu, trong đó lớp tác nhân chia tách có khối lượng phủ khô từ từ khoảng 2 g tới khoảng 6 g.

Khía cạnh thứ một trăm ba mươi đề xuất vật phẩm thủy tinh được phủ theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ một trăm ba mươi hai tới một trăm ba mươi bảy, trong đó để thủy tinh bao gồm để gồm thủy tinh.

Khía cạnh thứ một trăm ba mươi chín đề xuất vật phẩm thủy tinh được phủ theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ một trăm ba mươi hai tới một trăm ba mươi tám, trong đó để thủy tinh được phủ có phần trăm độ truyền qua từ khoảng 76% tới khoảng 83% khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM D1003.

Khía cạnh thứ một trăm bốn mươi đề xuất vật phẩm thủy tinh được phủ theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ một trăm ba mươi tám tới một trăm ba mươi chín, trong đó để thủy tinh được phủ có phần trăm độ mờ đục từ khoảng 25% tới khoảng 38% khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM D1044.

Khía cạnh thứ một trăm bốn mươi đề xuất phương pháp gồm hóa nhiều tấm thủy tinh bao gồm các bước: phủ phun phân tán có nước bao gồm bo nitrua và tác nhân gắn kết vô cơ dạng keo lên trên ít nhất một thành phần trong số bản cơ cấu định vị và một hoặc nhiều của nhiều tấm thủy tinh; định vị nhiều tấm thủy tinh giữa ít nhất hai bản cơ cấu định vị trong cấu hình chồng thủy tinh; và phơi cấu hình chồng thủy tinh ra trước chu kỳ gồm hóa đủ để gồm hóa nhiều tấm thủy tinh.

Khía cạnh thứ một trăm bốn mươi hai đề xuất phương pháp theo khía cạnh thứ một trăm bốn mươi một, trong đó tác nhân gắn kết vô cơ dạng keo bao gồm nhôm oxit.

Khía cạnh thứ một trăm bốn mươi ba đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ một trăm bốn mươi một tới một trăm bốn mươi hai, trong đó bo nitrua có mặt ở dạng các hạt được kết tụ có kích cỡ hạt trung bình từ khoảng 2 μm tới khoảng 4 μm .

Khía cạnh thứ một trăm bốn mươi bốn đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ một trăm bốn mươi một tới một trăm bốn mươi ba, trong đó phân tán có nước về cơ bản là không có các dung môi hữu cơ bay hơi.

Khía cạnh thứ một trăm bốn mươi lăm đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ một trăm bốn mươi một tới một trăm bốn mươi ba, trong đó phân tán có nước có trọng lượng riêng từ khoảng 1,0 tới khoảng 1,2.

Khía cạnh thứ một trăm bốn mươi sáu đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ một trăm bốn mươi một tới một trăm bốn mươi lăm, trong đó phân tán có nước có độ nhớt từ khoảng 120 cP tới khoảng 160 cP.

Khía cạnh thứ một trăm bốn mươi bảy đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ một trăm bốn mươi một tới một trăm bốn mươi sáu, trong đó phân tán có nước có pH từ khoảng 3 tới khoảng 5.

Khía cạnh thứ một trăm bốn mươi tám đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ một trăm bốn mươi một tới một trăm bốn mươi bảy, trong đó phân tán có nước được phủ phun lên trên bề mặt của một tấm trong số nhiều tấm thủy tinh để tạo thành lớp tác nhân chia tách, và trong đó bước định vị nhiều tấm thủy tinh giữa ít nhất hai bản cơ cấu định vị bao gồm việc định vị tấm thủy tinh có lớp tác nhân chia tách ở đó, bên dưới tấm thủy tinh liền kề sao cho lớp tác nhân chia tách là giữa bề mặt của tấm thủy tinh và tấm thủy tinh liền kề.

Khía cạnh thứ một trăm bốn mươi chín đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ một trăm bốn mươi một tới một trăm bốn mươi tám, trong đó lớp tác nhân chia tách có khối lượng phủ khô từ khoảng 2 g tới khoảng 6 g.

Khía cạnh thứ một trăm năm mươi đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ một trăm bốn mươi một tới một trăm bốn mươi chín, trong đó, sau bước phối cấu hình chồng thủy tinh ra trước chu kỳ gồm hóa, thì tấm thủy tinh có lớp tác nhân chia tách trên đó có phần trăm độ truyền qua từ khoảng 76% tới khoảng 83% khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM D1003.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 mô tả một cách sơ lược chồng thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.2 là minh họa sơ lược của bản bộ phận mang có cấu hình lưới mở theo một hoặc nhiều phương án thực hiện được mô tả ở đây;

Fig.3 là minh họa sơ lược của bản bộ phận mang có cấu hình bản rỗng theo một hoặc nhiều phương án thực hiện được mô tả ở đây;

Fig.4 là đồ thị vẽ ΔT được mô hình hóa ($^{\circ}\text{C}$; trục y) như là hàm của thời gian gia nhiệt (phút; trục x) cho bản bộ phận mang thép, lưới mở và bản bộ phận mang rỗng silic cacbua theo một hoặc nhiều phương án thực hiện được mô tả ở đây;

Fig.5 là đồ thị vẽ ΔT được mô hình hóa ($^{\circ}\text{C}$; trục y) như là hàm của thời gian gia nhiệt (phút; trục x) cho các bản cơ cấu định vị của ví dụ A và các ví dụ so sánh 1 và 2;

Fig.6 là đồ thị vẽ ứng suất tối đa (MPa; trục y) hai vật liệu cơ cấu định vị khác nhau trong đó silic cacbua được liên kết phản ứng được sử dụng trên phần bên trái và bảng chịu lửa silic được sử dụng trên phần bên phải;

Fig.7 mô tả EDX (tia X tán xạ năng lượng) thể hiện việc thiếu Si trên bề mặt của các bản cơ cấu định vị silic cacbua được liên kết phản ứng sau quá trình gồm hóa theo một hoặc nhiều phương án thực hiện được mô tả ở đây;

Fig.8 mô tả XRD (tán xạ tia X) của các vật phẩm gồm thủy tinh khác nhau theo một hoặc nhiều phương án thực hiện được mô tả ở đây;

Fig.9 là đồ thị của độ vênh tối đa (μm ; trục y) cho các độ phẳng bản cơ cấu định vị khác nhau và khối lượng bổ sung theo một hoặc nhiều phương án thực hiện được mô tả ở đây;

Fig.10 là việc minh họa một cách sơ lược mẫu quét cho việc đo CMM (coordinate measuring machine - máy đo tọa độ) của độ phẳng của các bản cơ cấu định vị theo một hoặc nhiều phương án thực hiện được mô tả ở đây;

Fig.11 là đồ thị minh họa độ vênh tối đa (μm ; trục y bên trái) như là các cột qua độ dày của chồng thủy tinh cho các lượng lực tác dụng khác nhau và ứng suất tối đa (MPa; trục y bên phải) như là đồ thị đường cho các lượng lực tác dụng khác nhau theo một hoặc nhiều phương án thực hiện được mô tả ở đây;

Fig.12 là đồ thị của % truyền qua (trục y) cho các chồng thủy tinh khác nhau theo một hoặc nhiều phương án thực hiện được mô tả ở đây;

Fig.13 là đồ thị của % độ mờ đục (trục y) cho các chồng thủy tinh khác nhau theo một hoặc nhiều phương án thực hiện được mô tả ở đây;

Fig.14 là đồ thị vẽ độ vênh tối đa (μm ; trục y) như là hàm của vị trí chông (đáy của chông tới đỉnh của chông từ trái tới phải; trục x) cho việc áp dụng của tác nhân chia tách lớp phủ sử dụng các khoảng cách đầu phun thay đổi theo một hoặc nhiều phương án thực hiện được mô tả ở đây;

Fig.15 là minh họa sơ lược của cấu hình chông thủy tinh chứa các bản cơ cấu định vị liên lớp theo một hoặc nhiều phương án thực hiện được mô tả ở đây;

Fig.16 là đồ thị vẽ nhiệt độ tâm lớp thủy tinh ($^{\circ}\text{C}$; trục y) như là hàm của thời gian (trục x) cho tấm trên cùng của thủy tinh trong chông thủy tinh và tấm đáy của thủy tinh trong chông thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án thực hiện được mô tả ở đây;

Fig.17 là đồ thị vẽ nhiệt độ lớp thủy tinh ($^{\circ}\text{C}$; trục y) như là hàm của thời gian (trục x) trong suốt quy trình gồm hóa cho tấm thủy tinh trên cùng trong chông thủy tinh và tấm thủy tinh đáy trong chông thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án thực hiện được mô tả ở đây;

Fig.18 là đồ thị minh họa độ vênh tối đa (μm ; trục y bên trái) như là các cột qua độ dày của chông thủy tinh cho các lượng khác nhau của lực được tác dụng và ứng suất tối đa (MPa ; trục y bên phải) như là đồ thị đường cho các chông thủy tinh mà không có các bản cơ cấu định vị liên lớp (bên trái) và chứa các bản cơ cấu định vị liên lớp (bên phải) theo một hoặc nhiều phương án thực hiện được mô tả ở đây;

Fig.19 mô tả bằng đồ thị pha tinh thể của các vật phẩm gồm thủy tinh trong suốt chu kỳ gồm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.20 mô tả bằng đồ thị việc đo nhiệt lượng của các vật phẩm gồm thủy tinh trong suốt chu kỳ gồm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Các hình vẽ Fig. 21A và Fig.21B mô tả một cách sơ lược ứng suất và độ vênh của các vật phẩm gồm thủy tinh được che chắn và lực trong các vật phẩm gồm thủy tinh tiếp xúc theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.22 mô tả một cách sơ lược các vị trí của các cặp nhiệt nằm trong chông theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.23 mô tả bằng đồ thị các nhiệt độ được đọc bởi các cặp nhiệt trong suốt chu kỳ gồm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.24 mô tả bằng đồ thị các nhiệt độ được đọc bởi các cặp nhiệt trong suốt chu kỳ gồm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.25 mô tả bằng đồ thị các nhiệt độ được đọc bởi các cặp nhiệt trong suốt chu kỳ gồm hóa của tấm thủy tinh và tấm được gồm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.26 mô tả bằng đồ thị các nhiệt độ được đọc bởi các cặp nhiệt trong suốt chu kỳ gồm hóa của tấm thủy tinh và tấm được gồm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.27 là đồ thị minh họa độ vênh tối đa (μm ; trục y) qua độ dày của các chông thủy tinh có khả năng thay đổi độ dày khác nhau theo một hoặc nhiều phương án thực hiện được mô tả ở đây;

Fig.28 là đồ thị minh họa độ vênh tối đa (μm ; trục y) qua độ dày của chông thủy tinh cho các độ phẳng bản cơ cấu định vị khác nhau theo một hoặc nhiều phương án thực hiện được mô tả ở đây;

Fig.29A là biểu diễn bằng đồ thị của độ vênh của 26 dải thủy tinh 5 mm với hạt gờ được loại bỏ theo một hoặc nhiều phương án thực hiện được mô tả ở đây;

Fig.29B là biểu diễn bằng đồ thị của độ vênh của 26 dải thủy tinh 5 mm với hạt gờ vẫn còn theo một hoặc nhiều phương án thực hiện được mô tả ở đây;

Fig.30 là biểu diễn bằng đồ thị của ứng suất của vật phẩm gồm thủy tinh với hạt gờ vẫn đang còn (đỉnh) và với hạt gờ đã được loại bỏ (đáy) theo một hoặc nhiều phương án thực hiện được mô tả ở đây;

Fig.31 là đồ thị vẽ delta T tới hạn ($^{\circ}\text{C}$; trục y) như là hàm của chiều dài một phần (mm; trục x) cho các phần gồm thủy tinh có các chiều dài và chiều rộng khác nhau theo một hoặc nhiều phương án thực hiện được mô tả ở đây;

Fig.32 là giản đồ làm ví dụ của chu kỳ làm nguội theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.33 là giản đồ làm ví dụ của chu kỳ làm nguội khác theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.34 là lưu đồ của logic tỉ lệ-tích phân-đạo hàm (proportional-integral-derivative - PID) được sử dụng trong pha tạo mầm điều khiển độ nhớt tự động (automatic viscosity control - AVC) của chu kỳ gôm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.35A mô tả bằng đồ thị các số đo nhiệt độ so với thời gian và việc tạo mầm và việc tinh thể hóa (phát triển) của chu kỳ gôm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.35B mô tả bằng đồ thị tốc độ tạo mầm và tốc độ phát triển tinh thể so với nhiệt độ trong chu kỳ gôm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.36 là giản đồ khối mô tả hệ thống được sử dụng để vận hành pha tạo mầm AVC của chu kỳ gôm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.37 mô tả bằng đồ thị độ nhớt log theo poa so với thời gian theo phút của chu kỳ gôm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.38 mô tả bằng đồ thị nhiệt độ theo độ C so với thời gian theo phút của chu kỳ gôm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.39 mô tả một cách sơ lược giãn nở kế có thể được sử dụng tại chỗ để đo tỉ trọng của vật phẩm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.40 mô tả bằng đồ thị khối lượng riêng theo gam trên xentimet khối so với thời gian theo phút của chu kỳ gôm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.41 mô tả bằng đồ thị khối lượng riêng theo gam trên xentimet khối so với thời gian theo phút của chu kỳ gồm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.42 mô tả bằng đồ thị độ nhớt theo log 10 poa so với thời gian theo phút của chu kỳ gồm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.43 mô tả bằng đồ thị nhiệt độ theo độ C trên trục y bên trái so với thời gian theo giờ trên trục y, và độ nhớt theo log 10 poa trên trục y bên phải so với thời gian theo giờ trên trục x của chu kỳ gồm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.44A thể hiện độ vênh của vật phẩm thủy tinh-gốm được gồm hóa bởi chu kỳ gồm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.44B thể hiện độ vênh của vật phẩm thủy tinh-gốm được gồm hóa bởi chu kỳ gồm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.44C thể hiện độ vênh của vật phẩm thủy tinh-gốm được gồm hóa bởi chu kỳ gồm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.45A thể hiện độ vênh của vật phẩm thủy tinh-gốm được gồm hóa bởi chu kỳ gồm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.45B thể hiện độ vênh của vật phẩm thủy tinh-gốm được gồm hóa bởi chu kỳ gồm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.45C thể hiện độ vênh của vật phẩm thủy tinh-gốm được gồm hóa bởi chu kỳ gồm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.46 mô tả bằng đồ thị độ võng nhớt theo mm so với bán kính đĩa theo mm của vật phẩm thủy tinh-gốm được gồm hóa bởi chu kỳ gồm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.47A mô tả bằng đồ thị vị trí nằm ngang của các thiết bị đo nằm trong buồng của thiết bị gia nhiệt theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.47B mô tả bằng đồ thị vị trí thẳng đứng của các thiết bị đo nằm trong buồng của thiết bị gia nhiệt theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.48 mô tả bằng đồ thị nhiệt độ theo độ C so với thời gian theo giây được ghi bởi các thiết bị đo trong buồng trống của thiết bị gia nhiệt theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.49 mô tả bằng đồ thị nhiệt độ của các tấm thủy tinh theo độ C trên trục y bên trái so với thời gian theo giây trên trục x và độ chênh nhiệt độ giữa các tấm thủy tinh theo độ C trên trục y bên phải so với thời gian theo giây trên trục x khi được gồm hóa bởi chu kỳ gồm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.50 mô tả bằng đồ thị nhiệt độ của các tấm thủy tinh theo độ C so với thời gian theo giây với các hình được mở rộng của các phần khác nhau của đồ thị của các vật phẩm thủy tinh được gồm hóa bởi chu kỳ gồm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.51 mô tả bằng đồ thị tác dụng của việc gia nhiệt nhiều giai đoạn trên độ chênh nhiệt độ của các tấm thủy tinh theo độ C so với thời gian theo phút theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.52 mô tả bằng đồ thị tác dụng của việc gia nhiệt nhiều giai đoạn trên độ chênh nhiệt độ của các tấm thủy tinh theo độ C so với thời gian theo phút theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.53 mô tả bằng đồ thị tác dụng của việc gia nhiệt nhiều giai đoạn trên độ chênh nhiệt độ của các tấm thủy tinh theo độ C so với thời gian theo phút theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.54 mô tả bằng đồ thị nhiệt độ theo độ C so với thời gian theo phút của các chu kỳ gồm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây và các chu kỳ gồm hóa thông thường;

Fig.55 mô tả bằng đồ thị khối lượng riêng theo gam trên xentimet khối so với thời gian theo phút của các chu kỳ gồm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây và các chu kỳ gồm hóa thông thường;

Fig.56 là hình cắt ngang làm ví dụ của vật phẩm thủy tinh-gốm được gia cường theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.57A là hình chiếu bằng của thiết bị điện tử làm ví dụ tích hợp vật phẩm bất kỳ trong số các vật phẩm thủy tinh-gốm theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.57B là hình phối cảnh của thiết bị điện tử làm ví dụ theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.58 là đồ thị của các biên dạng ứng suất từ ví dụ 1;

Fig.59 là đồ thị của độ căng trung tâm theo việc tăng các khoảng thời gian trao đổi ion từ ví dụ 2;

Fig.60 là việc tập hợp pha của thủy tinh-gốm từ ví dụ 3;

Fig.61 là đồ thị của độ truyền qua của thủy tinh-gốm từ ví dụ 3;

Fig.62 mô tả một cách sơ lược các vị trí của các mẫu nằm trong chồng theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.63 mô tả một cách sơ lược các vị trí của các vật phẩm gốm thủy tinh được cắt từ tấm theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.64 mô tả bằng đồ thị độ phẳng của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.65 mô tả bằng đồ thị độ phẳng của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.66 mô tả bằng đồ thị độ mờ đục của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.67 mô tả bằng đồ thị phần trăm của pha thủy tinh còn dư của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.68 mô tả bằng đồ thị phần trăm của pha tinh thể lithi đisilicat của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.69 mô tả bằng đồ thị phần trăm của petalit của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.70 mô tả bằng đồ thị dữ liệu Raman của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.71 mô tả bằng đồ thị ứng suất nén của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.72 mô tả bằng đồ thị độ căng trung tâm của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.73 mô tả bằng đồ thị độ sâu nén của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.74 mô tả bằng đồ thị độ cứng của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.75 mô tả bằng đồ thị ứng suất của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.76 mô tả bằng đồ thị các chu kỳ gôm hóa theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.77 mô tả bằng đồ thị độ mờ đục của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.78 mô tả bằng đồ thị phần trăm của pha thủy tinh còn dư của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.79 mô tả bằng đồ thị phần trăm của lithi đisilicat của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.80 mô tả bằng đồ thị phần trăm của petalit của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.81 mô tả bằng đồ thị độ cứng của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.82 mô tả bằng đồ thị độ cứng của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.83 mô tả bằng đồ thị độ cứng của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.84 mô tả bằng đồ thị độ truyền qua của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.85 mô tả bằng đồ thị độ phẳng của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.86 mô tả bằng đồ thị độ mờ đục của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.87 mô tả bằng đồ thị ứng suất của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.88 mô tả bằng đồ thị độ mờ đục của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.89 mô tả bằng đồ thị độ mờ đục của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.90 mô tả bằng đồ thị độ mờ đục của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.91 mô tả bằng đồ thị độ phẳng của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Các hình vẽ từ Fig. 92A đến Fig.92C minh họa bằng đồ thị độ mờ đục của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.93 mô tả bằng đồ thị các pha tinh thể và thủy tinh của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.94 mô tả bằng đồ thị các pha tinh thể và thủy tinh của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.95 mô tả bằng đồ thị cường độ ngẫu nhiên so với dịch chuyển Raman của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.96 mô tả bằng đồ thị cường độ Raman so với dịch chuyển Raman của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.97 thể hiện theo đồ thị dữ liệu Raman của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây;

Fig.98 mô tả bằng đồ thị ứng suất nứt vỡ được áp dụng của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây và các ví dụ so sánh;

Fig.99 mô tả bằng đồ thị chiều cao rơi tối đa của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây và các ví dụ so sánh; và

Fig.100 mô tả bằng đồ thị chiều cao rơi tối đa của các tấm thủy tinh theo các phương án thực hiện được bộc lộ và được mô tả ở đây và các ví dụ so sánh.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phần tham khảo sẽ được tạo ra chi tiết cho các phương án thực hiện của các vật phẩm thủy tinh được gồm hóa, các phương pháp gồm hóa các vật phẩm thủy tinh, và các hệ thống để gồm hóa các vật phẩm thủy tinh có các tính chất có lợi; các phương án thực hiện của chúng được minh họa trong các hình vẽ kèm theo. Các phương án thực hiện khác nhau sẽ được mô tả ở đây với tham khảo chi tiết tới các hình vẽ kèm theo.

Các định nghĩa và các kỹ thuật đo

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “thủy tinh-gốm” là các phần rắn được chuẩn bị bởi việc tinh thể hóa có điều khiển của tiền chất thủy tinh và có một hoặc nhiều pha tinh thể và pha thủy tinh còn dư.

Như được sử dụng ở đây, “độ sâu nén” hoặc “DOC - depth of compression” đề cập tới độ sâu của lớp ứng suất nén (compressive stress - CS) và là độ sâu mà tại đó ứng suất nằm trong vật phẩm thủy tinh-gốm thay đổi từ ứng suất nén tới ứng suất căng và có trị số ứng suất bằng không. Theo như phần thường được sử dụng trong tình trạng kỹ thuật, ứng suất nén được biểu diễn như là ứng suất âm (<0) và ứng suất căng được biểu diễn như là ứng suất dương (>0). Tuy nhiên, trong suốt bản mô tả này, trừ khi

được chỉ ra theo cách khác, CS được biểu diễn như là trị số dương hoặc trị số tuyệt đối - nghĩa là, như được trích dẫn ở đây, $CS = |CS|$.

Các trị số DOC và độ căng trung tâm tối đa (CT) được đo sử dụng máy nghiệm phân cực tán xạ ánh sáng (scattered light polariscope - SCALP) model số SCALP-04 sẵn có từ GlasStress Ltd., ở Tallinn, Estonia.

Phương pháp đo CS bề mặt phụ thuộc vào việc xem liệu có hay không vùng hoặc lớp thủy tinh được tạo thành tại bề mặt của vật phẩm thủy tinh-gốm trong suốt quá trình trao đổi ion. Nếu không có lớp hoặc vùng thủy tinh thì sau đó CS bề mặt được đo bởi thiết bị đo ứng suất bề mặt (surface stress meter - FSM) sử dụng các thiết bị sẵn có thương mại như FSM-6000, được sản xuất bởi Orihara Industrial Co., Ltd. (Japan). Các số đo ứng suất bề mặt dựa trên việc đo chính xác của hệ số quang học ứng suất (stress optical coefficient - SOC), vốn liên quan tới lưỡng chiết quang của thủy tinh. SOC đến lượt nó được đo theo thủ tục (Phương pháp đĩa thủy tinh - Glass Disc Method) được mô tả trong tiêu chuẩn ASTM C770-16, có tên là “Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient,” mà nội dung của nó được tích hợp ở đây bằng cách viện dẫn. Nếu vùng hoặc lớp thủy tinh được tạo thành, thì sau đó CS bề mặt (và CS của lớp hoặc vùng thủy tinh) được đo bởi lưỡng chiết quang của cộng hưởng truyền qua (ghép nối) thứ nhất của vùng thủy tinh trong phép đo ghép nối lăng kính và đo độ sâu của lớp của vùng thủy tinh bởi khoảng cách giữa các cộng hưởng truyền qua thứ nhất và thứ hai hoặc độ rộng của cộng hưởng truyền qua thứ nhất.

CS trong phần còn lại của vùng CS được đo bởi phương pháp trường gần bị khúc xạ (refracted near-field - RNF) được mô tả trong bằng sáng chế Mỹ số 8,854,623, có tên là “Systems và methods for measuring a profile characteristic of a glass sample”, vốn được tích hợp ở đây bằng cách viện dẫn. Số đo RNF là lực được cân bằng và chỉnh cho trị số CT tối đa được tạo ra bởi việc đo SCALP. Cụ thể là, phương pháp RNF chứa bước đặt vật phẩm thủy tinh liền kề với khối tham chiếu, sinh ra chùm ánh sáng được chuyển mạch phân cực, được chuyển mạch giữa các phần phân cực trực giao tại tốc độ là giữa 1 Hz và 50 Hz, đo lượng công suất của chùm ánh sáng phân cực-được chuyển mạch và sinh ra tín hiệu tham chiếu phân cực-được chuyển mạch, trong đó các

lượng đo được của công suất trong từng phần phân cực trong các phân cực trục giao là nằm trong 50% của từng phần. Phương pháp bao gồm bước truyền chùm ánh sáng phân cực-được chuyển mạch qua mẫu thủy tinh và khối tham chiếu cho các độ sâu khác nhau vào trong mẫu thủy tinh, sau đó làm trễ chùm ánh sáng phân cực-được chuyển mạch được truyền tới bộ phát hiện quang tín hiệu sử dụng hệ thống làm trễ quang học, với bộ phát hiện quang tín hiệu đang sinh ra tín hiệu bộ phát hiện phân cực-được chuyển mạch. Phương pháp cũng bao gồm bước chia tín hiệu bộ phát hiện bởi tín hiệu tham chiếu để tạo thành tín hiệu bộ phát hiện được chuẩn hóa và xác định đặc tính biên dạng của mẫu thủy tinh từ tín hiệu bộ phát hiện đã được chuẩn hóa.

Biên dạng ứng suất có thể được đo với kết hợp trên RNF cho CS bên trong, SCALP cho vùng CT, và phương pháp được sử dụng để đo CS bề mặt.

Năng lượng ứng suất được lưu giữ trong (J/m^2) được tính toán sử dụng phương trình sau (1):

$$\text{Năng lượng ứng suất được lưu giữ } (J/m^2) = [(1-\nu)/E] \int (\sigma^2) (dt) \quad (1)$$

Trong đó ν là hệ số Poisson, E là suất Young, σ là ứng suất, t là độ dày, và sự tích hợp được tính toán qua độ dày của chỉ vùng căng.

Độ bền nứt vỡ được đo theo phương pháp tiêu chuẩn ASTM E 1304-97 thanh ngắn được cắt rãnh chữ V (chevron notched short bar - CNSB). Các mẫu được đo được chuẩn bị từ viên dày của thủy tinh của hộp phần mong muốn và được gôm hóa với chu kỳ gôm hóa được quan tâm ("COR" trong ví dụ được thể hiện) trong lò hộp.

Độ cứng được đo sử dụng máy kiểm tra độ cứng MITUTOYO HM 114 với bộ ấn lõm Vickers với tải ấn lõm 200 g (thời gian Dwell là 15 giây). Việc đo của các đường chéo ấn lõm được thực hiện sử dụng kính hiển vi quang học được hiệu chỉnh. Các trị số là trung bình của các số đo từ 5 lần ấn lõm cho mỗi mẫu. Các thử nghiệm được thực hiện trên các mẫu được đánh bóng quang học với các mặt song song theo mặt phẳng.

Việc tập hợp pha tinh thể (trước khi trao đổi ion) và phân trăm theo khối lượng của các pha tinh thể và pha thủy tinh còn dư được xác định dựa trên tán xạ tia X (x-ray diffraction - XRD) sử dụng phân tích Rietveld.

Thủ tục dưới đây, được đề cập chi tiết ở đây là “thử nghiệm vỡ mảnh (Fragment Test),” được sử dụng để xác định số các mảnh vỡ của vật phẩm thủy tinh-gốm vỡ ra khi bị nứt vỡ. Vật phẩm thủy tinh-gốm được trao đổi ion có các kích cỡ là 50 mm x 50 mm x 0,8 mm được chồng trên bề mặt thép. Bút stylus với mũi vonfram cacbua (có sẵn từ Fisher Scientific Industries, với tên thương mại TOSCO® và số nhận biết nhà sản xuất là #13-378, với mũi hình bán côn 60 độ), có khối lượng là 40 g được kết nối tới cặp trên cơ cấu dẫn bánh răng di chuyển bút stylus lên và xuống. Mũi của bút stylus được đặt trong tiếp xúc với vật phẩm thủy tinh-gốm và sau đó cơ cấu bánh răng được bật tăng dần cho tới khi vật phẩm thủy tinh-gốm vỡ. Số các mảnh vỡ sẽ được đếm.

Trị số độ bền nứt vỡ (K_{IC}) được đo bởi phương pháp thanh ngắn được cắt rãnh chữ V (chevron notched short bar - CNSB) được bộc lộ trong Reddy, K.P.R. và cộng sự, “Fracture Toughness Measurement of Glass and Ceramic Materials Using Chevron-Notched Specimens,” J. Am. Ceram. Soc., 71 [6], C-310-C-313 (1988) ngoài trừ Y_m^* được tính toán sử dụng phương trình 5 của Bubsey, R.T. và cộng sự., “Closed-Form Expressions for Crack-Mouth Displacement and Stress Intensity Factors for Chevron-Notched Short Bar và Short Rod Specimens Based on Experimental Compliance Measurements,” NASA Technical Memorandum 83796, pp. 1-30 (October 1992). Với các tấm mỏng, độ bền nứt vỡ có thể được đo sử dụng bộ ấn lõm Vickers tại tải 500 gf theo các phương pháp được thể hiện trong Nihara và cộng sự.,

Các trị số suất Young được trích dẫn trong phần bộc lộ này đề cập tới trị số như được đo bởi kỹ thuật phổ kế siêu âm cộng hưởng theo loại chung được chỉ ra trong tiêu chuẩn ASTM E2001-13.

Độ mờ đục của vật phẩm thủy tinh-gốm được đo sử dụng thiết bị đo độ mờ đục, như BYK Gardner Haze-Gard I, như theo tiêu chuẩn ASTM D1003 hoặc tiêu chuẩn ASTM D1044.

Độ truyền qua, như được sử dụng ở đây để cập tới độ truyền quan tổng cộng, và được đo với quang phổ kế Perkin Elmer Lambda 950 UV/VIS/NIR với cầu cách tử 150 mm. Các mẫu được gắn tại cổng đi vào của cầu, cho phép thu được ánh sáng được tán xạ góc rộng. Dữ liệu độ truyền qua tổng cộng được thu với đĩa phản xạ Spectralon tham chiếu qua cổng ra của cầu. Phần trăm của độ truyền qua (%T) được tính toán so với số đo đường cơ sở chùm mở.

Ứng suất được đo như là độ hãm của các thủy tinh-gốm sau khi gốm hóa được đo bởi GFP1400 được bán bởi Stress Photonics Inc. ở Madison, Wisconsin (GFP = Grey Field Polarizer). Các phép đo tương tự có thể được tạo ra với các hệ thống khác, như các hệ thống sẵn có trên thị trường (các hệ thống được bán bởi Axometrics, Inc.) hoặc các hệ thống được tự làm.” Ứng suất thường được đo trên các tấm hoàn chỉnh sau khi gốm hóa. Diện tích đo tương ứng với diện tích ~ 5 mm ở phía trong từ các chiều của tấm hoàn chỉnh (các tấm hoàn chỉnh có các kích cỡ $\sim 245 \times 641$ (+/- 10 mm) trong các ví dụ đã cho). Theo cách khác, ứng suất có thể được đo trên các phần được cắt từ các tấm hoàn chỉnh sau khi gốm hóa. Tác nhân chia tách vẫn còn trên bề mặt của các tấm có thể dẫn tới các trị số ứng suất được báo cáo cao hơn. Tác nhân chia tách này có thể được loại bỏ (chải hoặc rửa bề mặt) trước khi đo.

Độ truyền qua quang học được đo trong khoảng giới hạn 250-1000 nm của các mẫu được đánh bóng quang học với các mặt song song sử dụng quang phổ kế Perkin Elmer Lambda 950, với khoảng gián đoạn dữ liệu là 2 nm. Độ truyền qua được đo trên tự bản thân vật phẩm gốm thủy tinh mà không có các lớp phủ bất kỳ hoặc các việc áp dụng khác.

Nhiều xạ tia X (X-ray diffraction - XRD) được đo sử dụng thiết bị Bruker D4 Endeavor được trang bị với việc bức xạ Cu và bộ phát hiện LynxEye. Rietveld được thực hiện sử dụng gói phần mềm Bruker's Topas.

Dữ liệu Raman được đo sử dụng DXR2 SmartRaman từ Thermo Fisher.

Nhiệt dung được đo theo tiêu chuẩn ASTM E1461 tại nhiệt độ phòng và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó.

Tỉ trọng được đo theo phương pháp như được đo theo tiêu chuẩn ASTM C20.

Khả năng dẫn nhiệt được đo theo tiêu chuẩn ASTM E1461 tại nhiệt độ phòng.

Việc hãm quang học có thể được đo theo tiêu chuẩn ASTM F218-13.

Trừ khi được tuyên bố theo cách khác, không có dự định rằng phương pháp được mô tả ở đây được hiểu là yêu cầu các bước phải được thực hiện theo thứ tự cụ thể, lần việc với các định hướng cụ thể cho thiết bị. Do đó, yêu cầu bảo hộ về phương pháp không thực sự trích dẫn thứ tự cần được tuân theo bởi các bước của nó, hoặc yêu cầu bảo hộ về thiết bị bất kỳ không thực sự trích dẫn thứ tự hoặc định hướng của các thành phần riêng rẽ, hoặc theo cách khác được chỉ ra một cách cụ thể trong các yêu cầu bảo hộ hoặc phần mô tả rằng các bước không bị hạn chế vào thứ tự cụ thể, hoặc thứ tự cụ thể hoặc định hướng cụ thể của thiết bị không được trích dẫn, nó không nhằm mục đích kết luận thứ tự hay định hướng theo khía cạnh bất kỳ nào. Nó giữ cơ sở không biểu diễn khả thi cho việc diễn dịch, bao gồm: các vấn đề của logic liên quan tới bố trí của các bước, luồng vận hành, thứ tự các thành phần, hoặc định hướng của các thành phần; nghĩa thuần được dẫn ra từ tổ chức ngữ pháp hoặc dấu câu; và số hoặc loại của các phương án thực hiện được mô tả trong bản mô tả này.

Như được sử dụng ở đây, các dạng số ít “một,” “cái” và “chiếc” chứa các dạng số nhiều trừ khi văn cảnh quy định rõ ràng theo cách khác. Do đó, ví dụ, tham khảo tới “một” thành phần có thể chứa các khía cạnh có hai hoặc hơn hai thành phần này, trừ khi văn cảnh chỉ ra rõ ràng theo cách khác.

Các thuật ngữ định hướng như được sử dụng ở đây - ví dụ lên, xuống, phải, trái, trước, sau, đỉnh, đáy, thẳng đứng, nằm ngang - được tạo ra chỉ với tham khảo tới các hình như được vẽ và không nhằm mục đích để ám chỉ định hướng tuyệt đối trừ khi được tuyên bố rõ ràng theo cách khác.

Như được sử dụng ở đây, các thuật ngữ “độ vênh” và “độ phẳng”—và các biến thể bất kỳ của nó—được sử dụng tráo đổi cho nhau và có cùng một ý nghĩa.

Các khoảng giới hạn bất kỳ được sử dụng ở đây chứa tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con và các trị số bất kỳ giữa đó trừ khi được chỉ ra một cách rõ ràng theo cách khác.

Tổng quan của các vật phẩm thủy tinh-gốm

Tham khảo hiện sẽ được dẫn chi tiết tới phương án thực hiện (các phương án thực hiện) này, các ví dụ của chúng được minh họa trong các hình vẽ kèm theo. Bất cứ khi nào có thể, cùng một số chỉ dẫn w sẽ được sử dụng trong suốt các hình vẽ để đề cập tới cùng một thành phần hoặc các thành phần giống nhau.

Các tính chất của các vật phẩm thủy tinh-gốm có thể được tùy chỉnh để sử dụng như là các đế che phủ và/hoặc các vỏ cho các thiết bị điện tử di động. Ví dụ, không bị bó buộc vào lý thuyết, các vật phẩm thủy tinh-gốm với độ bền nứt vỡ và/hoặc suất Young cao có thể tạo ra khả năng chống chịu với việc xâm nhập của vết nứt và hiệu quả thả rơi. Khi các vật phẩm thủy tinh-gốm này được gia cường hóa học, ví dụ qua việc trao đổi ion, thì khả năng chống chịu với việc xâm nhập của vết nứt và hiệu quả thả rơi có thể còn tiếp tục được cải thiện. Và độ bền nứt vỡ và/hoặc suất Young cao cũng có thể tạo ra lượng năng lượng ứng suất được lưu giữ và độ căng trung tâm tối đa có thể được tạo thành cho vật phẩm thủy tinh-gốm qua việc tôi hóa học trong khi duy trì độ phân mảnh mong muốn của vật phẩm thủy tinh-gốm khi nứt vỡ. Như là một ví dụ khác, các tính chất quang học của các vật phẩm thủy tinh-gốm, như độ trong suốt và độ mờ đục, có thể được tùy chỉnh qua việc điều chỉnh lịch biểu gia nhiệt/gốm hóa được sử dụng để biến vật phẩm thủy tinh thành vật phẩm thủy tinh-gốm cũng như qua việc gia cường hóa học, như qua việc trao đổi ion, để thiết kế hoặc điều khiển các tính chất của vật phẩm thủy tinh-gốm.

Các cấu hình chồng để tạo thành các vật phẩm gốm thủy tinh

Nói chung, quy trình để tạo thành thủy tinh-gốm bao gồm bước tạo thành vật phẩm thủy tinh và gốm hóa vật phẩm thủy tinh để biến vật phẩm thủy tinh thành dạng thủy tinh-gốm. Đề cập tới Fig.1, cấu hình chồng làm ví dụ 100 để gốm hóa sẽ được minh họa. Cấu hình chồng 100 chứa bản bộ phận mang 102 đang đỡ hai bản cơ cấu định vị 104, và chồng thủy tinh 106 được định vị giữa các bản cơ cấu định vị 104.

Theo một số phương án thực hiện, các lớp cách ly (không được thể hiện) có thể được định vị trên bề mặt đỉnh của bản cơ cấu định vị bên trên 104 và một bề mặt đáy của bản cơ cấu định vị thấp hơn 104. Các lớp cách ly có thể được tạo thành từ vật liệu bất kỳ có khả năng dẫn nhiệt thấp và có thể làm giảm hoặc thậm chí là loại bỏ các

gradien nhiệt độ theo trục của các tấm thủy tinh 108 trên đỉnh và đáy của chồng thủy tinh 106.

Như được thể hiện trên Fig.1, chồng thủy tinh 106 chứa nhiều tấm thủy tinh 108, mỗi tấm thủy tinh 108 đang được tách từ tấm thủy tinh liền kề 108 bởi lớp tác nhân chia tách 110. Lớp tác nhân chia tách 110 làm giảm hoặc thậm chí loại bỏ việc dính của các tấm thủy tinh 108 trong chồng thủy tinh 106 trong suốt quá trình xử lý gốm hóa. Mặc dù không được mô tả trên Fig.1, nhưng theo một số phương án thực hiện, chồng thủy tinh 106 có thể còn chứa lớp tác nhân chia tách 110 giữa tấm thủy tinh 108 và bản cơ cấu định vị 104. Theo các phương án thực hiện khác, như theo các phương án thực hiện khác nhau được mô tả bên dưới, bản cơ cấu định vị 104 được làm từ vật liệu không phản ứng với tấm thủy tinh 108, và lớp tác nhân chia tách 110 không được yêu cầu để ngăn cản các tương tác giữa tấm thủy tinh 108 và bản cơ cấu định vị 104.

Nói chung, để tạo thành thủy tinh-gốm, chồng thủy tinh 106 được gia nhiệt tại nhiệt độ bên trên điểm ủ của nó trong thời gian đủ để phát triển nhân tinh thể (còn được gọi là “việc tạo mầm”). Việc xử lý nhiệt có thể được thực hiện, ví dụ, trong lò ủ kính hoặc lò. Sau khi đang được gia nhiệt bên trên điểm ủ của nó, thủy tinh sau đó còn được gia nhiệt, thường tại nhiệt độ cao hơn giữa điểm ủ thủy tinh và điểm làm mềm thủy tinh, để phát triển pha tinh thể (còn được đề cập tới như là “việc phát triển” hoặc “việc tinh thể hóa”). Theo các phương án thực hiện khác nhau, việc xử lý nhiệt, hoặc quy trình gốm hóa, chứa việc gia nhiệt chứa việc gia nhiệt chồng thủy tinh tới nhiệt độ tạo mầm, duy trì nhiệt độ tạo mầm cho chu kỳ thời gian được xác định trước, gia nhiệt chồng thủy tinh tới nhiệt độ kết tinh, và duy trì nhiệt độ kết tinh cho chu kỳ thời gian được xác định trước.

Các tấm thủy tinh 108 có thể được làm từ hợp phần thủy tinh bất kỳ là thích hợp để tạo thành các vật phẩm thủy tinh-gốm, mặc dù cần hiểu rằng hợp phần thủy tinh của các tấm thủy tinh 108 có thể tác động lên các tính chất cơ học và quang học của vật phẩm thủy tinh-gốm. Theo các phương án thực hiện khác nhau, hợp phần thủy tinh được chọn sao cho vật phẩm thủy tinh-gốm được tạo thành có pha tinh thể petalit và pha tinh thể lithi silicat và trong đó pha tinh thể petalit và pha tinh thể lithi silicat có

các phần trăm theo khối lượng cao hơn các pha tinh thể khác có mặt trong vật phẩm thủy tinh-gốm.

Được mô tả chung là cấu hình chồng 100, chi tiết bổ sung sẽ được cung cấp liên quan tới các thành phần của cấu hình chồng 100.

Bản bộ phận mang

Theo các phương án thực hiện khác nhau, bản bộ phận mang 102 đỡ hai hoặc hơn hai bản cơ cấu định vị 104. Cấu trúc và vật liệu của bản bộ phận mang 102 có thể được chọn để điều khiển sự đồng đều về nhiệt của các tấm thủy tinh được tải trên đỉnh của nó trong cấu hình chồng 100. Theo một số phương án thực hiện, bản bộ phận mang 102 có thiết kế bộ phận mang mở (được thể hiện trên Fig.2), trong khi theo các phương án thực hiện khác, bản bộ phận mang 102 có thiết kế bộ phận mang đóng (được thể hiện trên Fig.3). Theo phương án thực hiện được mô tả trên Fig.2, bản bộ phận mang 102 xấp xỉ là 17% kim loại rắn (ví dụ, thép), trong khi bản bộ phận mang 102 trong phương án thực hiện được mô tả trên Fig.3 là bản rỗng được làm từ các chùm silic cacbua được liên kết phản ứng với xấp xỉ là 45% kim loại rắn.

Để đánh giá tác động nhiệt của bản bộ phận mang, mô hình nhiệt giả sử rằng dung lượng quy mô sản xuất là với 9 chồng và 23 tấm thủy tinh mà mỗi tấm chồng trên bản bộ phận mang và các bản cơ cấu định vị 8 mm được làm từ silic cacbua được liên kết phản ứng được chạy. Như được thể hiện trong dữ liệu được mô hình hóa trên Fig.4, các chồng thủy tinh trên bản bộ phận mang rỗng thể hiện độ đồng đều về nhiệt giảm khi so sánh với các chồng thủy tinh trên bản bộ phận mang bằng thép, mở do việc truyền nhiệt. Cụ thể là, với bộ phận mang được làm từ các chùm silic cacbua (Fig.3), các thay đổi nhiệt độ chồng thủy tinh lớn hơn được mong đợi khi so sánh với bộ phận mang được tạo thành từ thiết kế lưới thép mở (Fig.2), trừ việc tại giai đoạn rất sớm của việc gia nhiệt khi các nhiệt độ thủy tinh là thấp. Thêm vào đó, việc chặn của bức xạ trực tiếp bởi bản bộ phận mang cũng làm tăng thời gian gia nhiệt tổng thể, dù có thực tế là silic cacbua được liên kết phản ứng là bộ phận dẫn nhiệt tốt hơn thép.

Theo đó, dù các thiết kế và các vật liệu khác nhau có thể được áp dụng cho bản bộ phận mang 102, theo các phương án thực hiện khác nhau, nhưng bản bộ phận mang được làm từ thép và có thiết kế lưới mở, như được mô tả trên Fig.2.

Bản cơ cấu định vị

Như được thể hiện trên Fig.1, theo các phương án thực hiện khác nhau, bản bộ phận mang 102 đỡ ít nhất hai bản cơ cấu định vị 104. Ví dụ, mặc dù phương án thực hiện được thể hiện trên Fig.1 chứa chồng thủy tinh đơn 106 với bản cơ cấu định vị 104 bên trên chồng thủy tinh 106 và bản cơ cấu định vị 104 giữa chồng thủy tinh 106 và bản bộ phận mang 102, thấy rằng các bản cơ cấu định vị bổ sung 104 có thể được chứa, như đang được định vị nằm trong chồng thủy tinh 106, và/hoặc bằng cách định vị nhiều chồng thủy tinh 106 trên bản bộ phận mang 102, mỗi chồng thủy tinh 106 có ít nhất bản cơ cấu định vị 104 bên trên chồng thủy tinh 106 và bản cơ cấu định vị 104 giữa chồng thủy tinh 106 và bản bộ phận mang 102.

Trong khi hầu hết các quy trình gồm hóa truyền thống sử dụng gốm và các vật liệu chịu lửa để tạo thành các bản cơ cấu định vị, nhưng các vật liệu này có giới hạn về khả năng truyền nhiệt nhiệt dung làm cho chúng trở thành không thích hợp cho việc tạo ra chất lượng quang học cao, vốn là điều được mong muốn cho các ứng dụng cụ thể. Thêm vào đó, các bản cơ cấu định vị được làm từ các vật liệu này có thể trải qua việc nở nhiệt, việc oxi hóa, vốn đến lượt nó lại dẫn tới độ vênh trong vật phẩm gồm thủy tinh.

Hơn nữa, các bản cơ cấu định vị 104 gắn kết chồng thủy tinh 106 tạo ra đường truyền nhiệt ngang để lan truyền nhiệt bức xạ từ các thành phần gia nhiệt, vốn có thể làm giảm các thay đổi nhiệt độ tấm thủy tinh trong mặt phẳng. Việc tối thiểu hóa các thay đổi nhiệt độ đến lượt nó lại dẫn tới việc giảm của các ứng suất trong mặt phẳng và độ vênh trong vật phẩm gồm thủy tinh. Theo đó, theo các phương án thực hiện khác nhau, các bản cơ cấu định vị 104 được chọn để tối đa hóa việc giảm trong thay đổi tấm thủy tinh nhiệt độ. Cụ thể là, các bản cơ cấu định vị 104 được chọn để có nhiệt dung riêng, tỉ trọng, và độ khuếch tán nhiệt cụ thể.

Theo các phương án thực hiện khác nhau, các bản cơ cấu định vị có nhiệt dung riêng (c_p) từ khoảng 670 J/kg*K tới khoảng 850 J/kg*K, khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM E1461 tại nhiệt độ phòng. Ví dụ, các bản cơ cấu định vị có thể có nhiệt dung riêng là từ khoảng 670 J/kg*K tới khoảng 850 J/kg*K, từ khoảng 670 J/kg*K tới khoảng 800 J/kg*K, từ khoảng 670 J/kg*K tới khoảng 750 J/kg*K, hoặc từ khoảng 670 J/kg*K tới khoảng 700 J/kg*K, khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM E1461 tại nhiệt độ phòng và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Không bị bó buộc vào lý thuyết, tin rằng khi nhiệt dung riêng là ở bên ngoài khoảng giới hạn này, vật liệu là không có khả năng loại bỏ nhiệt và chấp nhận nhiệt tại tốc độ thích hợp, vốn gây ra ứng suất, và độ vênh trong thủy tinh trong các cấu hình chông.

Các bản cơ cấu định vị theo các phương án thực hiện khác nhau còn bổ sung hoặc theo cách khác có thể được chọn để có tỉ trọng khối lớn hơn khoảng 2500 kg/m³, khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM C20. Ví dụ, các bản cơ cấu định vị có thể có tỉ trọng khối là từ khoảng 2500 kg/m³ tới khoảng 4000 kg/m³, từ khoảng 2750 kg/m³ tới khoảng 3750 kg/m³, hoặc từ khoảng 3000 kg/m³ tới khoảng 3500 kg/m³, khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM C20 và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Không bị bó buộc vào lý thuyết, tin rằng các vật liệu có các tỉ trọng khối trong khoảng giới hạn này có độ xốp thấp và không có việc tăng một cách đáng kể khối lượng trong chông. Tỉ trọng khối là quá thấp dẫn tới việc làm giảm chất lượng vật liệu theo thời gian và làm giảm tuổi thọ sử dụng của vật liệu, trong đó khi tỉ trọng khối là quá cao thì lại dẫn tới ứng suất trong chông do lực trên thủy tinh tăng.

Hơn nữa, theo các phương án thực hiện khác nhau, các bản cơ cấu định vị có độ khuếch tán nhiệt lớn hơn khoảng $2,50 \times 10^{-5}$ m²/s. Ví dụ, các bản cơ cấu định vị có thể có độ khuếch tán nhiệt từ khoảng $2,50 \times 10^{-5}$ m²/s tới khoảng $5,50 \times 10^{-4}$ m²/s, từ khoảng $3,0 \times 10^{-5}$ m²/s tới khoảng $5,00 \times 10^{-4}$ m²/s, từ khoảng $4,0 \times 10^{-5}$ m²/s tới khoảng $4,50 \times 10^{-4}$ m²/s, từ khoảng $4,50 \times 10^{-5}$ m²/s tới khoảng $4,00 \times 10^{-4}$ m²/s, từ khoảng $5,00 \times 10^{-5}$ m²/s tới khoảng $3,50 \times 10^{-4}$ m²/s, từ khoảng $5,50 \times 10^{-5}$ m²/s tới khoảng $3,00 \times 10^{-4}$ m²/s, từ khoảng $6,00 \times 10^{-5}$ m²/s tới khoảng $2,50 \times 10^{-4}$ m²/s, từ khoảng $6,50 \times 10^{-5}$ m²/s tới khoảng $2,0 \times 10^{-4}$ m²/s, từ khoảng $7,00 \times 10^{-5}$ m²/s tới khoảng $2,00 \times 10^{-4}$ m²/s, hoặc từ khoảng $7,50 \times 10^{-5}$ m²/s tới khoảng $1,50 \times 10^{-4}$ m²/s

và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Không bị bó buộc vào lý thuyết, nếu độ khuếch tán nhiệt là quá thấp, vật liệu sẽ cần quá lâu để gia nhiệt và nguội xuống gây ra các gradien nhiệt trong chõng, vốn dẫn tới ứng suất và độ vênh. Tuy nhiên, nếu độ khuếch tán nhiệt là quá cao, nó cũng có thể dẫn tới ứng suất do việc tạo các gradien nhiệt trong chõng. Các tấm thủy tinh trong tiếp xúc với các bản cơ cấu định vị sẽ bị ảnh hưởng bởi việc truyền nhiệt tại các tốc độ khác nhau trái với các tấm thủy tinh trong trung tâm của chõng. Độ khuếch tán nhiệt α có thể được định nghĩa theo phương trình sau:

$$\alpha = \frac{k}{\rho c_p}$$

Trong đó k là khả năng dẫn nhiệt (W/m*K), ρ là tỷ trọng (kg/m³), và c_p là nhiệt dung riêng (J/kg*K).

Theo đó, theo các phương án thực hiện khác nhau, các bản cơ cấu định vị có khả năng dẫn nhiệt (k) lớn hơn khoảng 100 W/m-K, lớn hơn khoảng 125 W/m-K, lớn hơn khoảng 150 W/m-K, lớn hơn khoảng 175 W/m-K, hoặc thậm chí lớn hơn khoảng 180 W/m-K, khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM E1461 tại nhiệt độ phòng. Ví dụ, bản cơ cấu định vị có thể có khả năng dẫn nhiệt từ khoảng 100 W/m-K tới khoảng 350 W/m-K, từ khoảng 125 W/m-K tới khoảng 325 W/m-K, từ khoảng 150 W/m-K tới khoảng 300 W/m-K, từ khoảng 175 W/m-K tới khoảng 275 W/m-K, hoặc từ khoảng 180 W/m-K tới khoảng 250 W/m-K, khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM E1461 tại nhiệt độ phòng và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Không bị bó buộc vào lý thuyết, khả năng dẫn nhiệt quá cao hoặc quá thấp có thể tạo ra các gradien nhiệt trong chõng dẫn tới ứng suất và độ vênh.

Các vật liệu khác nhau có nhiệt dung riêng, tỷ trọng, và độ khuếch tán nhiệt mong muốn có thể thích hợp để sử dụng trong việc tạo thành các bản cơ cấu định vị được mô tả ở đây. Một vật liệu làm ví dụ mà đặc biệt thích hợp để sử dụng là silic cacbua được liên kết phản ứng (SiSiC). Theo các phương án thực hiện, bản cơ cấu định vị 104 có thể bao gồm từ khoảng 85% khối lượng đến khoảng 90% khối lượng là silic cacbua được liên kết phản ứng. bản cơ cấu định vị 104 có thể còn bao gồm từ khoảng 10% khối lượng đến khoảng 15% khối lượng là kim loại silic (Si) và các tác nhân liên kết.

Các sản phẩm silic cacbua được liên kết phản ứng có bán sẵn có thể thích hợp để sử dụng trong việc tạo thành bản cơ cấu định vị 104 có thể bao gồm, theo cách làm ví dụ nhưng không bị giới hạn ở, CRYSTAR RB™ sẵn có từ Saint-Gobain Ceramic Materials.

Để khẳng định tác động của các tính chất nhiệt của vật liệu được sử dụng để tạo thành các bản cơ cấu định vị, ba vật liệu khác nhau được sử dụng để tạo thành các bản cơ cấu định vị có độ dày là 8 mm. Cụ thể, ví dụ A được tạo thành từ silic cacbua được liên kết phản ứng, ví dụ so sánh 1 được tạo thành bằng cách sử dụng silic cacbua được liên kết với nitrua, và ví dụ so sánh 2 được tạo thành bằng cách sử dụng bảng chịu lửa silic. Các tính chất nhiệt của mỗi vật liệu trong số các vật liệu này được đưa ra trong bảng 1.

Bảng 1

Bảng 1: Các tính chất nhiệt của vật liệu bản cơ cấu định vị			
	SiC được liên kết với nitrua	Được liên kết phản ứng (SiSiC)	Bảng chịu lửa Si
Khả năng dẫn nhiệt tại nhiệt độ phòng (W/m*K)	31	185	0,6
Tỉ trọng khối (kg/m ³)	2200	3030	2100
Nhiệt riêng tại nhiệt độ phòng (J/kg*K)	663	670	878
Độ khuếch tán nhiệt (m ² /s)	2,13E-05	9,11E-05	3,25E-07

ΔT của chồng thủy tinh trong quá trình dốc nhiệt tăng sẽ được đo. Các kết quả được thể hiện trên Fig.5. Cụ thể là, như được thể hiện trên Fig.5 silic cacbua được liên kết phản ứng thể hiện thời gian gia nhiệt được làm giảm và ΔT được làm giảm trong suốt quy trình. Ví dụ so sánh 2 sử dụng các bản cơ cấu định vị được tạo thành từ bảng chịu lửa silic thể hiện thay đổi nhiệt độ lớn hơn một cách đáng kể, rất có thể là do nó là chất dẫn nhiệt kém. Tuy nhiên, độ khuếch tán nhiệt càng lớn của ví dụ A và ví dụ so sánh 1 (silic cacbua liên kết nitrua) thể hiện các nhiệt độ đồng đều hơn.

Bên cạnh việc làm giảm thay đổi nhiệt độ trong chồng thủy tinh, bản cơ cấu định vị 104 của các phương án thực hiện khác nhau được làm từ vật liệu tạo ra ứng suất thấp hơn khi so sánh với các vật liệu truyền thống. Ví dụ, độ khuếch tán nhiệt của silic

cacbua liên kết phản ứng tạo ra ứng suất thấp hơn trong vật phẩm gốm thủy tinh theo việc gốm hóa việc xử lý nhiệt khi so sánh với các vật liệu bản cơ cấu định vị truyền thống. Như được thể hiện trên Fig.6 silic cacbua được liên kết phản ứng tạo ra ứng suất tối đa thấp hơn trên các chồng (phía tay trái của đồ thị) khi so sánh với các chồng tiếp xúc với băng chịu lửa silic bản cơ cấu định vị (phía tay phải của đồ thị). Không bị bó buộc vào lý thuyết, tin rằng delta nhiệt độ giảm tạo thành từ độ khuếch tán nhiệt của silic cacbua được liên kết phản ứng làm giảm ứng suất trong vật phẩm gốm thủy tinh khi nó mọc các tinh thể và việc biến đổi pha xuất hiện trong vật phẩm. Việc giảm ứng suất tác động một cách trực tiếp lên độ vênh trong vật phẩm gốm thủy tinh. Cụ thể là, các ứng suất tăng tạo ra độ vênh cao hơn trong vật phẩm, vốn có thể làm cho nó trở nên không sử dụng được cho các ứng dụng cụ thể, như các thiết bị hiển thị điện tử cầm tay. Tuy nhiên, việc sử dụng của silic cacbua được liên kết phản ứng làm giảm ứng suất trong vật phẩm gốm thủy tinh, nhờ đó tạo ra độ vênh thấp hơn trong sản phẩm cuối cùng.

Theo các phương án thực hiện khác nhau, vật liệu được sử dụng để tạo thành bản cơ cấu định vị 104 còn được chọn dựa trên việc thiếu khả năng phản ứng của nó với cả bản bộ phận mang 102 và vật phẩm gốm thủy tinh. Silic cacbua được liên kết phản ứng là vật liệu làm ví dụ minh họa việc phản ứng thấp hoặc không có phản ứng với các vật liệu thường được sử dụng để tạo thành bản bộ phận mang 102. Cụ thể là, các bản cơ cấu định vị được làm từ silic cacbua được liên kết phản ứng tiếp xúc với các bản bộ phận mang hợp kim thép không gỉ và kim loại siêu hợp kim gốc Ni được kiểm tra lên tới 800°C trong không khí trong 24 giờ và trong 100 giờ. Như được thể hiện trên Fig.7, việc kiểm tra hiển vi điện tử quét SEM (scanning electron microscope) và EDX được thể hiện rằng không có phản ứng của các kim loại với silic cacbua được liên kết phản ứng. Cụ thể là, việc thiếu Si được tìm thấy trên các bề mặt bản bộ phận mang thể hiện rằng không có phản ứng nào với Si tự do trong vi cấu trúc silic cacbua được liên kết phản ứng.

Thêm nữa, các gốm thủy tinh gốc Li là trong tiếp xúc với vật liệu silic cacbua được liên kết phản ứng trong suốt quy trình gốm hóa nhiệt không thể hiện các hiệu ứng bề mặt, theo việc mô tả đặc trưng việc tập hợp pha XRD. Ví dụ, như được thể

hiện trên Fig.8, thủy tinh là ở trong tiếp xúc với silic cacbua được liên kết phản ứng bản cơ cấu định vị (A) là tương tự như về pha như trong thủy tinh khối (B).

Bên cạnh việc có các tính chất nhiệt được cải thiện hơn so với các vật liệu khác, silic cacbua được liên kết phản ứng có độ xốp thấp ($<1\%$), vốn có thể tăng tuổi thọ của bản cơ cấu định vị trong suốt việc tuần hoàn nhiệt do khả năng chịu oxi hóa, nứt vỡ được tăng cường, và khả năng phản ứng qua việc khuếch tán với các nguyên tố và vật liệu khác.

Theo các phương án thực hiện khác nhau, bản cơ cấu định vị 104 cũng được định cỡ để làm giảm độ vênh trong vật phẩm gồm thủy tinh. Cụ thể là, độ dày của bản cơ cấu định vị 104 và độ phẳng của bản cơ cấu định vị 104 được điều khiển để làm giảm cả độ vênh và ứng suất trong gốm thủy tinh.

Trong suốt việc xử lý gốm hóa, các tấm thủy tinh 108 tạo thành chồng thủy tinh 106, vốn là trong tiếp xúc với các bản cơ cấu định vị 104, di chuyển và tuân theo độ phẳng của bản cơ cấu định vị 104. Theo các phương án thực hiện khác nhau, bản cơ cấu định vị 104 có thể được gia công để thu được độ phẳng cụ thể sau khi tạo hình. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “độ phẳng” đề cập tới vùng dung sai được định nghĩa bởi hai mặt phẳng song song mà bề mặt nằm trong đó. Ví dụ, độ phẳng là 100 μm nghĩa là bề mặt phải nằm toàn bộ giữa hai mặt phẳng song song cách nhau nhiều nhất là 100 μm . Tác động của độ phẳng của bản cơ cấu định vị 104 lên độ phẳng của vật phẩm gồm thủy tinh được thể hiện trên Fig.9. Cụ thể là, như được thể hiện trên Fig.9, độ vênh tối đa của vật phẩm gồm thủy tinh giảm cho các bản cơ cấu định vị có độ phẳng là 100 μm khi so sánh với các bản cơ cấu định vị có độ phẳng là 700 μm .

Fig.9 còn minh họa việc sử dụng của khối lượng bổ sung (ví dụ, gấp đôi khối lượng như được sử dụng trong bộ mẫu 1) không giảm độ vênh một cách đáng kể. Ví dụ, cho từng bộ mẫu 1, bộ mẫu 2, và bộ mẫu 3, năm mẫu thứ nhất của từng bộ được thực hiện sử dụng cơ cấu định vị với độ phẳng là 100 μm , trong khi 5 mẫu cuối cùng của từng bộ được thực hiện sử dụng cơ cấu định vị với độ phẳng là 700 μm . Cơ cấu định vị bộ làm phẳng làm giảm độ vênh tới xấp xỉ cùng một lượng, độc lập với khối lượng, như được thể hiện bởi việc so sánh bộ mẫu 1, vốn có khối lượng gấp đôi, với các bộ mẫu 2 và 3, từng bộ trong số chúng có khối lượng được làm bằng nhau.

Theo các phương án thực hiện khác nhau, bản cơ cấu định vị 104 có độ phẳng tối đa nhỏ hơn hoặc bằng với khoảng 100 μm , nhỏ hơn hoặc bằng với khoảng 75 μm , nhỏ hơn hoặc bằng với khoảng 50 μm , nhỏ hơn hoặc bằng với khoảng 45 μm , nhỏ hơn hoặc bằng với khoảng 40 μm , nhỏ hơn hoặc bằng với khoảng 35 μm , nhỏ hơn hoặc bằng với khoảng 30 μm , hoặc thậm chí nhỏ hơn hoặc bằng với khoảng 25 μm .

Độ phẳng có thể được đo sử dụng CMM và các đầu dò chạm và/hoặc không chạm. Theo các phương án thực hiện khác nhau, tỉ trọng đo là 1 điểm/mm trong suốt phần chiếu quét và vùng đo là khoảng 10 mm vào bên trong, từ cạnh của bản cơ cấu định vị. Góc của việc sắp thẳng là tâm của gờ ngắn hơn, như được thể hiện trên Fig.10. Để định vị góc, CMM tìm các góc của bản cơ cấu định vị 104 và tính toán khoảng cách giữa hai góc. Góc này là khoảng cách được chia bởi hai. Để xác định vùng kiểm tra, đầu dò được di chuyển 10 mm theo hướng nằm ngang trên đường từ gờ của bản cơ cấu định vị tại góc. Sau đó, đầu dò được di chuyển hướng lên trên khoảng 325 mm đến điểm bắt đầu. Việc quét bắt đầu tại điểm đó. Khoảng trống giữa mỗi đường là khoảng 15 mm, và bản cơ cấu định vị được quét trong mô hình quanh co, như được thể hiện trên Fig.10. Độ phẳng được đánh giá bởi CMM sử dụng phương pháp vùng tối thiểu.

Độ dày t của bản cơ cấu định vị 104 (được thể hiện trên Fig.1) được chọn, ít nhất một phần, để cân bằng với các tác dụng nhiệt của bản cơ cấu định vị 104 trên chông thủy tinh 106 với việc gây ra độ vênh. Cụ thể, độ dày nên được tối thiểu hóa cho việc truyền nhiệt và độ đồng đều, nhưng được tối đa hóa cho độ bền và khả năng chịu độ vênh. Theo đó, theo các phương án thực hiện khác nhau, bản cơ cấu định vị 104 có độ dày t từ khoảng 6,5 mm tới khoảng 10 mm, hoặc từ khoảng 7 mm tới khoảng 9,5 mm, hoặc từ khoảng 7,5 mm tới khoảng 9 mm, hoặc từ khoảng 7,9 mm tới khoảng 8,2 mm và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó.

Tỉ trọng của vật liệu được sử dụng để tạo thành bản cơ cấu định vị 104 và độ dày của bản cơ cấu định vị 104 có thể còn được chọn dựa trên lực được tác dụng trên chông thủy tinh 106. Fig.11 minh họa cách lực bổ sung trên chông thủy tinh có thể đóng góp vào ứng suất tăng trong vật phẩm gồm thủy tinh. Cụ thể là, như được thể hiện trên Fig.11, việc thêm vào của khối lượng không chỉ không cải thiện độ vênh (ví dụ, làm

giảm độ vênh tối đa), mà nó còn giảm ứng suất tối đa tại các điểm khác nhau nằm trong chồng thủy tinh. Không bị bó buộc vào lý thuyết, tin rằng việc thêm vào của lực bổ sung ép các tấm thủy tinh trong suốt việc xử lý gốm hóa khi việc co ngót xuất hiện. Theo đó, tin rằng khả năng của vật liệu để dịch chuyển một cách tự do trong suốt việc xử lý gốm hóa làm giảm độ vênh trong vật phẩm gốm thủy tinh. Theo các phương án thực hiện khác nhau, các bản cơ cấu định vị 104 được làm từ silic cacbua được liên kết phản ứng có thể tạo ra khả năng truyền nhiệt tốt trong khi vẫn duy trì lực tác dụng thấp, nhờ đó tại thành độ vênh và ứng suất thấp trong vật phẩm gốm thủy tinh.

Lớp tác nhân chia tách

Như được mô tả ở trên, theo các phương án thực hiện khác nhau, lớp tác nhân chia tách 110 được lắng đọng giữa các tấm thủy tinh liền kề 108 trong chồng thủy tinh 106. Theo một số phương án thực hiện, lớp tác nhân chia tách 110 cũng có thể được lắng đọng giữa bản cơ cấu định vị 104 và chồng thủy tinh 106. Ví dụ, lớp tác nhân chia tách 110 có thể được phủ lên trên bản cơ cấu định vị 104, hoặc có thể được lắng đọng trên bề mặt của tấm thủy tinh 108 tại đỉnh và/hoặc đáy của chồng thủy tinh 106.

Theo các phương án thực hiện khác nhau, lớp tác nhân chia tách 110 được tạo thành từ hợp phần tác nhân chia tách, vốn bao gồm việc phân tán có nước chứa bo nitrua và tác nhân gắn kết vô cơ dạng keo. Theo các phương án thực hiện, hợp phần tác nhân chia tách về cơ bản là không có các dung môi hữu cơ bay hơi. Theo đó, các quy trình áp dụng hợp phần tác nhân chia tách có thể sinh ra ít chất thải nguy hiểm hơn các quy trình truyền thống sử dụng các sản phẩm gốc rượu.

Theo các phương án thực hiện khác nhau, hợp phần tác nhân chia tách chứa bo nitrua làm chất bôi trơn. Việc sử dụng của bo nitrua cho phép hợp phần tác nhân chia tách cần được sử dụng trong các ứng dụng nhiệt độ cao (ví dụ, $> 500^{\circ}\text{C}$), vốn không thể thực hiện với các chất bôi trơn thay thế khác. Thêm vào đó, bo nitrua có thể là đặc biệt thích hợp làm chất bôi trơn theo các phương án thực hiện khác nhau do nó duy trì được các tính chất bôi trơn trong suốt việc xử lý gốm hóa. Trong hợp phần tác nhân chia tách theo các phương án thực hiện khác nhau, bo nitrua có mặt ở dạng của các hạt được kết tụ có kích cỡ hạt trung bình từ khoảng 2 μm tới khoảng 4 μm . Mặc dù kích cỡ hạt có thể thay đổi phụ thuộc vào phương án thực hiện cụ thể được áp dụng ở đây,

nhưng kích cỡ hạt nói chung là không vượt quá khoảng 4 μm để làm giảm độ nhám bề mặt và cho phép tạo thành các lớp phủ siêu mỏng (ví dụ, khối lượng khô 2 g).

Như được mô tả ở trên, hợp phần tác nhân chia tách còn chứa tác nhân gắn kết vô cơ dạng keo. Tác nhân gắn kết vô cơ dạng keo có thể chứa, theo cách làm ví dụ và không làm hạn chế, là nhôm oxit (AlOx). Các tác nhân gắn kết vô cơ dạng keo khác có thể được sử dụng, miễn là chúng không bị phân hủy hoàn toàn trong suốt quá trình xử lý nhiệt (ví dụ, gốm hóa).

Theo một số phương án thực hiện, hợp phần tác nhân chia tách tùy chọn có thể chứa một hoặc nhiều chất phân tán hoặc các chất phụ gia khác. Ví dụ, các chất phụ gia kháng khuẩn có thể được sử dụng. Các chất phân tán thích hợp chứa axit nitric hoặc các chất phân tán khác đã được biết và được sử dụng trong tình trạng kỹ thuật. Tuy nhiên, theo các phương án thực hiện khác, hợp phần tác nhân chia tách có thể về cơ bản là không có các thành phần bổ sung để làm giảm việc xảy ra của phản ứng giữa lớp tác nhân chia tách 110 và các tấm thủy tinh 108 và/hoặc bản cơ cấu định vị 104.

Hợp phần tác nhân chia tách có trọng lượng riêng từ khoảng 1,0 tới khoảng 1,2 khi được đo sử dụng ống tiêm để kéo thể tích được xác định từ trước của hợp phần tác nhân chia tách và cân thể tích đó. Cụ thể là, để đo trọng lượng riêng, ống tiêm 20 mL được sử dụng để kéo khoảng 10 mL của hợp phần tác nhân chia tách vào trong ống tiêm và đẩy ngược ra để thoát các bong bóng. Ống tiêm sau đó được lau sạch, được đặt lên cân, và cân được đặt về không. Sau đó, chính xác 20 mL của hợp phần tác nhân chia tách được kéo vào trong ống tiêm; ống tiêm được lau sạch, và được đặt trên cân để thu được khối lượng theo gam trong ống tiêm. Khối lượng sau đó được chia bởi 20 để thu trọng lượng riêng.

Thêm vào hoặc thay thế, theo các phương án thực hiện khác nhau, hợp phần tác nhân chia tách có độ nhớt từ khoảng 120 xentipoa (cP) tới khoảng 160 cP khi được đo trên máy đo độ nhớt Brookfield DV2TLV, bốn con suốt và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Mặc dù độ nhớt có thể thay đổi phụ thuộc vào phương án thực hiện cụ thể, nhưng độ nhớt lớn hơn 160 cP hoặc nhỏ hơn 120 cP có thể có tác dụng ngược lên việc áp dụng của hợp phần vào các tấm thủy tinh, và có thể tại thành lớp tác nhân chia tách không đồng đều.

Theo các phương án thực hiện khác nhau, hợp phần tác nhân chia tách có pH từ khoảng 3 tới khoảng 5 và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Cụ thể là, khi hợp phần tác nhân chia tách có pH trong khoảng giới hạn này, thì hợp phần là tương thích với ứng dụng cho bề mặt của tấm thủy tinh mà không quan tâm tới việc rửa mòn hoặc khắc bề mặt. Các tác nhân chia tách sẵn có trên thị trường, thích hợp bao gồm các tác nhân sẵn có từ Zyp Coatings (Tennessee).

Như được mô tả ở trên, hợp phần tác nhân chia tách có thể được áp dụng vào một hoặc nhiều bề mặt của các tấm thủy tinh 108 và/hoặc các bản cơ cấu định vị 104 để tạo thành lớp tác nhân chia tách 110. Theo các phương án thực hiện khác nhau, hợp phần tác nhân chia tách được áp dụng thông qua kỹ thuật phân tán phun, như việc nguyên tử hóa quay và/hoặc phân tán phun được trợ giúp bởi không khí. Không bị bó buộc vào lý thuyết, tin rằng các kỹ thuật khác, bao gồm, nhưng không hạn chế ở phủ con lăn, nhúng, và áp dụng bột siêu âm, là không thể đạt được độ dày lớp mong muốn và độ đồng đều được mong muốn bởi các phương án thực hiện khác nhau. Theo đó, theo các phương án thực hiện khác nhau, hợp phần tác nhân chia tách được sấy khô để tạo thành lớp tác nhân chia tách 110 có khối lượng phủ khô từ khoảng 2 g tới khoảng 6 g và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Mặc dù độ dày của lớp tác nhân chia tách 110 có thể thay đổi phụ thuộc vào phương án thực hiện cụ thể, nhưng nói chung là mong đợi rằng các khối lượng phủ khô là nhỏ hơn khoảng 2 g có thể có rủi ro dính tăng. Thêm vào đó, theo các phương án thực hiện khác nhau, lớp tác nhân chia tách 110 có phân bố về cơ bản là đồng đều trên bề mặt của tấm thủy tinh 108 và/hoặc bản cơ cấu định vị 104.

Theo các phương án thực hiện được mô tả ở đây, độ đồng đều phủ được đặc trưng bởi phần trăm độ mờ đục và phần trăm truyền qua sử dụng thiết bị BYK Haze-Gard Plus từ Paul N. Gardner Company, Inc. theo tiêu chuẩn ASTM D 1003 (để truyền) và tiêu chuẩn ASTM D 1044 (cho độ mờ đục). Haze-Gard Plus là có khả năng xác định một cách trực tiếp độ truyền qua tổng cộng, độ mờ đục và độ trong. Thiết bị sử dụng nguồn sáng Illuminant C thể hiện ánh sáng trung bình ban ngày với nhiệt độ màu sắc tương liên là 6774 K. Theo các phương án thực hiện khác nhau, tấm thủy tinh được gồm hóa 100 có lớp tác nhân chia tách 110 trên một bề mặt có phần trăm truyền

qua là từ khoảng 76% tới khoảng 83% khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM D1003 và phần trăm độ mờ đục là từ khoảng 25% tới khoảng 38% khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM D1044.

Fig.12 là đồ thị của phần trăm truyền qua (trục y) so với khả năng chấp nhận của các mẫu (trục x). Cụ thể là, phần trăm truyền qua được thể hiện cho các vật phẩm gồm thủy tinh gốc Li chứa lớp tác nhân chia tách. Như được thể hiện trên Fig.12, lớp phủ là quá dày (ví dụ, lớn hơn khoảng 6 g) thể hiện phần trăm truyền qua nhỏ hơn 70%, trong khi lớp phủ là quá mỏng (ví dụ, nhỏ hơn khoảng 2 g) thể hiện phần trăm truyền qua là khoảng 85%, nhưng thủy tinh sẽ dính vào các tấm thủy tinh liền kề. Tuy nhiên, các mẫu theo cách khác thể hiện phần trăm truyền qua chấp nhận được từ khoảng 76% tới khoảng 83% khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM D1003.

Fig.13 là đồ thị của phần trăm độ mờ đục (trục y) so với khả năng chấp nhận của các mẫu (trục x). Với các mẫu có lớp phủ quá dày (ví dụ, lớn hơn khoảng 6 g), thì phần trăm độ mờ đục lớn hơn khoảng 40%, trong khi các mẫu có các lớp phủ quá mỏng (ví dụ, nhỏ hơn khoảng 2 g), thì phần trăm độ mờ đục là nhỏ hơn khoảng 25% và các mẫu thể hiện việc dính. Tuy nhiên, các mẫu theo cách khác, thể hiện phần trăm độ mờ đục chấp nhận được là từ khoảng 25% tới khoảng 38% khi được đo theo tiêu chuẩn ASTM D1044.

Theo các phương án thực hiện khác nhau, các vật phẩm gồm thủy tinh chứa lớp tác nhân chia tách 110 thể hiện ít độ vênh hơn so với các vật phẩm gồm thủy tinh được tạo thành mà không có lớp tác nhân chia tách 110. Nói cách khác, bên cạnh việc làm giảm việc dính giữa tấm thủy tinh 108 và tấm thủy tinh liền kề 108 và/hoặc bản cơ cấu định vị 104, lớp tác nhân chia tách 110 có thể làm giảm độ vênh trong vật phẩm gồm thủy tinh cuối cùng. Không bị bó buộc vào lý thuyết, tin rằng việc áp dụng của lớp tác nhân chia tách 110 như được mô tả ở đây có thể ngăn cản việc dính cục bộ vốn đóng góp vào độ vênh trong vật phẩm gồm thủy tinh. Cụ thể là, trong suốt việc xử lý gốm hóa, thủy tinh trải qua việc co ngót trong suốt việc thay đổi pha và việc phát triển tinh thể và sự có mặt của lớp tác nhân chia tách 110 cho phép thủy tinh di chuyển một cách tự do mà không có ràng buộc trong chồng thủy tinh 106.

Fig.14 là đồ thị của độ vênh tối đa (theo μm ; trục y) như là hàm của vị trí chông thủy tinh (trục x). Lớp phủ được áp dụng với khoảng cách quăng đầu phun 1,5" (3,81 cm) (đường liền) và khoảng cách quăng đầu phun 3,0" (7,62 cm) (đường chấm). Fig.14 thể hiện rằng độ vênh tối đa tăng từ đáy của chông thủy tinh (bên trái) tới đỉnh của chông thủy tinh (bên phải). Thêm vào đó, theo các phương án thực hiện mà trong đó lớp phủ được áp dụng với các thay đổi nhỏ trong độ dày và độ đồng đều của lớp phủ (khoảng cách quăng đầu phun 3,0" (7,62 cm)), độ vênh tối đa tăng qua toàn bộ độ dày của chông thủy tinh khi so sánh với việc áp dụng đồng đều của lớp phủ tại khối lượng phủ khô khoảng 2 g với khoảng cách quăng đầu phun 1,5" (3,81 cm). Do đó, được minh họa bởi dữ liệu được thể hiện trên Fig.14, việc dính có thể gây ra các năng suất thấp và việc suy giảm chất lượng vật lý của vật phẩm gồm thủy tinh và việc dính cục bộ ép thủy tinh, vốn làm tăng độ vênh trong sản phẩm cuối cùng.

Bên cạnh việc giảm độ vênh của vật phẩm gồm thủy tinh, lớp tác nhân chia tách 110 của các phương án thực hiện khác nhau được mô tả ở đây đã được tìm thấy là để cho việc tập hợp pha của vật phẩm gồm thủy tinh không đổi. Fig.8 là XRD của vật phẩm gồm thủy tinh chứa lớp tác nhân chia tách 110 khi được gồm hóa (C) và sau đánh bóng (D). Hiệu ứng lớp bề mặt được đo là nhỏ hơn khoảng 1 μm .

Do đó, theo các phương án thực hiện khác nhau, lớp tác nhân chia tách 110 có thể làm giảm việc không khớp CTE giữa các tấm thủy tinh 108 và bản cơ cấu định vị 104, làm giảm việc cọ mòn, và kéo dài tuổi thọ của các bản cơ cấu định vị 104 bằng cách làm giảm việc mài mòn. Ví dụ, tin rằng việc không khớp CTE giữa các tấm thủy tinh 108 và bản cơ cấu định vị 104 có thể dẫn tới việc cọ mòn nếu các tấm thủy tinh 108 dính vào bản cơ cấu định vị 104. Tuy nhiên, các phương án thực hiện khác nhau của hợp phần tác nhân chia tách, và cụ thể là chất liên kết dạng keo, không phân hủy hoàn toàn trong suốt quy trình xử lý nhiệt. Theo đó, hợp phần tác nhân chia tách có thể được sử dụng để phủ bản cơ cấu định vị 104 cho nhiều lần sử dụng (ví dụ, lớn hơn khoảng 25 chu kỳ) trước khi bản cơ cấu định vị 104 cần phải được phủ lại. Do đó, theo các phương án thực hiện khác nhau, lớp tác nhân chia tách 110, khi được áp dụng trong lớp siêu mỏng và đồng đều, có thể ngăn cản việc dính trong các cấu hình chông

thủy tinh-thủy tinh nhiệt độ cao, vốn có thể, đến lượt nó, làm giảm độ vênh của vật phẩm gồm thủy tinh cuối cùng.

Cấu hình chồng thủy tinh

Theo các phương án thực hiện khác nhau được mô tả ở đây, nhiều tấm thủy tinh 108 được sắp xếp trong chồng thủy tinh 106 cho việc xử lý gốm hóa. Bên cạnh các biến được mô tả ở trên khi tác động tới độ vênh và ứng suất của vật phẩm gồm thủy tinh cuối cùng, nó còn phát hiện rằng các thành phần khác nhau của cấu hình chồng thủy tinh có tác động lên độ vênh và ứng suất của vật phẩm gồm thủy tinh.

Theo đó, theo các phương án thực hiện khác nhau, các bản cơ cấu định vị liên lớp 112 có thể được đặt nằm trong chồng thủy tinh 106, như được thể hiện trên Fig.15. Việc chứa các bản cơ cấu định vị liên lớp 112 có thể tăng việc truyền nhiệt và giảm trễ nhiệt độ từ đỉnh của chồng thủy tinh tới đáy của chồng thủy tinh. Như được thể hiện trên Fig.16, khi nhiệt độ của từng tấm thủy tinh trong chồng chứa ba bản cơ cấu định vị liên lớp được đo trong suốt giai đoạn tạo mầm của quy trình gốm hóa, có khả năng thay đổi $2,2^{\circ}\text{C}$ giữa lớp trên cùng của chồng trên cùng và lớp đáy của chồng đáy. Hơn nữa, như được thể hiện trên Fig.17, mặc dù vẫn có độ chênh nhiệt độ trong suốt các chu kỳ dốc của quy trình gốm hóa, nhưng việc chứa của các bản cơ cấu định vị liên lớp trong chồng thủy tinh đạt được nhiệt độ đồng đều trong suốt chồng thủy tinh trong suốt các chu kỳ thấm ướt.

Thêm vào đó, việc chứa của các bản cơ cấu định vị liên lớp 112 làm giảm độ vênh và không tác động một cách đáng kể lên ứng suất trong vật phẩm gồm thủy tinh, như được thể hiện trên Fig.18. Cụ thể là, Fig.18 thể hiện rằng việc chứa của các bản cơ cấu định vị liên lớp 112 (phía bên phải của đồ thị) có thể đặt lại độ vênh bổ sung tại từng bản cơ cấu định vị liên lớp khi so sánh với độ vênh được tăng của chồng thủy tinh mà không có các bản cơ cấu định vị liên lớp (phía bên trái của đồ thị). Ứng suất tối đa được thể hiện trên Fig.18 như là đồ thị đường, không tăng với việc thêm vào của các bản cơ cấu định vị liên lớp.

Bên cạnh việc chứa các bản cơ cấu định vị liên lớp 112 nằm trong chồng thủy tinh 106, độ vênh và ứng suất trong vật phẩm gồm thủy tinh có thể còn được điều

khiến hoặc được làm giảm bằng cách hạn chế số các tấm thủy tinh được tích hợp vào trong chồng thủy tinh. Ví dụ, theo một số phương án thực hiện, chồng thủy tinh có thể từ 6 tới 24 tấm thủy tinh, hoặc từ 10 tới 20 tấm thủy tinh từ bản cơ cấu định vị 104 tới bản cơ cấu định vị 104. Theo các phương án thực hiện mà trong đó các bản cơ cấu định vị liên lớp được bố trí nằm trong chồng thủy tinh, số các tấm thủy tinh giữa từng bản cơ cấu định vị liên lớp có thể từ 5 tấm thủy tinh tới 15 tấm thủy tinh, hoặc từ 6 tấm thủy tinh tới 10 tấm thủy tinh.

Khối của chồng

Việc tinh thể hóa của thủy tinh khi tạo thành gồm thủy tinh, như được thảo luận ở bên dưới, là quy trình dẫn nở có thể gây ra việc gia nhiệt định xứ nằm trong chồng thủy tinh 106. Việc gia nhiệt định xứ này có thể gây ra các gradien nhiệt nằm trong chồng trong tất cả các hướng của chồng. Như sẽ được thể hiện chi tiết hơn bên dưới, các gradien nhiệt này có thể dẫn tới độ vênh, hoặc độ phẳng giảm, trong các tấm thủy tinh có mặt trong chồng. Theo các phương án thực hiện, khối của thủy tinh trong chồng thủy tinh có thể được điều khiển, như, ví dụ, bằng cách điều chỉnh chiều cao của chồng thủy tinh, để điều khiển các gradien nhiệt được gây ra bởi việc tinh thể hóa thủy tinh.

Chu kỳ gồm hóa, theo các phương án thực hiện, sẽ bao gồm bước tạo mầm tại nhiệt độ đã cho, được theo sau bởi bước phát triển tại nhiệt độ cao hơn. Hợp phần tiền chất thủy tinh và chu kỳ gồm hóa sẽ xác định việc tập hợp pha trong sản phẩm cuối cùng. Theo các phương án thực hiện, chu kỳ của việc ghi nhận (cycle of record - COR) cho việc gồm hóa bao gồm việc gia nhiệt tiền chất thủy tinh hợp phần tới 570°C và giữ tại nhiệt độ đó trong bốn giờ được theo sau bởi việc gia nhiệt tới 740°C và giữ tại nhiệt độ đó trong 1 giờ.

Như được thể hiện trên Fig.19, khi tiền chất thủy tinh được gồm hóa với COR, thủy tinh thể hiện việc tăng trong lượng các pha tinh thể được lắng đọng bắt đầu quanh 620°C, với việc tăng sắc nét trong các pha tinh thể trong khoảng giới hạn nhiệt độ từ 680°C tới 700°C, vốn tương ứng với phần dốc từ việc tạo mầm tới việc phát triển. Giữa 570°C và 740°C, lượng pha tinh thể trong vật liệu đi từ nhỏ hơn 10% khối lượng tới lớn hơn 70% khối lượng (khi được đo bởi phân tích XRD nhiệt độ cao của bề mặt của mẫu trong suốt quá trình gồm hóa của COR, được phân tích bởi phương pháp

Rietveld). Hiện tượng này được thể hiện bằng đồ thị trên Fig.19 bởi việc tăng sắc nét trong% khối lượng của tinh thể, và cụ thể là trong việc tăng dốc đứng từ khoảng 660°C tới khoảng 710°C. Theo cách tương tự, Fig.20 thể hiện việc đo nhiệt lượng quét vi phân so với nhiệt độ, vốn chỉ thị năng lượng được giải phóng từ việc tinh thể hóa tại các nhiệt độ cụ thể nằm trong chu kỳ gồm hóa. Như được thể hiện trên Fig.20, theo các phương án thực hiện, năng lượng được giải phóng từ việc tinh thể hóa tăng một cách nhanh chóng tại các nhiệt độ quanh 700°C, trong đó việc tạo thành pha tinh thể là đang tăng một cách nhanh chóng (như được thể hiện trên Fig.20). Do đó, hình của Fig.19 và Fig.20 thể hiện rằng việc hình thành tinh thể là quy trình dẫn nổ mà, như được đề cập tới ở trên, có thể gây ra các gradien nhiệt độ trong chông thủy tinh.

Với tham khảo tới các hình vẽ Fig. 21A và Fig.21B, nó được thể hiện rằng khi các gradien nhiệt (ΔT s) có mặt trong tấm thủy tinh trong suốt phần dốc từ việc tạo mầm tới việc phát triển, độ vênh có thể được sinh ra trong tấm gốm thủy tinh được tạo thành nếu tấm thủy tinh không bị ép thiếu cân trong suốt chu kỳ gồm hóa theo các phương án thực hiện. Hơn nữa, khi tấm thủy tinh bị ép thiếu cân trong suốt chu kỳ gồm hóa, thì tấm thủy tinh có thể không vênh, nhưng các ứng suất nội có thể bị gây ra bởi ΔT s. Nó được chứng minh trên các hình vẽ Fig. 21A và Fig.21B trong đó hai mẫu được tạo thành với ΔT s thấp và hai mẫu được tạo thành tại ΔT s cao (tổng bốn mẫu). Một mẫu trong ΔT s cao và một mẫu trong ΔT s thấp có lực được tác động lên tấm thủy tinh, vốn được gắn nhãn là “Lực trong tiếp xúc - Force in Contact” trên các hình Fig. 21A và Fig.21B. Thêm vào đó, một mẫu trong ΔT s cao và một mẫu trong ΔT s thấp có thành phần không áp dụng lực vào tấm thủy tinh, nhưng có cơ cấu định vị được đặt tại khoảng cách được xác định từ trước từ bề mặt của tấm thủy tinh, nhờ đó ép lượng độ vênh trong tấm thủy tinh; các mẫu này được gắn nhãn là “được che chắn - Shielded” trên các hình Fig. 21A và Fig.21B.

Các hình vẽ Fig. 21A và Fig.21B thể hiện các điều kiện trước gồm hóa cho ΔT s thấp của tấm thủy tinh trong tiếp xúc với lực và tấm thủy tinh được che chắn. Các hình vẽ Fig. 21A và Fig.21B cũng thể hiện độ vênh và các ứng suất trong các tấm thủy tinh này. Độ vênh của tấm thủy tinh được che chắn là 20 μm và có các ứng suất trung bình là 3,34 MPa trong tấm thủy tinh được che chắn, và độ vênh của lực trong tấm thủy

tinh tiếp xúc là 37 μm và có các ứng suất trung bình là 2,10 MPa trong lực trong tấm thủy tinh tiếp xúc. Các hình vẽ Fig. 21A và Fig.21B thể hiện các điều kiện sau gồm hóa cho ΔT s thấp của tấm thủy tinh mà lực ở trong tiếp xúc và tấm thủy tinh được che chắn. Các hình vẽ Fig. 21A và 21B cũng thể hiện độ vênh và các ứng suất trong các tấm thủy tinh này. Độ vênh của tấm thủy tinh được che chắn là 110 μm và có các ứng suất trung bình là 1,06 MPa trong tấm thủy tinh được che chắn, và độ vênh của lực trong tấm thủy tinh tiếp xúc là 111 μm và có các ứng suất trung bình là 0,87 MPa trong lực trong tấm thủy tinh tiếp xúc. Các hình vẽ Fig. 21A và Fig.21B mô tả theo đồ thị độ vênh của tấm thủy tinh được che chắn sau gồm hóa và lực sau gồm hóa trong tấm thủy tinh tiếp xúc.

Các hình vẽ Fig. 21A và Fig.21B thể hiện các điều kiện trước gồm hóa cho ΔT s cao của tấm thủy tinh là lực trong tiếp xúc và tấm thủy tinh được che chắn. Các hình vẽ Fig. 21A và Fig.21B cũng thể hiện độ vênh và các ứng suất trong các tấm thủy tinh này. Độ vênh của tấm thủy tinh được che chắn là 33 μm và có các ứng suất trung bình là 2,02 MPa trong tấm thủy tinh được che chắn, và độ vênh của lực trong tấm thủy tinh tiếp xúc là 56 μm và có các ứng suất trung bình là 1,98 MPa trong lực trong tấm thủy tinh tiếp xúc. Các hình vẽ Fig. 21A và Fig.21B thể hiện các điều kiện sau gồm hóa cho ΔT s cao của tấm thủy tinh là lực trong tiếp xúc và tấm thủy tinh được che chắn. Các hình vẽ Fig. 21A và Fig.21B cũng thể hiện độ vênh và các ứng suất trong các tấm thủy tinh này. Độ vênh của tấm thủy tinh được che chắn là 1517 μm và có các ứng suất trung bình là 8,10 MPa trong tấm thủy tinh được che chắn, và độ vênh của lực trong tấm thủy tinh tiếp xúc là 34 μm và có các ứng suất trung bình là 12,43 MPa trong lực trong tấm thủy tinh tiếp xúc. Các hình vẽ Fig. 21A và Fig.21B mô tả bằng đồ thị độ vênh của tấm thủy tinh được che chắn sau gồm hóa và lực sau gồm hóa trong tấm thủy tinh tiếp xúc.

Như được thể hiện trên các hình vẽ Fig. 21A và Fig.21B các gradien nhiệt (ΔT s) trong các tấm thủy tinh trong quá trình gồm hóa có thể tạo ra việc vênh và/hoặc các ứng suất trong tấm thủy tinh. Không bị bó buộc vào lý thuyết cụ thể nào, các gradien nhiệt này có thể được gây ra bởi việc tinh thể hóa giãn nở trong suốt quá trình xử lý gồm hóa.

Trong suốt quá trình gồm hóa các chồng của các tấm thủy tinh, nhiệt độ tăng nằm trong chồng thủy tinh trong suốt quá trình gia nhiệt từ giai đoạn tạo mầm tới giai đoạn tinh thể hóa vượt quá nhiệt độ tăng trong khí quyển trong buồng gia nhiệt bao quanh chồng thủy tinh. Fig.22 thể hiện việc đặt của các cặp nhiệt 2-6 nằm trong chồng thủy tinh. Nghĩa là, các cặp nhiệt 2 và 6 được định vị trên phía trái và phải của chồng, theo cách tương ứng, và các cặp nhiệt 3 – 5 được định vị trong tâm của chồng tại đáy, ở giữa, và đỉnh của chồng, theo cách tương ứng. Thêm vào đó, các cặp nhiệt 1 và 7 được đặt trong khí quyển của buồng gia nhiệt bên ngoài chồng. Fig.23 thể hiện các số đọc kết quả nhiệt độ của các cặp nhiệt trong suốt chu kỳ gồm hóa. Như có thể thấy trên Fig.23, các cặp nhiệt trong chồng thủy tinh (các cặp nhiệt 2 – 6) đọc các nhiệt độ cao hơn một cách đáng kể so với các cặp nhiệt bên ngoài của chồng trong khí quyển của buồng gia nhiệt (các cặp nhiệt 1 và 7) trong suốt bước tinh thể hóa, vốn là quanh 7:20 tới quanh 7:30. Trong suốt việc giữ nhiệt độ trong bước tinh thể hóa, các số đọc nhiệt độ của các cặp nhiệt trong chồng thủy tinh tiếp cận các số đọc nhiệt độ của các cặp nhiệt trong phần bên ngoài của thủy tinh, vốn chỉ thị việc tinh thể hóa giãn nở của tấm thủy tinh gây ra gai trong nhiệt độ chồng trong suốt bước gia nhiệt từ bước tạo mầm tới bước tinh thể hóa.

Khác biệt nhiệt độ này giữa chồng thủy tinh và khí quyển của buồng gia nhiệt tăng khi chiều cao chồng tăng, hoặc nói cách khác, tăng khi khối của thủy tinh nằm trong chồng tăng. Bảng 2 thể hiện sáu cấu hình chồng có các chiều cao chồng khác nhau và, tương ứng là, các chỉ số khối khác nhau (chỉ số khối là độ dày của các tấm thủy tinh được nhân bởi số tấm trong chồng).

Bảng 2

Số lần chạy	Cấu hình chồng (số tấm trong chồng)	Độ dày của từng tấm (mm)	Chỉ số khối
1	23	1,11	25,3
2	23	1,11	25,3
3	10	1,11	11,0
4	15	1,11	16,5
5	23	1,11	25,3
6	3	4,3	12,9

Chu kỳ gồm hóa COR được bọc lộ ở trên được chạy trên các chồng có các cấu hình được bọc lộ trong bảng 2 ở trên. Fig.24 mô tả bằng đồ thị các kết quả của thử nghiệm này, vốn được thực hiện trên các tấm có các chiều—khác với độ dày—là 260 mm x 680 mm. Như được bọc lộ ở trên, chu kỳ gồm hóa COR gia nhiệt khí quyển của buồng gia nhiệt, như, ví dụ lò ủ kính hoặc lò, từ việc giữ tạo mầm ở khoảng 540°C tới nhiệt độ phát triển tinh thể là 740°C, trong đó khí quyển của buồng gia nhiệt được giữ tại 740°C trong một khoảng thời gian. Do đó, các chồng thủy tinh có tác dụng nhỏ nhất của việc tinh thể hóa giãn nở sẽ có các nhiệt độ tối đa gần nhất với 740°C. Như được thể hiện trên Fig.24, các chồng thủy tinh có chỉ số khối nhỏ nhất sẽ có nhiệt độ tối đa. Cụ thể là, các lần chạy 3 và 4 trong bảng 2, vốn chứa các chồng có chỉ số khối là 11,0 và 16,5, theo cách tương ứng, có các nhiệt độ tối đa là gần với 740°C hơn các lần chạy 1, 2, và 5, vốn tất cả đều có các chồng có chỉ số khối là 23. Dữ liệu này chỉ thị rằng các chồng có các chỉ số khối thấp hơn sẽ có ít tác dụng tinh thể hóa giãn nở hơn, do đó sẽ có ít gradien nhiệt độ và độ vênh ít hơn.

Tác động của việc tinh thể hóa dẫn nở còn được xác nhận bởi việc so sánh hai chu kỳ sử dụng việc tạo cấu hình của lần chạy 6 trong bảng 2 nêu trên. Trong chu kỳ thứ nhất các tấm thủy tinh được sử dụng trải qua việc tạo mầm và tinh thể hóa, và trong chu kỳ thứ hai cùng các tấm thủy tinh được tinh thể hóa được sử dụng cho chu kỳ thứ nhất được đưa vào chu kỳ một lần nữa. Theo cách này, việc so sánh được tạo ra cho các tấm trải qua việc tinh thể hóa trong chu kỳ thứ nhất và các tấm không trải qua việc tinh thể hóa trong chu kỳ thứ hai—do các tấm hiện đã được tinh thể hóa trong chu kỳ thứ nhất. Theo đó, từ ít tới không có việc tinh thể hóa dẫn nở được mong đợi trong chu kỳ thứ hai do các tấm hiện đã trải qua việc tinh thể hóa và sẽ không tinh thể hóa lần thứ hai. Điều này được xác nhận như được thể hiện trên Fig.25, vốn mô tả bằng đồ thị các kết quả của nhiệt độ chồng trong suốt chu kỳ. Trên Fig.25 các tấm thủy tinh thể hiện các nhiệt độ được tăng trong suốt chu kỳ (đặc biệt là trong suốt bước tinh thể hóa), trong khi các tấm đã được tinh thể hóa không thể hiện nhiệt độ tăng trong suốt chu kỳ. Tuy nhiên, các nhiệt độ của chồng thủy tinh và các nhiệt độ của các chồng được tinh thể hóa là tương đối tương tự trong suốt các phần khác của chu kỳ và chỉ khác một cách đáng kể trong khi đang gia nhiệt từ bước tạo mầm tới bước phát triển

(tức là, khoảng giới hạn nhiệt độ trong đó các sự liên tinh thể hóa một cách đáng kể và các phản ứng dẫn nở được biết là sẽ xuất hiện). Fig.26 so sánh bằng đồ thị các số đọc nhiệt độ của các cặp nhiệt nằm trong chõng và các cặp nhiệt bên ngoài của chõng sử dụng cấu hình cặp nhiệt được bộc lộ trên Fig.22. Như được thể hiện trên Fig.26, nhiệt độ nằm trong chõng không vượt quá nhiệt độ trong không khí bao quanh chõng cho các tấm được tinh thể hóa này.

Việc tinh thể hóa dẫn nở cũng có thể tác động lên các gradien nhiệt độ ngang qua chõng. Việc sử dụng cấu hình cặp nhiệt được bộc lộ trên Fig.22, các nhiệt độ tại nhiều vị trí nằm trong chõng được đo trong suốt chu kỳ. Với chõng của các tấm được tinh thể hóa, nhiệt độ là đồng đều hơn trong suốt chõng, như được thể hiện trên Fig.26. Do đó, độ lớn của các gradien nhiệt trong suốt chõng sẽ tăng với độ lớn được tăng của việc vượt quá đích. Chõng của các tấm thủy tinh, vốn trải qua các phản ứng dẫn nở do việc tinh thể hóa trong suốt việc xử lý nhiệt này, thể hiện các gradien nhiệt được tăng bên trên 700°C. Như được thể hiện ở trên, các gradien nhiệt trong các tấm thủy tinh có thể dẫn tới độ vênh và/hoặc các ứng suất tăng trong các tấm.

Để điều hòa các gradien nhiệt độ xuất hiện trong suốt chu kỳ gồm hóa, theo các phương án thực hiện, các chõng của các tấm thủy tinh có chỉ số khối nhỏ hơn hoặc bằng với 35, như nhỏ hơn hoặc bằng với 34, nhỏ hơn hoặc bằng với 33, nhỏ hơn hoặc bằng với 32, nhỏ hơn hoặc bằng với 31, nhỏ hơn hoặc bằng với 30, nhỏ hơn hoặc bằng với 29, nhỏ hơn hoặc bằng với 28, nhỏ hơn hoặc bằng với 27, nhỏ hơn hoặc bằng với 26, nhỏ hơn hoặc bằng với 25, nhỏ hơn hoặc bằng với 24, nhỏ hơn hoặc bằng với 23, nhỏ hơn hoặc bằng với 22, nhỏ hơn hoặc bằng với 21, nhỏ hơn hoặc bằng với 20, nhỏ hơn hoặc bằng với 19, nhỏ hơn hoặc bằng với 18, nhỏ hơn hoặc bằng với 17, nhỏ hơn hoặc bằng với 16, nhỏ hơn hoặc bằng với 15, nhỏ hơn hoặc bằng với 14, nhỏ hơn hoặc bằng với 13, nhỏ hơn hoặc bằng với 12, nhỏ hơn hoặc bằng với 11, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng với 10. Cần hiểu rằng chỉ số khối tối thiểu không bị hạn chế và có thể là số bất kỳ lớn hơn 0.

Cấu hình tấm

Theo các phương án thực hiện khác nhau ở đây, độ đồng đều của độ dày của các tấm thủy tinh 108 được điều khiển để làm giảm độ vênh của vật phẩm gồm thủy tinh.

Trên Fig.27, độ vênh tối đa cho các chồng thủy tinh của 10 tấm thủy tinh và 24 tấm thủy tinh cho cả thủy tinh như được cuộn và thủy tinh được ghép chồng sẽ được thể hiện. Như được thể hiện trên Fig.27, với các chồng thủy tinh chứa các tấm thủy tinh như được cuộn với thay đổi độ dày tối đa là 64 μm , độ vênh tối đa được tăng một cách đáng kể khi so sánh với các chồng thủy tinh chứa các tấm thủy tinh được ghép chồng với thay đổi độ dày tối đa là 21 μm . Thêm vào đó, như được mô tả bởi dữ liệu trên Fig.28, độ phẳng của bản cơ cấu định vị 104 (như được mô tả ở trên) có tác động bị hạn chế bởi sự thay đổi của độ dày của các tấm thủy tinh. Cụ thể là, Fig.28 thể hiện rằng với cấu hình chồng 10-tấm thủy tinh của thủy tinh như được cuộn, việc giảm 78 μm trong độ phẳng của bản cơ cấu định vị có tác động hạn chế lên độ vênh của vật phẩm gồm thủy tinh. Theo đó, việc tạo thành tấm như sau, theo các phương án thực hiện khác nhau, các tấm thủy tinh có thể được gia công hoặc theo cách khác được xử lý để làm giảm khả năng thay đổi độ dày của các tấm thủy tinh.

Theo các phương án thực hiện khác nhau, hạt gờ có thể được loại bỏ khỏi các tấm thủy tinh để làm giảm lượng vênh được quan sát trong vật phẩm gồm thủy tinh. Tin rằng các hạt gờ có độ không đồng đều về độ dày cao hơn và do đó đóng góp vào độ vênh trong suốt việc xử lý gốm hóa. Cụ thể là, theo các phương án thực hiện mà trong đó tấm thủy tinh đơn được đưa vào việc xử lý gốm hóa (ví dụ, nhưng không được tích hợp thành chồng thủy tinh), việc loại bỏ của hạt gờ có thể làm giảm độ vênh trong tấm thủy tinh. Như được thể hiện trên Fig.29A, việc loại bỏ của hạt gờ (xấp xỉ 10 mm trên từng phía của tấm thủy tinh) làm giảm độ phẳng tối đa bởi 56 μm khi so sánh với tấm thủy tinh không có việc loại bỏ của hạt gờ (Fig.29B). Thêm vào đó, như được thể hiện trên Fig.30, ứng suất trong vật phẩm gồm thủy tinh được làm giảm khi hạt đã được loại bỏ (đáy) khi được so sánh với khi vật phẩm gồm thủy tinh được gốm hóa chứa hạt (đỉnh). Tuy nhiên, bất ngờ là, việc loại bỏ của hạt gờ từ các tấm thủy tinh đã được tích hợp vào trong chồng thủy tinh trong suốt việc xử lý gốm hóa sẽ tạo ra độ vênh tăng theo các phương án thực hiện mà trong đó lớp tác nhân chia tách không được tích hợp vào trong chồng thủy tinh. Không bị bó buộc vào lý thuyết, tin rằng việc tăng trong tiếp xúc diện tích bề mặt tạo thành từ việc loại bỏ của các hạt gờ của các tấm thủy tinh liền kề tạo ra diện tích bổ sung để việc dính xuất hiện. Theo đó, theo các

phương án thực hiện mà trong đó hạt gờ được loại bỏ và tấm thủy tinh cần được tích hợp vào trong chồng thủy tinh, lớp tác nhân chia tách được tích hợp.

Theo các phương án thực hiện khác nhau, kích cỡ một phần cũng được xem xét để điều khiển độ vênh và ứng suất trong vật phẩm gồm thủy tinh. Như được thể hiện trên Fig.31, ΔT tới hạn giảm với kích cỡ phần. Cụ thể là, ΔT tới hạn là ΔT mà tại đó ứng suất và độ vênh có thể được tạo ra cho các chiều dài và chiều rộng một phần khác nhau. Theo đó, với các phần lớn hơn, ΔT lớn hơn có thể là chấp nhận được mà không gây ra độ vênh hoặc uốn mép vào trong vật phẩm gồm thủy tinh cuối cùng.

Theo đó, theo các phương án thực hiện khác nhau, thay đổi độ dày của các tấm thủy tinh có thể được điều khiển một cách độc lập và qua suốt chồng thủy tinh, như bởi việc loại bỏ hạt gờ và việc ghép chồng, để làm giảm độ vênh và ứng suất được tạo cho vật phẩm gồm thủy tinh.

Hợp phần của thủy tinh hoặc các tiền chất gồm thủy tinh

Các phương án thực hiện của các hợp phần thủy tinh hoặc tiền chất gồm thủy tinh được tạo ra theo cả phần trăm khối lượng (% khối lượng) và phần trăm mol (% mol) below. Các hợp phần được tạo ra theo các phần trăm tương ứng trên cơ sở oxit.

Các hợp phần theo phần trăm khối lượng

Các tấm thủy tinh 108 có thể được làm từ hợp phần thủy tinh bất kỳ là thích hợp để tạo thành các vật phẩm gồm thủy tinh, mặc dù cần hiểu rằng hợp phần thủy tinh của các tấm thủy tinh 108 có thể tạo ra các tính chất cơ học và quang học của vật phẩm gồm thủy tinh. Theo các phương án thực hiện khác nhau, hợp phần thủy tinh được chọn sao cho vật phẩm gồm thủy tinh tạo thành có pha tinh thể petalit và pha tinh thể lithi silicat và trong đó pha tinh thể petalit và pha tinh thể lithi silicat có các phần trăm theo khối lượng cao hơn các pha tinh thể khác có mặt trong vật phẩm gồm thủy tinh.

Theo cách làm ví dụ và không làm hạn chế, theo các phương án thực hiện khác nhau, các tấm thủy tinh 108 có thể được tạo thành từ hợp phần thủy tinh chứa từ khoảng 55% khối lượng tới khoảng 80% khối lượng SiO_2 , từ khoảng 0% khối lượng tới khoảng 20% khối lượng Al_2O_3 , từ khoảng 5% khối lượng tới khoảng 20% khối lượng Li_2O , từ khoảng 0% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng B_2O_3 , từ khoảng

0% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng Na_2O , từ khoảng 0% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng ZnO , từ khoảng 0,5% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng P_2O_5 , và từ khoảng 0,2% khối lượng tới khoảng 15% khối lượng ZrO_2 . Theo các phương án thực hiện, thủy tinh hoặc các tiền chất gồm thủy tinh có thể bao gồm các muối kiềm, như K_2O , Rb_2O , hoặc Cs_2O .

SiO_2 , là oxit tham gia vào trong việc tạo thành của thủy tinh, có thể hoạt động để ổn định cấu trúc mạng lưới của các thủy tinh và các thủy tinh-gốm. Trong các hợp phần thủy tinh khác nhau, nồng độ của SiO_2 nên là đủ cao để tạo thành pha tinh thể petalit khi tấm thủy tinh được xử lý nhiệt để biến đổi thành thủy tinh-gốm. Lượng SiO_2 có thể bị hạn chế để điều khiển nhiệt độ nóng chảy của thủy tinh, do nhiệt độ nóng chảy của các thủy tinh SiO_2 tinh khiết hoặc SiO_2 cao là cao một cách không mong muốn. Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm bao gồm từ khoảng 55% khối lượng tới khoảng 80% khối lượng là SiO_2 . Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm bao gồm từ khoảng 69% khối lượng tới khoảng 80% khối lượng là SiO_2 . Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm từ khoảng 55% khối lượng tới khoảng 80% khối lượng, khoảng 55% khối lượng tới khoảng 77% khối lượng, khoảng 55% khối lượng tới khoảng 75% khối lượng, khoảng 55% khối lượng tới khoảng 73% khối lượng, khoảng 60% khối lượng tới khoảng 80% khối lượng, khoảng 60% khối lượng tới khoảng 77% khối lượng, khoảng 60% khối lượng tới khoảng 75% khối lượng, khoảng 60% khối lượng tới khoảng 73% khối lượng, khoảng 69% khối lượng tới khoảng 80% khối lượng, khoảng 69% khối lượng tới khoảng 77% khối lượng, khoảng 69% khối lượng tới khoảng 75% khối lượng, khoảng 69% khối lượng tới khoảng 73% khối lượng, khoảng 70% khối lượng tới khoảng 80% khối lượng, khoảng 70% khối lượng tới khoảng 77% khối lượng, khoảng 70% khối lượng tới khoảng 75% khối lượng, khoảng 70% khối lượng tới khoảng 73% khối lượng, khoảng 73% khối lượng tới khoảng 80% khối lượng, khoảng 73% khối lượng tới khoảng 77% khối lượng, khoảng 73% khối lượng tới khoảng 75% khối lượng, khoảng 75% khối lượng tới khoảng 80% khối lượng, khoảng 75% khối lượng tới khoảng 77% khối lượng, hoặc khoảng 77% khối lượng tới khoảng 80% khối lượng là SiO_2 .

Al_2O_3 cũng có thể tạo ra độ ổn định cho mạng và tạo ra các tính chất cơ học được cải thiện và độ bền hóa học. Tuy nhiên, nếu lượng Al_2O_3 là quá cao, thì các tinh thể lithi silicat có thể được giảm, có thể tới mức mà cấu trúc khóa liên thông không thể được tạo thành. Lượng Al_2O_3 có thể được tùy chỉnh để điều khiển độ nhớt. Hơn nữa, nếu lượng Al_2O_3 là quá cao, thì độ nhớt của phần nóng chảy nói chung cũng được tăng. Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm từ khoảng 0% khối lượng tới khoảng 20% khối lượng là Al_2O_3 . Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm từ khoảng 6% khối lượng tới khoảng 9% khối lượng là Al_2O_3 . Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm từ khoảng 2% khối lượng tới khoảng 20% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 18% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 15% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 12% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 9% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 20% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 18% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 15% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 12% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 9% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, 6% khối lượng tới khoảng 20% khối lượng, khoảng 6% khối lượng tới khoảng 18% khối lượng, khoảng 6% khối lượng tới khoảng 15% khối lượng, khoảng 6% khối lượng tới khoảng 12% khối lượng, khoảng 6% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 6% khối lượng tới khoảng 9% khối lượng, 8% khối lượng tới khoảng 20% khối lượng, khoảng 8% khối lượng tới khoảng 18% khối lượng, khoảng 8% khối lượng tới khoảng 15% khối lượng, khoảng 8% khối lượng tới khoảng 12% khối lượng, khoảng 8% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, 10% khối lượng tới khoảng 20% khối lượng, khoảng 10% khối lượng tới khoảng 18% khối lượng, khoảng 10% khối lượng tới khoảng 15% khối lượng, khoảng 10% khối lượng tới khoảng 12% khối lượng, khoảng 12% khối lượng tới khoảng 20% khối lượng, khoảng 12% khối lượng tới khoảng 18% khối lượng, hoặc khoảng 12% khối lượng tới khoảng 15% khối lượng là Al_2O_3 .

Trong thủy tinh và các thủy tinh-gốm ở đây, Li_2O trợ giúp trong việc tạo thành cả các pha tinh thể petalit và lithi silicat. Thực tế, để thu được petalit và lithi silicat làm các pha tinh thể trội, mong muốn là có ít nhất khoảng 7% khối lượng Li_2O trong hợp phần. Ngoài ra, đã phát hiện ra rằng khi Li_2O trở nên quá cao (cao hơn khoảng 15% khối lượng), thì chế phẩm trở nên rất lỏng. Theo đó, theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm từ khoảng 5% khối lượng tới khoảng 20% khối lượng là Li_2O . Theo các phương án thực hiện khác, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm từ khoảng 10% khối lượng tới khoảng 14% khối lượng là Li_2O . Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm từ khoảng 5% khối lượng tới khoảng 20% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 18% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 16% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 14% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 12% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 5 wt% tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 7% khối lượng tới khoảng 20% khối lượng, khoảng 7% khối lượng tới khoảng 18% khối lượng, khoảng 7% khối lượng tới khoảng 16% khối lượng, khoảng 7% khối lượng tới khoảng 14% khối lượng, khoảng 7% khối lượng tới khoảng 12% khối lượng, khoảng 7% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 10% khối lượng tới khoảng 20% khối lượng, khoảng 10% khối lượng tới khoảng 18% khối lượng, khoảng 10% khối lượng tới khoảng 16% khối lượng, khoảng 10% khối lượng tới khoảng 14% khối lượng, khoảng 10% khối lượng tới khoảng 12% khối lượng, khoảng 12% khối lượng tới khoảng 20% khối lượng, khoảng 12% khối lượng tới khoảng 18% khối lượng, khoảng 12% khối lượng tới khoảng 16% khối lượng, khoảng 12% khối lượng tới khoảng 14% khối lượng, khoảng 14% khối lượng tới khoảng 20% khối lượng, khoảng 14% khối lượng tới khoảng 18% khối lượng, khoảng 14 wt% tới khoảng 16% khối lượng, khoảng 16% khối lượng tới khoảng 20% khối lượng, khoảng 16% khối lượng tới khoảng 18% khối lượng, hoặc khoảng 18% khối lượng tới khoảng 20% khối lượng là Li_2O .

Như ghi chú ở trên, Li_2O thường là hữu dụng để tạo thành các thủy tinh-gốm khác nhau, nhưng các oxit kiềm khác có xu hướng làm giảm việc tạo thành của thủy tinh-gốm và tạo thành thủy tinh nhôm silicat còn dư trong thủy tinh-gốm. Đã thấy rằng

nhiều hơn khoảng 5% khối lượng Na_2O hoặc K_2O , hoặc các tổ hợp của chúng, dẫn tới lượng không mong muốn của thủy tinh còn dư, vốn có thể dẫn tới việc biến dạng trong quá trình tinh thể hóa và các vi cấu trúc không mong muốn từ góc độ tính chất cơ học. Hợp phần của thủy tinh còn dư có thể được tùy chỉnh để điều khiển độ nhớt trong suốt việc tinh thể hóa, tối thiểu hóa việc biến dạng và việc nở nhiệt không mong muốn, hoặc điều khiển các tính chất vi cấu trúc. Do đó, nói chung, các tấm thủy tinh có thể được làm từ các hợp phần thủy tinh có các lượng nhỏ của các oxit kiềm không có lithi. Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm từ khoảng 0% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng R_2O , trong đó R là một hoặc nhiều cation trong số các cation kiềm Na và K. Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm từ khoảng 1% khối lượng tới khoảng 3% khối lượng R_2O , trong đó R là một hoặc nhiều cation trong số các cation kiềm Na và K. Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm từ 0% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 3% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 2% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 1% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 3% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 2% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 1% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 3% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 2% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 3% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, hoặc khoảng 4% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng là Na_2O , K_2O , hoặc các tổ hợp của chúng.

Thủy tinh và các hợp phần thủy tinh-gốm có thể chứa P_2O_5 . P_2O_5 có thể hoạt động như là tác nhân tạo mầm để tạo ra việc tạo mầm khối. Nếu nồng độ của P_2O_5 là quá thấp, thì tiền chất thủy tinh không tinh thể hóa, nhưng chỉ tại các nhiệt độ cao hơn (do độ nhớt thấp hơn) và từ từ bề mặt vào trong, tạo ra thân yếu và thường bị biến dạng. Tuy nhiên, nếu nồng độ của P_2O_5 là quá cao, thì việc mờ hóa, theo việc làm

nguồn trong suốt quá trình tạo thành của các tấm thủy tinh, có thể khó kiểm soát. Các phương án thực hiện có thể chứa từ >0% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng là P_2O_5 . Các phương án thực hiện khác có thể chứa từ khoảng 2% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng là P_2O_5 . Các phương án thực hiện khác nữa có thể chứa từ khoảng 1,5% khối lượng tới khoảng 2,5% khối lượng là P_2O_5 . Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể chứa từ 0% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 5,5% khối lượng, 0% khối lượng tới 5% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 4,5% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 3,5% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 3% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 2,5% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 2% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 1,5% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 1% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 5,5% khối lượng, >0% khối lượng tới 5% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 4,5% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 3,5% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 3% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng >2,5% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 2% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 1,5% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 1% khối lượng, khoảng 0,5% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 0,5% khối lượng tới khoảng 5,5% khối lượng, khoảng 0,5% khối lượng tới 5% khối lượng, khoảng 0,5% khối lượng tới khoảng 4,5% khối lượng, khoảng 0,5% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 0,5% khối lượng tới khoảng 3,5% khối lượng, khoảng 0,5% khối lượng tới khoảng 3% khối lượng, khoảng 0,5% khối lượng tới khoảng 2,5% khối lượng, khoảng 0,5% khối lượng tới khoảng 2% khối lượng, khoảng 0,5% khối lượng tới khoảng 1,5% khối lượng, khoảng 0,5% khối lượng tới khoảng 1% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 5,5% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới 5% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 4,5% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 3,5% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 3% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 2,5% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 2% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 1,5% khối lượng, khoảng 1,5% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 1,5% khối lượng tới

khoảng 5,5% khối lượng, khoảng 1,5% khối lượng tới 5% khối lượng, khoảng 1,5% khối lượng tới khoảng 4,5% khối lượng, khoảng 1,5% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 1,5% khối lượng tới khoảng 3,5% khối lượng, khoảng 1,5% khối lượng tới khoảng 3% khối lượng, khoảng 1,5% khối lượng tới khoảng 2,5% khối lượng, khoảng 1,5% khối lượng tới khoảng 2% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 5,5% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới 5% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 4,5% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 3,5% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 3% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 2,5% khối lượng, khoảng 2,5% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 2,5% khối lượng tới khoảng 5,5% khối lượng, khoảng 2,5% khối lượng tới 5% khối lượng, khoảng 2,5% khối lượng tới khoảng 4,5% khối lượng, khoảng 2,5% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 2,5% khối lượng tới khoảng 3,5% khối lượng, khoảng 2,5% khối lượng tới khoảng 3% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 5,5% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới 5% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 4,5% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 3,5% khối lượng, khoảng 3,5% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 3,5% khối lượng tới khoảng 5,5% khối lượng, khoảng 3,5% khối lượng tới 5% khối lượng, khoảng 3,5% khối lượng tới khoảng 4,5% khối lượng, khoảng 3,5% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 4% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 4% khối lượng tới khoảng 5,5% khối lượng, khoảng 4% khối lượng tới 5% khối lượng, khoảng 4% khối lượng tới khoảng 4,5% khối lượng, khoảng 4,5% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 4,5% khối lượng tới khoảng 5,5% khối lượng, khoảng 4,5% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 5,5% khối lượng, hoặc khoảng 5,5% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng là P_2O_5 .

Trong các hợp phần thủy tinh và các hợp phần thủy tinh-gốm khác nhau, nói chung thấy rằng ZrO_2 có thể cải thiện độ ổn định của thủy tinh $Li_2O-Al_2O_3-SiO_2-P_2O_5$ bằng cách làm giảm một cách đáng kể việc mờ hóa thủy tinh trong suốt quá trình

tạo thành và làm giảm nhiệt độ đường lỏng. Tại nồng độ trên 8% khối lượng, ZrSiO_4 có thể tạo thành pha đường lỏng sơ cấp tại nhiệt độ cao, vốn làm giảm một cách đáng kể độ nhớt đường lỏng. Các thủy tinh trong suốt có thể được tạo thành khi thủy tinh chứa trên 2% khối lượng ZrO_2 . Việc thêm vào của ZrO_2 cũng có thể giúp làm giảm kích cỡ hạt petalit, vốn trợ giúp việc tạo thành của thủy tinh-gốm trong suốt. Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm từ khoảng 0,2% khối lượng tới khoảng 15% khối lượng ZrO_2 . Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể chứa từ khoảng 2% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng là ZrO_2 . Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm từ khoảng 0,2% khối lượng tới khoảng 15% khối lượng, khoảng 0,2% khối lượng tới khoảng 12% khối lượng, khoảng 0,2% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 0,2% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 0,2% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 0,2% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 0,5% khối lượng tới khoảng 15% khối lượng, khoảng 0,5% khối lượng tới khoảng 12% khối lượng, khoảng 0,5% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 0,5% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 0,5% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 0,5% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 15% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 12% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 15% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 12% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 15% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 12% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 4% khối lượng tới khoảng 15% khối lượng, khoảng 4% khối lượng tới khoảng 12% khối lượng, khoảng 4% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 4% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 4% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng,

khoảng 8% khối lượng tới khoảng 15% khối lượng, khoảng 8% khối lượng tới khoảng 12% khối lượng, khoảng 8% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 10% khối lượng tới khoảng 15% khối lượng, khoảng 10% khối lượng tới khoảng 12% khối lượng, hoặc khoảng 12% khối lượng tới khoảng 15% khối lượng là ZrO_2 .

B_2O_3 là có ích để tạo ra tấm thủy tinh với nhiệt độ nóng chảy thấp. Hơn nữa, việc thêm vào của B_2O_3 trong tấm thủy tinh và do đó là vật phẩm thủy tinh-gốm giúp đạt được vi cấu trúc tinh thể khóa liên thông và cũng có thể cải thiện khả năng chịu phá hủy của vật phẩm thủy tinh-gốm. Khi bo trong thủy tinh còn dư không được cân bằng điện tích bởi các oxit kiềm hoặc các oxit cation hóa trị hai, nó sẽ ở trong trạng thái phối trí tam giác (hoặc bo phối trí ba), vốn mở cấu trúc của thủy tinh. Mạng quanh bo được phối trí ba này không rắn như bo được phối trí tứ diện (hoặc được phối trí bốn). Không bị bó buộc vào lý thuyết, tin rằng các tấm thủy tinh và các thủy tinh-gốm chứa bo phối trí ba có thể chịu được một số mức độ biến dạng nào đó trước khi tạo thành vết nứt. Bằng cách chịu một số biến dạng, các trị số khởi tạo nứt vỡ Vickers được tăng. Độ bền nứt vỡ của các tấm thủy tinh và các thủy tinh-gốm chứa bo phối trí ba cũng có thể được tăng. Không bị bó buộc vào lý thuyết, tin rằng sự có mặt của bo trong thủy tinh còn dư của thủy tinh-gốm (và tấm thủy tinh) làm giảm độ nhót của thủy tinh còn dư (hoặc tấm thủy tinh), vốn tạo thuận tiện cho việc phát triển của các tinh thể lithi silicat, đặc biệt là các tinh thể lớn có tỉ lệ co cao. Lượng lớn hơn của bo phối trí ba (so với bo được phối trí bốn) được tinh là tạo thành các thủy tinh-gốm thể hiện tải mô phỏng nứt vỡ ấn lõm Vickers cao hơn. Theo một số phương án thực hiện, lượng của bo phối trí ba (như là phần trăm của B_2O_3 tổng cộng) có thể là khoảng 40% hoặc lớn hơn, 50% hoặc lớn hơn, 75% hoặc lớn hơn, 85% hoặc lớn hơn, hoặc thậm chí là 95% hoặc lớn hơn. Lượng của bo nói chung là cần được điều khiển để duy trì độ bền hóa học và độ bền cơ học của thủy tinh-gốm khối, được gốm hóa.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm bao gồm từ 0% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng hoặc từ 0% khối lượng tới khoảng 2% khối lượng là B_2O_3 . Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm từ 0% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 9% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng,

0% khối lượng tới khoảng 7% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 3% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 2% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 1% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 9% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 7% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 3% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 2% khối lượng, >0% khối lượng tới khoảng 1% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 2% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 4% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 7,5% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, hoặc khoảng 5% khối lượng tới khoảng 5,5% khối lượng là B_2O_3 .

MgO có thể đi vào các tinh thể petalit trong dung dịch chất rắn một phần. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm từ 0% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng là MgO. Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm từ 0% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 7% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 3% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 2% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 1% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 7% khối lượng,

khoảng 1% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 3% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 2% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 7% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 3% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 7% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 4% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 4% khối lượng tới khoảng 7% khối lượng, khoảng 4% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 4% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 7% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 6% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 6% khối lượng tới khoảng 7% khối lượng, hoặc khoảng 7% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng là MgO.

ZnO có thể đi vào các tinh thể petalit trong các tinh thể chất rắn một phần. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm từ 0% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng là ZnO. Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm từ 0% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 9% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 7% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 3% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 2% khối lượng, 0% khối lượng tới khoảng 1% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 9% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 7% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng 3% khối lượng, khoảng 1% khối lượng tới khoảng

2% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 9% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 7% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 2% khối lượng tới khoảng 3% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 9% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 7% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng, khoảng 3% khối lượng tới khoảng 4% khối lượng, khoảng 4% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 4% khối lượng tới khoảng 9% khối lượng, khoảng 4% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 4% khối lượng tới khoảng 7% khối lượng, khoảng 4% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 4% khối lượng tới khoảng 5% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 9% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 7% khối lượng, khoảng 5% khối lượng tới khoảng 6% khối lượng, khoảng 6% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 6% khối lượng tới khoảng 9% khối lượng, khoảng 6% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 6% khối lượng tới khoảng 7% khối lượng, khoảng 7% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 7% khối lượng tới khoảng 9% khối lượng, khoảng 7% khối lượng tới khoảng 8% khối lượng, khoảng 8% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 8% khối lượng tới khoảng 9% khối lượng, hoặc khoảng 9% khối lượng tới khoảng 10% khối lượng là ZnO.

Theo các phương án thực hiện khác nhau, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể còn chứa một hoặc nhiều thành phần cấu thành, như, theo cách làm ví dụ và không làm hạn chế là TiO_2 , CeO_2 , và SnO_2 . Thêm vào hoặc theo cách khác, các thành phần chống vi trùng có thể được thêm vào thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm. Các thành phần chống vi trùng có thể được thêm vào thủy tinh hoặc thủy tinh-gốm có thể chứa, nhưng không giới hạn ở, Ag, AgO, Cu, CuO, Cu_2O , và dạng tương tự. Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể còn chứa tác nhân tinh chế hóa học. Các tác nhân tinh chế này chứa, nhưng không giới

hạn ở, SnO_2 , As_2O_3 , Sb_2O_3 , F, Cl, và Br. Các chi tiết bổ sung trên thủy tinh và/hoặc các hợp phần thủy tinh-gốm là thích hợp cho việc sử dụng theo các phương án thực hiện khác nhau có thể được tìm thấy trong, ví dụ, công bố đơn sáng chế Mỹ số No. 2016/0102010 có tên là “High Strength Glass-Ceramics Having Petalite and Lithium Silicate Structures,” được nộp ngày 8 tháng 10 năm 2015, được kết hợp ở đây bằng cách viện dẫn.

Các hợp phần theo phần trăm mol

Theo các phương án thực hiện, thủy tinh hoặc các hợp phần gốm thủy tinh có thể được biểu diễn theo% mol hơn là% khối lượng như được mô tả ở trên. Theo các phương án thực hiện này, các tiền chất thủy tinh và các thủy tinh-gốm được mô tả ở đây có thể nói chung được mô tả như các thủy tinh nhôm silicat chứa lithi hoặc các thủy tinh-gốm và bao gồm SiO_2 , Al_2O_3 , và Li_2O . Bên cạnh SiO_2 , Al_2O_3 , và Li_2O , các thủy tinh và các thủy tinh-gốm được áp dụng ở đây có thể còn chứa các muối kiềm, như Na_2O , K_2O , Rb_2O , hoặc Cs_2O , cũng như P_2O_5 , và ZrO_2 và nhiều thành phần khác như được mô tả bên dưới. Theo một số phương án thực hiện, tiền chất thủy tinh (trước khi gốm hóa) và/hoặc thủy tinh-gốm (sau khi gốm hóa) có thể có các hợp phần sau theo phần trăm mol trên cơ sở oxit:

SiO_2 : 60-72%;

Al_2O_3 : 0-6%;

Li_2O : 20-32%;

B_2O_3 : 0-2%;

Na_2O : 0-2%;

K_2O : 0-2%;

P_2O_5 : 0,7-2,2%; và

ZrO_2 : 1,7-4,5%.

Theo một số phương án thực hiện, tiền chất thủy tinh và/hoặc thủy tinh-gốm có thể có các thành phần bổ sung tùy chọn sau theo phần trăm mol trên cơ sở oxit:

SnO_2 : 0,05-0,5%;

Fe_2O_3 : 0-0,5%;

MgO : 0-1%;

ZnO : 0-1%;

BaO : 0-1%;

SrO : 0-1%;

La_2O_3 : 0-1%;

GeO_2 : 0-1%; và

Ta_2O_5 : 0-1%.

Tiền chất thủy tinh và các hợp phần thủy tinh-gốm làm ví dụ theo% mol trên cơ sở oxit kim loại, được liệt kê trong bảng 3 bên dưới.

Bảng 3

Hợp phần	1	2	3	4	5	6	7
SiO_2 (% mol)	70,52	62	70,7	69,3	69,8	70,5	70,3
Al_2O_3 (% mol)	4,27	0	4,3	4,2	4,3	4,3	4,3
B_2O_3 (% mol)	0	0	0	1,5	0	0	0
Li_2O (% mol)	22,07	31	22,1	22,1	22	22	22
Na_2O (mol%)	0,05	1,5	0	0,1	0	0,2	0,5
K_2O (mol%)	0,09	0	0	0	0	0	0
P_2O_5 (mol%)	0,85	2	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9
ZrO_2 (mol%)	1,97	3	2	1,9	3	2	2
SnO_2 (mol%)	0,15	0	0	0	0	0	0
Fe_2O_3 (mol%)	0,02	0	0	0	0	0	0
$\text{Li}_2\text{O}/ \text{R}_2\text{O}$	0,99	0,95	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98

Bảng 3 tiếp theo

Hợp phần	8	9	10	11	12	13
SiO ₂ (% mol)	70	71,2	70,9	70,3	70,2	70,30
Al ₂ O ₃ (% mol)	4,3	4,6	4,9	3,8	4,3	4,23
B ₂ O ₃ (% mol)	0	0	0	0	0	0
Li ₂ O (% mol)	21,9	21,2	21,3	22	21,9	21,36
Na ₂ O (mol%)	1	0	0	0	0	1,51
K ₂ O (mol%)	0	0	0	0	0	0
P ₂ O ₅ (mol%)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,87
ZrO ₂ (mol%)	2	2	2	3	2,7	1,66
SnO ₂ (mol%)	0	0	0	0	0	0
Fe ₂ O ₃ (mol%)	0	0	0	0	0	0
Li ₂ O/ R ₂ O	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	0,93

Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm bao gồm từ khoảng 60 tới khoảng 72% mol SiO₂. Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm từ khoảng 60 tới khoảng 72% mol, khoảng 60 tới khoảng 70% mol, khoảng 60 tới khoảng 67% mol, khoảng 60 tới khoảng 65% mol, 65 tới khoảng 72% mol, khoảng 65 tới khoảng 70% mol, khoảng 65 tới khoảng 67% mol, và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó là SiO₂. Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm bao gồm khoảng 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, hoặc 72% mol là SiO₂.

Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm từ khoảng 0 tới khoảng 6% mol Al₂O₃ và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm khoảng 1, 2, 3, 4, 5, hoặc 6% mol là Al₂O₃.

Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm từ khoảng 20 tới khoảng 32% mol, khoảng 20 tới khoảng 30% mol, khoảng 20 tới khoảng 27% mol, khoảng 20 tới khoảng 25% mol, khoảng 25 tới khoảng 32% mol, khoảng 25 tới khoảng 30% mol, và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó là Li₂O. Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần

thủy tinh-gốm có thể bao gồm khoảng 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, hoặc 32% mol là Li_2O .

Như lưu ý ở trên, Li_2O nói chung là hữu dụng để tạo thành các thủy tinh-gốm được áp dụng, nhưng các oxit kiềm khác có xu hướng làm giảm việc tạo thành thủy tinh-gốm và tạo thành thủy tinh nhôm silicat còn dư trong thủy tinh-gốm. Đã thấy rằng lượng các oxit kim loại kiềm khác, như Na_2O , K_2O , Rb_2O , Cs_2O , là quá lớn và có thể có lượng không mong muốn của thủy tinh còn dư vốn có thể dẫn tới việc biến dạng trong suốt quá trình tinh thể hóa và các vi cấu trúc không mong muốn từ khía cạnh tính chất cơ học. Hợp phần của thủy tinh còn dư có thể được tùy chỉnh để điều khiển độ nhớt trong quá trình tinh thể hóa, tối thiểu hóa việc biến dạng hoặc việc nở nhiệt không mong muốn, hoặc điều khiển các tính chất vi cấu trúc. Do đó, nói chung, các hợp phần được mô tả ở đây có các lượng thấp các oxit kiềm không phải là lithi. Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể có tỉ lệ của Li_2O (% mol) / R_2O (% mol) lớn hơn khoảng 0,85 tới 1,0, từ lớn hơn 0,85 tới 0,97, từ lớn hơn 0,85 tới 0,95, từ 0,86 tới 1,0, từ 0,86 tới 0,97, từ 0,86 tới 0,95, từ 0,87 tới 1,0, từ 0,87 tới 0,97, từ 0,87 tới 0,95, từ 0,88 tới 1,0, từ 0,88 tới 0,97, từ 0,88 tới 0,95, từ 0,89 tới 1,0, từ 0,89 tới 0,97, từ 0,89 tới 0,95, từ 0,9 tới 1,0, từ 0,9 tới 0,97, từ 0,9 tới 0,95, từ 0,91 tới 1,0, từ 0,91 tới 0,97, từ 0,91 tới 0,95, từ 0,92 tới 1,0, từ 0,92 tới 0,97, từ 0,93 tới 1,0, từ 0,93 tới 0,97, từ 0,94 tới 1,0, từ 0,95 tới 1,0, từ 0,96 tới 1,0, từ 0,97 tới 1,0 và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. R_2O là tổng của các oxit kim loại kiềm chứa Li_2O , Na_2O , K_2O , Rb_2O , và Cs_2O . Theo một số phương án thực hiện thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể có tỉ lệ của Li_2O (% mol) / R_2O (% mol) lớn hơn hoặc bằng với khoảng 0,85, 0,86, 0,87, 0,88, 0,89, 0,9, 0,91, 0,92, 0,93, 0,94, 0,95, 0,96, 0,97, 0,98, hoặc 0,99.

Các hợp phần thủy tinh và thủy tinh-gốm có thể chứa P_2O_5 . P_2O_5 có thể có tác dụng như tác nhân tạo mầm để tạo ra việc tạo mầm cho khối. Nếu nồng độ của P_2O_5 là quá thấp, thì tiền chất thủy tinh không tinh thể hóa, nhưng chỉ tại các nhiệt độ cao (do độ nhớt thấp hơn) và từ bề mặt vào bên trong, tạo ra thân yếu và bị biến dạng; tuy nhiên, nếu nồng độ của P_2O_5 là quá cao, thì việc bị hóa mờ, theo việc làm nguội trong suốt quá trình tạo thành tiền chất thủy tinh có thể khó điều khiển. Các hợp phần được

thực hiện có thể bao gồm từ 0,7 tới khoảng 2,2% mol, 0,7 tới khoảng 2% mol, 0,7 tới khoảng 1,5% mol, 0,7 tới khoảng 1% mol, khoảng 1 tới khoảng 2,2% mol, khoảng 1 tới khoảng 2% mol, khoảng 1,5 tới khoảng 2,2% mol, và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó là P_2O_5 . Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm khoảng 0,7, 0,8, 0,9, 1,0, 1,1, 1,2, 1,3, 1,4, 1,5, 1,6, 1,7, 1,8, 1,9, 2,0, 2,1, hoặc 2,2% mol là P_2O_5 .

Trong thủy tinh và các thủy tinh-gốm ở đây, nói chung là thấy rằng ZrO_2 có thể cải thiện độ ổn định của thủy tinh $Li_2O-Al_2O_3-SiO_2-P_2O_5$ bằng cách làm giảm một cách đáng kể việc hóa mờ thủy tinh trong suốt quá trình tạo thành và làm giảm nhiệt độ đường lỏng. Việc thêm vào của ZrO_2 cũng có thể giúp làm giảm kích cỡ hạt của các tinh thể, vốn trợ giúp việc tạo thành của thủy tinh-gốm trong suốt. Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm từ khoảng 1,7 tới khoảng 4,5% mol, khoảng 1,7 tới khoảng 4% mol, khoảng 1,7 tới khoảng 3,5% mol, khoảng 1,7 tới khoảng 3% mol, khoảng 1,7 tới 2,5% mol, khoảng 2 tới khoảng 4,5% mol, 2 tới khoảng 4% mol, khoảng 2 tới khoảng 3,5% mol, khoảng 2 tới khoảng 3% mol, khoảng 2,5 tới khoảng 4,5% mol, khoảng 2,5 tới 4% mol, khoảng 2,5 tới khoảng 3,5% mol, và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó ZrO_2 . Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm khoảng 1,7, 1,8, 1,9, 2,0, 2,1, 2,2, 2,3, 2,4, 2,5, 2,6, 2,7, 2,8, 2,9, 3,0, 3,1, 3,2, 3,3, 3,4, 3,5, 3,6, 3,7, 3,8, 3,9, 4,0, 4,1, 4,2, 4,3, 4,4, hoặc 4,5% mol là ZrO_2 .

B_2O_3 là có lợi để tạo ra tiền chất thủy tinh với nhiệt độ nóng chảy thấp. Hơn nữa, việc thêm vào của B_2O_3 trong tiền chất thủy tinh và do đó là các thủy tinh-gốm giúp đạt được vi cấu trúc tinh thể khóa liên thông và cũng cải thiện độ bền phá hủy của thủy tinh-gốm. Khi bo trong thủy tinh còn dư không được làm cân bằng điện tích bởi các oxit kiềm hoặc các oxi cation hóa trị hai, thì nó sẽ là trạng thái phối trí tam giác (hoặc bo phối trí ba), vốn mở cấu trúc của thủy tinh. Mạng quanh bo phối trí ba này không rắn như bo phối trí tứ diện (hoặc phối trí bốn). Không bị bó buộc vào lý thuyết, tin rằng các tiền chất thủy tinh và các thủy tinh-gốm chứa bo phối trí ba ở mức độ nào đó có thể chịu việc biến dạng trước khi tạo thành nứt vỡ. Bằng cách chịu một số biến dạng, các trị số khởi tạo nứt vỡ ấn lồi Vickers sẽ được tăng. Độ bền nứt vỡ của các

thủy tinh tiên chất và các thủy tinh-gốm chứa bo phối trí ba cũng có thể được tăng. Không bị bó buộc vào lý thuyết, tin rằng sự có mặt của bo trong thủy tinh còn dư của thủy tinh-gốm (và tiên chất thủy tinh) làm giảm độ nhớt của thủy tinh còn dư (hoặc tiên chất thủy tinh), vốn tạo thuận tiện cho việc phát triển của các tinh thể lithi silicat, đặc biệt các tinh thể lớn có hệ số co cao. Lượng lớn hơn của bo phối trí ba (so với bo phối trí bốn) được tin là tạo thành các thủy tinh-gốm thể hiện tải khởi tạo nứt vỡ ấn lõm Vickers cao hơn. Theo một số phương án thực hiện, lượng của bo phối trí ba (như là phần trăm của tổng B_2O_3) có thể khoảng 40% hoặc lớn hơn, 50% hoặc lớn hơn, 75% hoặc lớn hơn, khoảng 85% hoặc lớn hơn hoặc thậm chí khoảng 95% hoặc lớn hơn. Lượng bo nói chung là nên được điều khiển để duy trì độ bền hóa học và độ bền cơ học thủy tinh-gốm khối, được gốm hóa.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các thủy tinh và thủy tinh-gốm ở đây có thể bao gồm từ 0 tới khoảng 2% mol và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm khoảng 0, >0, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 1,0, 1,1, 1,2, 1,3, 1,4, 1,5, 1,6, 1,7, 1,8, 1,9, hoặc 2% mol là B_2O_3 .

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các thủy tinh và các thủy tinh-gốm ở đây có thể bao gồm từ 0 tới khoảng 0,5% mol là SnO_2 . Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm từ 0 tới khoảng 0,5% mol, 0 tới khoảng 0,4% mol, 0 tới khoảng 0,3% mol, 0 tới khoảng 0,2% mol, 0 tới khoảng 0,1% mol, khoảng 0,05 tới khoảng 0,5% mol, 0,05 tới khoảng 0,4% mol, 0,05 tới khoảng 0,3% mol, 0,05 tới khoảng 0,2% mol, 0,05 tới khoảng 0,1% mol, khoảng 0,1 tới khoảng 0,5% mol, khoảng 0,1 tới khoảng 0,4% mol, khoảng 0,1 tới khoảng 0,3% mol, khoảng 0,1 tới khoảng 0,2% mol, khoảng 0,2 tới khoảng 0,5% mol, khoảng 0,2 tới khoảng 0,4% mol, khoảng 0,2 tới khoảng 0,3% mol, khoảng 0,3 tới khoảng 0,5% mol, khoảng 0,3 tới khoảng 0,4% mol, khoảng 0,4 tới khoảng 0,5% mol, và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó là SnO_2 . Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm khoảng 0, >0, 0,05, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, hoặc 0,5% mol là SnO_2 .

Khi lượng của các oxit kim loại chuyển tiếp, ví dụ Fe_2O_3 , là quá cao chúng có thể tác động tới màu sắc của thủy tinh-gốm và do đó tác động tới độ trong suốt của thủy tinh-gốm. Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh và/hoặc hợp phần thủy tinh-gốm có thể bao gồm nhỏ hơn 0,5% mol, 0,4% mol, 0,3% mol, 0,2% mol, 0,1% mol, hoặc 0,05% mol là Fe_2O_3 .

Theo các phương án thực hiện khác nhau, các hợp phần thủy tinh có thể được sản xuất thành các tấm thông qua các quy trình, bao gồm nhưng không hạn chế ở, các quy trình rút qua khe, nổi, cuộn, và các quy trình tạo tấm khác đã biết đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật. Cũng cần hiểu rằng các hợp phần được bộc lộ ở đây— dù là theo% khối lượng hoặc% mol— là trên cơ sở oxit của tiền chất thủy tinh hoặc các hợp phần gốm thủy tinh trước việc xử lý gốm hóa, trừ khi được tuyên bố một cách rõ ràng theo cách khác.

Các điều kiện gia nhiệt để tạo thành các vật phẩm gốm thủy tinh

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các quy trình để tạo thủy tinh-gốm bao gồm việc xử lý nhiệt các thủy tinh tiền chất tại một hoặc nhiều nhiệt độ được chọn trước cho một hoặc nhiều thời gian được chọn trước để tạo ra sự đồng đều của thủy tinh và việc tinh thể hóa (tức là, việc tạo mầm và phát triển) của một hoặc nhiều pha tinh thể (ví dụ, có một hoặc nhiều hợp phần, các lượng, các hình thái, các kích cỡ hoặc các phân bố kích cỡ, v.v.). Theo một số phương án thực hiện, việc xử lý nhiệt có thể chứa (i) việc gia nhiệt các thủy tinh tiền chất tại tốc độ là 0,01-50°C/phút tới nhiệt độ tạo mầm (T_n); (ii) duy trì các thủy tinh có thể tinh thể hóa được tại nhiệt độ tạo mầm cho chu kỳ thời gian được xác định từ trước thứ nhất (t_n) để tạo ra các hợp phần thủy tinh có thể tinh thể hóa được, được tạo mầm; (iii) gia nhiệt các thủy tinh có thể tinh thể hóa được đã được tạo mầm tại tốc độ trong khoảng giới hạn từ khoảng 0,01°C/phút tới khoảng 50 °C/phút tới nhiệt độ kết tinh (T_c); (iv) duy trì các thủy tinh có thể tinh thể hóa được đã được tạo mầm tại nhiệt độ kết tinh cho chu kỳ thời gian được xác định từ trước thứ hai (t_c) để tạo ra các vật phẩm thủy tinh-gốm được mô tả ở đây; và (v) làm nguội thủy tinh-gốm được tạo thành tới nhiệt độ phòng. Các thuật ngữ "gốm hóa" hoặc "việc gốm hóa", trong các phương án thực hiện nêu trên, có thể được sử dụng để cập chung tới các bước (iii), (iv) và tùy chọn là (v). Theo một số phương án thực hiện,

nhệt độ tạo mầm có thể trong khoảng giới hạn từ 500°C tới 650°C (ví dụ, 500°C, 510°C, 520°C, 530°C, 540°C, 550°C, 560°C, 570°C, 580°C, 590°C, 600°C, 610°C, 620°C, 630°C, 640°C, hoặc 650°C) và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó; và/hoặc nhiệt độ kết tinh có thể trong khoảng giới hạn từ 680°C tới 800°C (ví dụ, 680°C, 690°C, 700°C, 710°C, 720°C, 730°C, 740°C, 750°C, 760°C, 770°C, 780°C, 790°C, hoặc 800°C) và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Theo một số phương án thực hiện, thời gian được xác định từ trước thứ nhất để duy trì nhiệt độ tạo mầm có thể trong khoảng giới hạn từ 1 phút tới 6 giờ (ví dụ 1 phút, 5 phút, 10 phút, 20 phút, 30 phút, 40 phút, 50 phút, 1 giờ, 1,5 giờ, 2 giờ, 2,5 giờ, 3 giờ, 3,5 giờ, 4 giờ, 4,5 giờ, 5 giờ, 5,5 giờ, hoặc 6 giờ) và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Theo một số phương án thực hiện, thời gian được xác định từ trước thứ hai để duy trì nhiệt độ kết tinh có thể trong khoảng giới hạn từ 1 phút tới 4 giờ (ví dụ 1 phút, 5 phút, 10 phút, 20 phút, 30 phút, 40 phút, 50 phút, 1 giờ, 1,5 giờ, 2 giờ, 2,5 giờ, 3 giờ, 3,5 giờ, hoặc 4 giờ) và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Theo một số phương án thực hiện, nhiệt độ kết tinh phụ thuộc vào việc xem liệu thủy tinh-gốm trong suốt hay mờ/đục được mong muốn. Theo một số phương án thực hiện, nhiệt độ kết tinh là khoảng 750°C hoặc bên dưới sẽ tạo thành thủy tinh-gốm trong suốt và nhiệt độ kết tinh bên trên khoảng 750°C sẽ tạo thành thủy tinh-gốm mờ/đục. Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh có thể được gia nhiệt từ nhiệt độ phòng tới nhiệt độ tạo mầm là 570°C tại tốc độ là 5°C/phút, được duy trì tại nhiệt độ tạo mầm trong 4 giờ, sau đó được gia nhiệt tới nhiệt độ kết tinh 740°C tại tốc độ là 5°C/phút, và được duy trì tại nhiệt độ kết tinh trong 1 giờ.

Theo một số phương án thực hiện, có thể có một hoặc nhiều việc giữ nhiệt độ bổ sung giữa nhiệt độ tạo mầm và nhiệt độ kết tinh. Do đó, theo một số phương án thực hiện, sau khi duy trì vật phẩm tại nhiệt độ tạo mầm, vật phẩm có thể được gia nhiệt tới một hoặc nhiều nhiệt độ trung gian (trong đó các nhiệt độ trung gian là trong khoảng giới hạn giữa nhiệt độ tạo mầm và nhiệt độ kết tinh) và được giữ tại một hoặc nhiều nhiệt độ trung gian trong thời gian được xác định từ trước (ví dụ, giữa 1 giờ và 4 giờ và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó) và sau đó được gia

nhiệt tới nhiệt độ kết tinh. Ví dụ 5 bên dưới minh họa chu kỳ xử lý nhiệt 3 bước làm ví dụ với việc giữ nhiệt độ trung gian.

Theo một số phương án thực hiện, khi hợp phần được gia nhiệt tới nhiệt độ tạo mầm, hợp phần không được duy trì tại nhiệt độ tạo mầm mà thay vào đó được gia nhiệt một cách liên tục tới một hoặc nhiều nhiệt độ trung gian cho tới khi đạt được nhiệt độ kết tinh (tức là, nhiệt độ không được duy trì tại nhiệt độ bất kỳ trong số các nhiệt độ trung gian hoặc nhiệt độ tạo mầm). Theo một số phương án thực hiện, tốc độ gia nhiệt từ nhiệt độ phòng tới nhiệt độ tạo mầm, tốc độ gia nhiệt từ nhiệt độ tạo mầm tới nhiệt độ trung gian, tốc độ gia nhiệt từ nhiệt độ trung gian tới nhiệt độ kết tinh thay đổi. Theo các phương án thực hiện trong đó có nhiều nhiệt độ trung gian, tốc độ gia nhiệt giữa các nhiệt độ trung gian riêng rẽ cũng có thể thay đổi. Ví dụ 6 bên dưới minh họa ví của của các việc lập lịch xử lý nhiệt này. Theo một số phương án thực hiện, các tốc độ gia nhiệt có thể thay đổi và có thể trong khoảng giới hạn từ khoảng $0,01^{\circ}\text{C/phút}$ tới khoảng 50°C/phút , khoảng $0,01^{\circ}\text{C/phút}$, khoảng $0,1^{\circ}\text{C/phút}$, khoảng $0,5^{\circ}\text{C/phút}$, khoảng 1°C/phút , khoảng 2°C/phút , khoảng 3°C/phút , khoảng 4°C/phút , khoảng 5°C/phút , khoảng 10°C/phút , khoảng 15°C/phút , khoảng 20°C/phút , khoảng 25°C/phút , khoảng 30°C/phút , khoảng 40°C/phút , khoảng 45°C/phút , khoảng 50°C/phút , và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Theo một số phương án thực hiện, tốc độ gia nhiệt có thể tăng từ một tốc độ gia nhiệt tới tốc độ gia nhiệt khác. Theo các phương án thực hiện khác, tốc độ gia nhiệt có thể giảm từ một tốc độ gia nhiệt tới tốc độ gia nhiệt khác.

Theo một số phương án thực hiện, vật phẩm thủy tinh-gốm được làm nguội sau khi được giữ tại nhiệt độ kết tinh. Theo một số phương án thực hiện, vật phẩm thủy tinh-gốm có thể làm nguội tới nhiệt độ phòng trong giai đoạn đơn tại tốc độ làm nguội không đổi, trong hai giai đoạn mà mỗi giai đoạn với tốc độ làm nguội khác nhau, hoặc trong ba hoặc hơn ba giai đoạn mà mỗi giai đoạn với tốc độ làm nguội khác nhau. Theo một số phương án thực hiện, các vật phẩm thủy tinh-gốm được làm mát tại tốc độ được điều khiển từ nhiệt độ kết tinh để tối thiểu hóa các gradien nhiệt độ qua các vật phẩm cũng như tối thiểu hóa ứng suất còn dư qua các vật phẩm. Các gradien nhiệt độ và các khác biệt trong ứng suất dư có thể dẫn tới việc vênh các vật phẩm do việc

làm nguội. Do đó, việc điều chỉnh việc làm nguội để điều khiển các gradien nhiệt độ và các ứng suất còn dư cũng có thể làm tối thiểu hóa việc vênh của các vật phẩm thủy tinh-gốm.

Theo một số phương án thực hiện, như được thể hiện ví dụ trên Fig.32, việc gia nhiệt có thể xuất hiện trong hai giai đoạn làm nguội. Theo các phương án thực hiện này, trong giai đoạn làm nguội thứ nhất, nhiệt độ nguội từ $T_{\max}$ (tức là, T_C – nhiệt độ kết tinh) tới T_1 tại tốc độ làm nguội thứ nhất. Trong giai đoạn làm nguội thứ hai, nhiệt độ nguội từ T_1 tới khoảng nhiệt độ phòng (T_{Room}) tại tốc độ làm nguội thứ hai. Như được thể hiện trên Fig.32, tốc độ làm nguội thứ nhất là chậm hơn tốc độ làm nguội thứ hai. Tốc độ làm nguội thứ nhất trong suốt giai đoạn thứ nhất là chậm để tối thiểu hóa gradien nhiệt độ qua vật phẩm thủy tinh-gốm. Theo một số phương án thực hiện, nhiệt độ T_1 trong đó việc chuyển tiếp từ giai đoạn làm nguội thứ nhất tới giai đoạn làm nguội thứ hai xuất hiện được xác định dựa trên nhiệt độ mà bên dưới nó vật phẩm thủy tinh-gốm hành xử như vật liệu đàn hồi. Không bị bó buộc vào lý thuyết, tin rằng tốc độ làm nguội chậm hơn của giai đoạn làm nguội thứ nhất là chỉ cần để điều khiển các gradien nhiệt độ cho tới khi vật phẩm thủy tinh-gốm đạt tới nhiệt độ mà bên dưới nó, nó hành xử như vật liệu đàn hồi. Theo một số phương án thực hiện, nhiệt độ T_1 có thể trong khoảng giới hạn từ 450 °C tới 550 °C và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Theo một số phương án thực hiện, nhiệt độ T_1 có thể nhỏ hơn hoặc bằng với 550 °C, 540 °C, 530 °C, 520 °C, 510 °C, 500 °C, 490 °C, 480 °C, 470 °C, 460 °C, hoặc 450 °C. Theo một số phương án thực hiện, nhiệt độ rớt xuống trong giai đoạn làm nguội thứ nhất ($T_{\max} - T_1$) là nhỏ hơn nhiệt độ rớt xuống trong giai đoạn làm nguội thứ hai ($T_1 - T_{\text{Room}}$). Không bị bó buộc vào lý thuyết, tin rằng các gradien nhiệt độ phát triển trong giai đoạn làm nguội thứ nhất có tác dụng lớn hơn trên các ứng suất còn dư (và do đó độ vênh) trong vật phẩm thủy tinh-gốm khi đạt tới nhiệt độ phòng (ở dạng của độ hãm quang học) hơn là các gradien nhiệt độ phát triển trong giai đoạn làm nguội thứ hai. Do đó, theo một số phương án thực hiện, sau việc làm nguội được điều khiển trong giai đoạn làm nguội thứ nhất, vật phẩm thủy tinh-gốm có thể được cho phép làm nguội tới nhiệt độ phòng trong môi trường làm nguội không được điều khiển.

Theo một số phương án thực hiện, như được thể hiện ví dụ trên Fig.33, chu kỳ làm nguội có thể có giai đoạn làm nguội trung gian ở giữa giai đoạn làm nguội thứ nhất và giai đoạn làm nguội thứ hai cho tổng ba giai đoạn làm nguội. Theo các phương án thực hiện này, trong giai đoạn làm nguội thứ nhất, nhiệt độ nguội từ $T_{\max}$ (tức là, T_C – nhiệt độ kết tinh) tới T_1 tại tốc độ làm nguội thứ nhất. Trong giai đoạn làm nguội trung gian, nhiệt độ nguội từ T_1 tới T_2 tại tốc độ làm nguội thứ hai. Trong giai đoạn làm nguội thứ hai, nhiệt độ nguội từ T_2 tới khoảng nhiệt độ phòng (T_{Room}) tại tốc độ làm nguội thứ ba. Như được thể hiện trên Fig.34, tốc độ làm nguội tăng với từng giai đoạn sao cho (i) tốc độ làm nguội thứ nhất trong suốt giai đoạn làm nguội thứ nhất là nhỏ hơn tốc độ làm nguội thứ hai trong suốt giai đoạn làm nguội trung gian và tốc độ làm nguội thứ ba trong suốt giai đoạn làm nguội thứ hai và (ii) tốc độ làm nguội thứ hai trong suốt giai đoạn làm nguội trung gian là nhỏ hơn tốc độ làm nguội thứ ba trong suốt giai đoạn làm nguội thứ hai. Theo một số phương án thực hiện, (i) độ sụt nhiệt độ trong giai đoạn làm nguội thứ nhất ($T_{\max} - T_1$) là nhỏ hơn độ sụt nhiệt độ trong giai đoạn làm nguội trung gian ($T_1 - T_2$) và độ sụt nhiệt độ trong giai đoạn làm nguội thứ hai ($T_2 - T_{\text{Room}}$) và (ii) độ sụt nhiệt độ trong giai đoạn làm nguội trung gian ($T_1 - T_2$) là nhỏ hơn độ sụt nhiệt độ trong giai đoạn làm nguội thứ hai ($T_2 - T_{\text{Room}}$). Các giai đoạn làm nguội trung gian cho phép chu kỳ làm nguội nhanh hơn trong khi vẫn tối thiểu hóa được các gradien nhiệt độ và ứng suất còn dư. Theo một số phương án thực hiện, $T_{\max}$ có thể khoảng 740 °C, T_1 có thể khoảng 640 °C, và T_2 có thể khoảng 580 °C.

Theo một số phương án thực hiện, khi có nhiều giai đoạn làm nguội trong chu kỳ làm nguội, các gradien nhiệt độ qua vật phẩm thủy tinh-gốm trong suốt giai đoạn làm nguội thứ nhất có thể nhỏ hơn 15 °C, nhỏ hơn 14 °C, nhỏ hơn 13 °C, nhỏ hơn 12 °C, nhỏ hơn 11 °C, nhỏ hơn 10 °C, nhỏ hơn 9 °C, nhỏ hơn 8 °C, nhỏ hơn 7 °C, nhỏ hơn 6 °C, nhỏ hơn 5 °C, nhỏ hơn 4 °C, hoặc nhỏ hơn 3 °C và/hoặc độ hãm quang học tại nhiệt độ phòng của nhỏ hơn 15 nm/mm độ dày, nhỏ hơn 14 nm/mm của độ dày, nhỏ hơn 13 nm/mm của độ dày, nhỏ hơn 12 nm/mm của độ dày, nhỏ hơn 11 nm/mm của độ dày, nhỏ hơn 10 nm/mm của độ dày, nhỏ hơn 9 nm/mm của độ dày, nhỏ hơn 8 nm/mm của độ dày, nhỏ hơn 7 nm/mm của độ dày, nhỏ hơn 6 nm/mm của độ dày, nhỏ

hơn 5 nm/mm của độ dày, nhỏ hơn 4 nm/mm của độ dày, hoặc nhỏ hơn 3 nm/mm của độ dày. Việc hãm quang học có thể được đo theo tiêu chuẩn ASTM F218-13.

Theo việc thực hiện các việc xử lý nhiệt nêu trên cho tiền chất thủy tinh, thủy tinh-gốm kết quả có một hoặc nhiều pha tinh thể và pha thủy tinh còn dư. Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh-gốm chứa các pha tinh thể làm ví dụ sau: lithi đisilicat, petalit, dung dịch rắn β -spodumen, dung dịch rắn β -thạch anh, lithi metasilicat, virgilit, cristobalit, lithi phosphat, baddeleyit và ziriconi và các tổ hợp bất kỳ của chúng.

Theo một số phương án thực hiện, lithi đisilicat là pha tinh thể với phần trăm theo khối lượng cao nhất. Lithi đisilicat, $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$, là tinh thể trực thoi dựa trên các tấm lượn sóng của các mảng tứ diện $\{\text{Si}_2\text{O}_5\}$. Các tinh thể có hình dạng dạng ống hoặc giống như thanh mỏng, với các mặt phẳng chia tách rõ rệt. Các thủy tinh-gốm dựa trên lithi đisilicat đề xuất các tính chất cơ học mong muốn cao, gồm độ bền thân cao và độ bền nứt vỡ, do các vi cấu trúc của chúng là các tinh thể được khóa liên thông được định hướng ngẫu nhiên – cấu trúc tinh thể ép các vết nứt lan truyền qua vật liệu thông qua các đường ngoằn ngoèo quanh các tinh thể. Theo một số phương án thực hiện, phần trăm theo khối lượng của pha tinh thể lithi đisilicat trong các hợp phần thủy tinh-gốm có thể trong khoảng giới hạn từ khoảng 20 tới khoảng 60% khối lượng, khoảng 20 tới khoảng 55% khối lượng, khoảng 20 tới khoảng 50% khối lượng, khoảng 20 tới khoảng 45% khối lượng, khoảng 20 tới khoảng 40% khối lượng, khoảng 20 tới khoảng 35% khối lượng, khoảng 20 tới khoảng 30% khối lượng, khoảng 20 tới khoảng 25% khối lượng, khoảng 25 tới khoảng 60% khối lượng, khoảng 25 tới khoảng 55% khối lượng, khoảng 25 tới khoảng 50% khối lượng, khoảng 25 tới khoảng 45% khối lượng, khoảng 25 tới khoảng 40% khối lượng, khoảng 25 tới khoảng 35% khối lượng, khoảng 25 tới khoảng 30% khối lượng, khoảng 30 tới khoảng 60% khối lượng, khoảng 30 tới khoảng 55% khối lượng, khoảng 30 tới khoảng 50% khối lượng, khoảng 30 tới khoảng 45% khối lượng, khoảng 30 tới khoảng 40% khối lượng, khoảng 30 tới khoảng 35% khối lượng, khoảng 35 tới khoảng 60% khối lượng, khoảng 35 tới khoảng 55% khối lượng, khoảng 35 tới khoảng 50% khối lượng, khoảng 35 tới khoảng 45% khối lượng, khoảng 35 tới khoảng 40% khối lượng, khoảng 40 tới khoảng 60% khối lượng, khoảng

40 tới khoảng 55% khối lượng, khoảng 40 tới khoảng 50% khối lượng, khoảng 40 tới khoảng 45% khối lượng, khoảng 45 tới khoảng 60% khối lượng, khoảng 45 tới khoảng 55% khối lượng, khoảng 45 tới khoảng 50% khối lượng, khoảng 50 tới khoảng 60% khối lượng, khoảng 50 tới khoảng 55% khối lượng, hoặc khoảng 55 tới khoảng 60% khối lượng. Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh-gốm có 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, hoặc 60% khối lượng là pha tinh thể lithi đisilicat.

Theo một số phương án thực hiện, petalit là pha tinh thể với phần trăm theo khối lượng cao nhất. Petalit, $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$, là tinh thể đơn tà sở hữu cấu trúc khung ba chiều với cấu trúc được tạo lớp có các lớp Si_2O_5 được gấp được liên kết bởi tứ diện Li và Al. Li là trong tọa độ tứ diện với oxi. Petalit khoáng là nguồn lithi và được sử dụng làm pha nhử nhiệt thấp để cải thiện khả năng chống sốc nhiệt của thủy tinh-gốm hoặc các phần gốm. Hơn nữa, các vật phẩm thủy tinh-gốm dựa trên pha petalit có thể được gia cường hóa học trong bể muối, mà trong suốt đó Na^+ (và/hoặc K^+) thay thế Li^+ trong cấu trúc petalit, vốn gây ra việc nén và gia cường. Theo một số phương án thực hiện, phần trăm theo khối lượng của pha tinh thể petalit trong các hợp phần thủy tinh-gốm có thể trong khoảng giới hạn từ khoảng 20 tới khoảng 70% khối lượng, khoảng 20 tới khoảng 65% khối lượng, khoảng 20 tới khoảng 60% khối lượng, khoảng 20 tới khoảng 55% khối lượng, khoảng 20 tới khoảng 50% khối lượng, khoảng 20 tới khoảng 45% khối lượng, khoảng 20 tới khoảng 40% khối lượng, khoảng 20 tới khoảng 35% khối lượng, khoảng 20 tới khoảng 30% khối lượng, khoảng 20 tới khoảng 25% khối lượng, khoảng 25 tới khoảng 70% khối lượng, khoảng 25 tới khoảng 65% khối lượng, khoảng 25 tới khoảng 60% khối lượng, khoảng 25 tới khoảng 55% khối lượng, khoảng 25 tới khoảng 50% khối lượng, khoảng 25 tới khoảng 45% khối lượng, khoảng 25 tới khoảng 40% khối lượng, khoảng 25 tới khoảng 35% khối lượng, khoảng 25 tới khoảng 30% khối lượng, khoảng 30 tới khoảng 70% khối lượng, khoảng 30 tới khoảng 65% khối lượng, khoảng 30 tới khoảng 60% khối lượng, khoảng 30 tới khoảng 55% khối lượng, khoảng 30 tới khoảng 50% khối lượng, khoảng 30 tới khoảng 45% khối lượng, khoảng 30 tới khoảng 40% khối lượng, khoảng 30 tới khoảng 35% khối lượng, khoảng 35 tới

khoảng 70% khối lượng, khoảng 35 tới khoảng 65% khối lượng, khoảng 35 tới khoảng 60% khối lượng, khoảng 35 tới khoảng 55% khối lượng, khoảng 35 tới khoảng 50% khối lượng, khoảng 35 tới khoảng 45% khối lượng, khoảng 35 tới khoảng 40% khối lượng, khoảng 40 tới khoảng 70% khối lượng, khoảng 40 tới khoảng 65% khối lượng, khoảng 40 tới khoảng 60% khối lượng, khoảng 40 tới khoảng 55% khối lượng, khoảng 40 tới khoảng 50% khối lượng, khoảng 40 tới khoảng 45% khối lượng, khoảng 45 tới khoảng 70% khối lượng, khoảng 45 tới khoảng 65% khối lượng, khoảng 45 tới khoảng 60% khối lượng, khoảng 45 tới khoảng 55% khối lượng, khoảng 45 tới khoảng 50% khối lượng, khoảng 50 tới khoảng 70% khối lượng, khoảng 50 tới khoảng 65% khối lượng, khoảng 50 tới khoảng 60% khối lượng, khoảng 50 tới khoảng 55% khối lượng, khoảng 55 tới khoảng 70% khối lượng, khoảng 55 tới khoảng 65% khối lượng, khoảng 55 tới khoảng 60% khối lượng, khoảng 60 tới khoảng 70% khối lượng, khoảng 60 tới khoảng 65% khối lượng, hoặc khoảng 65 tới khoảng 70% khối lượng. Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh-gốm có khoảng 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, hoặc 70% khối lượng là pha tinh thể petalit.

Theo đó, theo các phương án thực hiện, các gốm thủy tinh có thể bao gồm phần trăm khối lượng được kết hợp của lithi đisilicat và pha tinh thể petalit là lớn hơn hoặc bằng với 40% khối lượng, như lớn hơn hoặc bằng với 42% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng với 44% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng với 46% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng với 48% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng với 50% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng với 52% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng với 54% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng với 56% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng với 58% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng với 60% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng với 62% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng với 64% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng với 66% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng với 68% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng với 70% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng với 72% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng với 74% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng với 76% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng với 78% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng với 80% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng với 82% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng với 84% khối lượng, hoặc lớn hơn hoặc bằng

với 85% khối lượng. Theo một số phương án thực hiện, các pha tinh thể khác với lithi đisilicat và petalit có tổng cộng% khối lượng trong vật phẩm thủy tinh-gốm nhỏ hơn 5% khối lượng, nhỏ hơn 4% khối lượng, nhỏ hơn 3% khối lượng, nhỏ hơn 2% khối lượng, hoặc nhỏ hơn 1% khối lượng.

Theo các phương án thực hiện, gốm thủy tinh có thể chứa lithi phosphat làm pha tinh thể thứ ba. Theo các phương án thực hiện, ít nhất 80% của phosphat có mặt trong gốm thủy tinh là có mặt như là lithi phosphat, như ít nhất 85%, ít nhất 90%, hoặc ít nhất 95%. Tỷ lệ chiều cao đỉnh Raman của petalit so với lithi phosphat, theo các phương án thực hiện, là từ 1,1 tới 1,3, và phần chia chiều cao đỉnh Raman của lithi đisilicat so với lithi phosphat là từ 1,0 tới 1,2.

Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh-gốm có hàm lượng thủy tinh còn dư là khoảng 5 tới khoảng 30% khối lượng, khoảng 5 tới khoảng 25% khối lượng, khoảng 5 tới khoảng 20% khối lượng, khoảng 5 tới khoảng 15% khối lượng khoảng 5 tới khoảng 10% khối lượng, khoảng 10 tới khoảng 50% khối lượng, khoảng 10 tới khoảng 45% khối lượng, khoảng 10 tới khoảng 40% khối lượng, khoảng 10 tới khoảng 35% khối lượng, khoảng 10 tới khoảng 30% khối lượng, khoảng 10 tới khoảng 25% khối lượng, khoảng 10 tới khoảng 20% khối lượng, khoảng 10 tới khoảng 15% khối lượng, khoảng 15 tới khoảng 50% khối lượng, khoảng 15 tới khoảng 45% khối lượng, khoảng 15 tới khoảng 40% khối lượng, khoảng 15 tới khoảng 35% khối lượng, khoảng 15 tới khoảng 30% khối lượng, khoảng 15 tới khoảng 25% khối lượng, khoảng 15 tới khoảng 20% khối lượng, khoảng 20 tới khoảng 50% khối lượng, khoảng 20 tới khoảng 45% khối lượng, khoảng 20 tới khoảng 40% khối lượng, khoảng 20 tới khoảng 35% khối lượng, khoảng 20 tới khoảng 30% khối lượng khoảng 20 tới khoảng 25% khối lượng, khoảng 25 tới khoảng 30% khối lượng, và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Theo một số phương án thực hiện hàm lượng thủy tinh còn dư có thể nhỏ hơn hoặc bằng với 30, 25, 20, 19, 18, 17, 16, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, hoặc 1% khối lượng.

Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh-gốm có thể có phần trăm theo khối lượng của các tinh thể trong khoảng giới hạn từ lớn hơn 20% khối lượng tới 100% khối lượng, lớn hơn 20% khối lượng tới 90% khối lượng, lớn hơn 20% khối lượng tới

80% khối lượng, lớn hơn 20% khối lượng tới 70% khối lượng, 30% khối lượng tới 100% khối lượng, 30% khối lượng tới 90% khối lượng, 30% khối lượng tới 80% khối lượng, 30% khối lượng tới 70% khối lượng, 40% khối lượng tới 100% khối lượng, 40% khối lượng tới 90% khối lượng, 40% khối lượng tới 80% khối lượng, 40% khối lượng tới 70% khối lượng, 50% khối lượng tới 100% khối lượng, 50% khối lượng tới 90% khối lượng, 50% khối lượng tới 80% khối lượng, 50% khối lượng tới 70% khối lượng, và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Theo một số phương án thực hiện, vùng bên trong có thể có phần trăm theo khối lượng của các tinh thể lớn hơn 20% khối lượng, 25% khối lượng, 30% khối lượng, 35% khối lượng, 40% khối lượng, 45% khối lượng, 50% khối lượng, 55% khối lượng, 60% khối lượng, 65% khối lượng, 70% khối lượng, 75% khối lượng, 80% khối lượng, 85% khối lượng, hoặc 90% khối lượng.

Kích thước hạt của các tinh thể trong các pha tinh thể là thông số ảnh hưởng tới độ trong suốt của thủy tinh-gốm. Theo một số phương án thực hiện, các hạt có kích thước dài nhất trong khoảng giới hạn từ khoảng 5 nm tới khoảng 150 nm, khoảng 5 nm tới khoảng 125 nm, khoảng 5 nm tới khoảng 100 nm, khoảng 5 nm tới khoảng 75 nm, khoảng 5 nm tới khoảng 50 nm, khoảng 25 nm tới khoảng 150 nm, khoảng 25 nm tới khoảng 125 nm, khoảng 25 nm tới khoảng 100 nm, khoảng 25 nm tới khoảng 75 nm, khoảng 50 nm tới khoảng 150 nm, khoảng 50 nm tới khoảng 125 nm, khoảng 50 nm tới khoảng 100 nm, và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Theo một số phương án thực hiện, kích thước dài nhất của các hạt là nhỏ hơn 150 nm, nhỏ hơn 125 nm, nhỏ hơn 100 nm, nhỏ hơn 75 nm, nhỏ hơn 50 nm, hoặc nhỏ hơn 25 nm. Kích thước dài nhất của các hạt được đo sử dụng kính hiển vi điện tử quét (scanning electron microscope - SEM).

Theo một số phương án thực hiện, các điều kiện tập hợp pha và việc xử lý nhiệt được chọn để tạo vật phẩm thủy tinh-gốm với các tính chất quang học thích hợp, như độ trong suốt và độ mờ đục thấp, để sử dụng như là thủy tinh che phủ cho thiết bị điện tử điện tử. Theo một số phương án thực hiện, vật phẩm thủy tinh-gốm là trong suốt trong đó độ truyền qua trung bình là 85% hoặc lớn hơn, 86% hoặc lớn hơn, 87% hoặc lớn hơn, 88% hoặc lớn hơn, 89% hoặc lớn hơn, 90% hoặc lớn hơn, 91% hoặc lớn hơn,

92% hoặc lớn hơn, 93% hoặc lớn hơn (bao gồm các tổn thất phản xạ bề mặt) của ánh sáng qua khoảng giới hạn bước sóng từ 450 nm tới 600 nm cho vật phẩm thủy tinh-gốm có độ dày là 1 mm. Theo các phương án thực hiện khác, thủy tinh-gốm có thể là mờ qua khoảng giới hạn bước sóng từ 450 nm tới 600 nm. Theo một số phương án thực hiện thủy tinh-gốm trong mờ có thể có độ truyền qua trung bình trong khoảng giới hạn từ khoảng 20% tới nhỏ hơn khoảng 85% của ánh sáng qua khoảng giới hạn bước sóng của khoảng 450 nm tới khoảng 800 nm cho vật phẩm thủy tinh-gốm có độ dày 1 mm. Theo một số phương án thực hiện, vật phẩm thủy tinh-gốm có độ mờ đục nhỏ hơn 0,2, 0,19, 0,18, 0,17, 0,16, 0,15, 0,14, 0,13, 0,12, 0,11, hoặc 0,1,

Phương trình (2) bên dưới ước lượng độ mờ đục của vật phẩm thủy tinh-gốm dựa trên nhiệt độ tạo mầm (T_N), thời gian giữ tạo mầm (t_N), nhiệt độ kết tinh (T_C), và thời gian giữ việc tạo tinh thể (t_C).

$$\begin{aligned} \text{Độ mờ đục được ước lượng} = & 103 - 0,260T_N + 0,000203(T_N)^2 - 7,96t_N \\ & + 0,1532(t_N)^2 - 0,019T_C - 0,000008(T_C)^2 - 10,03t_C + 0,00597T_N*t_N + \\ & 0,00463t_N*T_C + 0,01342T_C*t_C \end{aligned} \quad (2)$$

Theo một số phương án thực hiện, nhiệt độ tạo mầm (T_N), thời gian giữ việc tạo mầm (t_N), nhiệt độ kết tinh (T_C), và thời gian giữ tinh thể hóa (t_C) cho chu kỳ xử lý nhiệt có thể được chọn dựa trên độ mờ đục được ước lượng tại ra bởi phương trình (2) để có độ mờ đục được ước lượng nhỏ hơn 0,2, 0,19, 0,18, 0,17, 0,16, 0,15, 0,14, 0,13, 0,12, 0,11, hoặc 0,1, Theo một số phương án thực hiện, việc xử lý nhiệt có thể chứa (i) gia nhiệt các thủy tinh tiền chất tại tốc độ là 0,01-50°C/phút tới nhiệt độ tạo mầm (T_N); (ii) duy trì các thủy tinh có thể tinh thể hóa được tại nhiệt độ tạo mầm cho chu kỳ thời gian được xác định từ trước thứ nhất (t_N) để tạo ra hợp phần thủy tinh có thể tinh thể hóa được, được tạo mầm; (iii) gia nhiệt các thủy tinh có thể tinh thể hóa được đã được tạo mầm tại tốc độ trong khoảng giới hạn từ khoảng 0,01°C/phút tới khoảng 50 °C/phút tới nhiệt độ kết tinh (T_C); (iv) duy trì các thủy tinh có thể tinh thể hóa được đã được tạo mầm tại nhiệt độ kết tinh cho chu kỳ thời gian được xác định từ trước thứ hai (t_C) để tạo ra các vật phẩm thủy tinh-gốm được mô tả ở đây; và (v) làm nguội được tạo thành thủy tinh-gốm tới nhiệt độ phòng, sao cho trị số của phương trình (2) là nhỏ hơn 0,2, 0,19, 0,18, 0,17, 0,16, 0,15, 0,14, 0,13, 0,12, 0,11, hoặc 0,1,

Các phương pháp xác định các chu kỳ gồm hóa

Việc tạo mầm và phát triển khối được điều khiển là cần thiết để tạo ra sản phẩm thủy tinh-gốm mong muốn. Việc tạo mầm khối (cả đồng nhất và không đồng nhất) được thực hiện tại nhiệt độ nâng lên cho thời gian cụ thể như được thể hiện trên Fig.35A. Theo lịch sử, nhiệt độ và thời gian tạo mầm được chọn theo kinh nghiệm ở trên nhiệt độ chuyển tiếp thủy tinh (T_g) hoặc nhiệt độ ủ như được thể hiện trên Fig.35B. Theo cách tương tự, nhiệt độ và thời gian phát triển cũng được chọn theo kinh nghiệm ở trên nhiệt độ tạo mầm. Thời gian và nhiệt độ được tối ưu hóa có thể đạt được bằng cách thay đổi cả thời gian và nhiệt độ cho việc tạo mầm và các giai đoạn phát triển của việc xử lý. Các sự kiện tạo mầm và phát triển tinh thể thường chồng lấn. Do đó, các tính chất vật lý như độ nhớt khai triển như là hàm của thời gian trong cả các bước tạo mầm và phát triển. Tuy nhiên, tốc độ của việc tăng trong tỷ trọng và/hoặc độ nhớt thay đổi khi chuyển tiếp từ giai đoạn tạo mầm tới giai đoạn phát triển. Khi tốc độ tăng trong tỷ trọng và/hoặc độ nhớt thay đổi về cơ bản, thì các quy trình gồm hóa có thể không tạo ra sản phẩm thủy tinh-gốm mong muốn cuối cùng.

Để tránh bị võng, dính, hoặc biến dạng nhớt, thời gian và nhiệt độ của chu kỳ nên được điều khiển. Các phương pháp phổ biến nhất gồm việc thử nghiệm dựa trên thí nghiệm và sai số của các chu kỳ nhiệt được thiết kế bằng trực giác, vốn được cải thiện bằng các phương pháp mô tả đặc tính của vật liệu. Một số ví dụ về các phương pháp mô tả đặc tính này là phép đo dòng nhiệt của đỉnh tinh thể hóa như là hàm số của thời gian ủ với máy đo nhiệt lượng quét vi sai hoặc phân tích tại chỗ các đỉnh nhiễu xạ tia X với thời gian. Hầu hết các phương pháp này không trợ giúp các nhà phát triển tìm thấy các điều kiện tối ưu về độ ổn định về mặt kích thước và chúng là rất tốn nhân công và tốn thời gian. Để khắc phục các nhược điểm này, các phương án thực hiện để gồm hóa các vật phẩm thủy tinh được bộc lộ và được mô tả ở đây xác định một cách tự động các chu kỳ gồm hóa sẽ tạo thành các vật phẩm thủy tinh-gốm mong muốn. Các phương án thực hiện của các phương pháp để gồm hóa bao gồm hai công cụ phân tích: (1) bộ điều khiển độ nhớt tự động (automatic viscosity controller - AVC) để xác định chu kỳ trong bước tạo mầm và trong các bước gia nhiệt chuyển tiếp từ việc mọc mầm tới việc phát triển tinh thể; và (2) phương pháp đo tỉ trọng tại chỗ không tiếp xúc

xác định khoảng thời gian của việc phát triển tinh thể. Toàn bộ của chu kỳ gồm hóa được thu một cách trực tiếp sử dụng hai phương pháp này.

Mục đích của việc điều khiển độ nhớt tự động (automatic viscosity controller - AVC) là để giữ thủy tinh tại độ nhớt không đổi để định nghĩa chu kỳ thời gian-nhiệt độ với độ võng tối thiểu trong suốt chu kỳ gồm hóa thủy tinh. Theo việc áp dụng này, độ nhớt không đổi được duy trì bởi a) việc tính toán của độ nhớt tức thời sử dụng tốc độ lệch của chùm thủy tinh dưới ứng suất không đổi trong thiết lập uốn chùm 3 điểm, và b) thay đổi tốc độ gia nhiệt/tốc độ làm nguội theo cách động sử dụng vòng điều khiển tỉ lệ-tích phân-vi phân (proportional-integral-derivative - PID) xác định đầu ra công suất được đưa vào lò. Khi độ nhớt của vật phẩm thủy tinh tăng, PID logic tự động tăng nhiệt độ, và khi độ nhớt của vật phẩm thủy tinh giảm, PID logic làm giảm nhiệt độ. Vòng điều khiển PID đảm bảo đầu ra công suất thay đổi phụ thuộc vào độ lệch khỏi độ nhớt đích sao cho việc vượt quá sẽ được bỏ qua. Fig.34 hiển thị một phương án thực hiện của việc áp dụng của logic phần mềm AVC. Fig.34 là lưu đồ PID thể hiện rằng tốc độ dốc tức thời được tính toán đầu tiên sử dụng vòng điều khiển PID trên độ nhớt đích so với độ nhớt được đo, hiện tại. Sau đó, logic PID tính toán tốc độ dốc để tính toán điểm đặt bộ điều khiển. Tiếp theo, nó xác định xem liệu điểm đặt được tính toán từ trước đó có thay đổi từ cơ cấu định vị cuối cùng hay không. Nếu điểm đặt được tính toán từ trước đó đã thay đổi, thì điểm đặt bộ điều khiển được thay đổi và logic PID được kết thúc và được đặt lại. Nếu điểm đặt được tính toán không thay đổi, thì logic PID được kết thúc và được đặt lại.

Fig.36 thể hiện liên lạc giữa logic phần mềm-lò và việc thiết lập đo theo các phương án thực hiện. Phương pháp này được áp dụng cho máy đo độ nhớt uốn 3 điểm dựa trên ý tưởng của ứng suất không đổi, dạng hình học đã biết và việc thay đổi nhiệt độ lò. Như được thể hiện trên Fig.36, máy tính, như PC được kết nối tới cả bộ điều khiển lò và thiết bị nhập vào tương tự. Bộ điều khiển lò điều chỉnh các thông số nằm trong lò, như, ví dụ nhiệt độ dựa trên các đầu vào mà nó nhận từ PC. Lò cũng được kết nối tới bộ điều khiển vi phân thay đổi được tuyến tính (linear variable differential controller - LVDT) thu thập các đầu ra từ lò, như các đầu ra liên quan tới nhiệt độ, độ nhớt, v.v. và truyền dữ liệu này tới thiết bị nhập vào tương tự. Như được tuyên bố ở

trên, PC nhận dữ liệu từ thiết bị đầu vào tương tự và tính toán các điểm đặt, như các điểm đặt nhiệt độ, để gửi tới bộ điều khiển lò. Sử dụng việc điều khiển này, độ nhót của vật phẩm thủy tinh có thể được giữ tương đối không đổi (như nằm trong độ nhót $\log \pm 1,0$ poa) trong suốt giai đoạn tạo mầm.

Chu kỳ thời gian-nhiệt độ được thu bằng cách định nghĩa độ nhót không đổi đích trong đó vật phẩm thủy tinh sẽ được giữ. Trong bước này — và theo các phương án thực hiện—nhiệt độ tối đa, tốc độ gia nhiệt tối đa, độ nhót đích, dạng hình học mẫu, các kích thước mẫu, tỉ trọng mẫu, tải tổng cộng được áp dụng, kích cỡ khâu độ của thiết lập uốn ba điểm là các đầu vào duy nhất trong phần mềm. Sau đó tuân theo logic phần mềm, như được giải thích với tham khảo tới Fig.34, AVC định nghĩa một cách tự động lịch biểu thời gian-nhiệt độ cho tới khi việc lệch chum (độ nhót thủy tinh) là ra khỏi khoảng giới hạn đo. Khoảng giới hạn đo độ nhót thường là đủ tốt để thu được bước tạo mầm và việc chuyển tiếp (thay đổi khoảng giới hạn gia nhiệt) từ việc tạo mầm tới các bước việc phát triển tinh thể. Tuy nhiên, việc đo độ nhót không thu được một cách chính xác tự bản thân giai đoạn phát triển tinh thể.

Một phương án thực hiện của phương pháp định nghĩa ba độ nhót khác nhau bởi AVC được thể hiện trên Fig.37 sau khi đạt được độ nhót đích (ví dụ, quanh 11,00 trên Fig.37) độ nhót được duy trì bởi AVC cho tới khi tốc độ phát triển tinh thể được tăng tốc (ví dụ, quanh 305 phút). Tại giai đoạn phát triển tinh thể, tốc độ gia nhiệt AVC không duy trì độ nhót không đổi và độ nhót bắt đầu tăng. Khi độ lệch xuống bên dưới khoảng giới hạn có thể đo được, thì dao động trong độ nhót sẽ được quan sát do độ tin cậy hạn chế của dữ liệu độ nhót. Do đó, chu kỳ thời gian-nhiệt độ được xác định bởi AVC nên bị hạn chế vào thời gian khi độ nhót không thể được duy trì.

Fig.38 thể hiện ví dụ của chu kỳ thời gian-nhiệt độ được định nghĩa bởi AVC cho 5 độ nhót log khác nhau là 10,7, 10,8, 10,9, 11,0, và 11,1, Trên Fig.38, tất cả các chu kỳ đạt tới cùng một nhiệt độ tối đa do 800°C được nhập vào như là nhiệt độ tối đa trong phần mềm. Bên trên nhiệt độ này, AVC sẽ không được mong đợi để điều khiển độ nhót và, do đó, không được giám sát hoặc được điều khiển theo các phương án thực hiện. Theo cách tương tự, sau khi việc chuyển tiếp được hoàn thành, tốc độ gia nhiệt là tuyến tính và cùng một trị số cho từng hợp phần. Nó tương ứng với trị số tốc độ gia

nhệt tối đa được cung cấp cho phần mềm để loại bỏ việc quá nhiệt khi tốc độ lệch (độ nhót) là ở bên ngoài khoảng giới hạn đo. Do đó, dữ liệu thu được từ AVC bị hạn chế vào khoảng giới hạn trong việc tạo mầm ban đầu và khoảng giới hạn chuyển tiếp phi tuyến. Một lần nữa, dữ liệu này không mô tả một cách chính xác việc xử lý trong suốt giai đoạn phát triển tinh thể. Để đo việc xử lý trong suốt giai đoạn phát triển tinh thể, tỉ trọng tại chỗ được kiểm soát.

Tỉ trọng tại chỗ được tính toán, theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, bằng cách đo lực căng trong một chiều như là hàm của thời gian và nhiệt độ và giả sử rằng quy trình gồm hóa thủy tinh là đẳng hướng. Do đó, tin rằng có sự tương liên tuyến tính giữa thể tích và lực căng một chiều. Các phép đo giãn nở kế không tiếp xúc được thực hiện sử dụng giãn nở kế quang học được mua từ công ty TA Instruments model số DIL806. Fig.39 thể hiện sơ lược thiết bị đo, vốn chứa nguồn sáng phát ánh sáng vào trong lò đĩa và tới mẫu thủy tinh. Sau khi ánh sáng được phát ra tiếp xúc với mẫu thủy tinh nó được truyền tới bộ phát hiện có thể xác định các thay đổi trong ánh sáng nhận được ở đó, vốn sau đó có thể được sử dụng đo tỉ trọng của mẫu. Cơ bản là, phương pháp này bao gồm việc đo của bóng của mẫu trên cả hai đầu trong khi nó đang được xử lý nhiệt trong lò. Nguồn sáng là trên phía đối diện của bề mặt từ bộ phát hiện, và dịch chuyển là tương liên với các thay đổi tỉ trọng trong suốt quy trình phát triển của tinh thể. Không giống như phép đo độ giãn nở truyền thống, mẫu đang đứng tự do trên bộ phận giữ mẫu và không có ngoại lực tác dụng. Các quy trình gồm hóa theo các phương án thực hiện thường xuất hiện trong độ nhót log 9 – 12 poa khoảng giới hạn độ nhót mà trong đó dòng chảy nhót do trọng lực là không đáng kể trong các thang thời gian xử lý.

Theo các phương án thực hiện, AVC xác định việc tạo mầm và các chu kỳ thời gian-nhiệt độ chuyển tiếp được cung cấp tới phần mềm giãn nở kế quang học. Sau đó các nhiệt độ phát triển tinh thể cuối cùng được thay đổi và đầu vào bước đẳng nhiệt được cung cấp dài hơn khoảng thời gian phát triển tinh thể được mong đợi bất kỳ nào để đảm bảo quy trình phát triển tinh thể được hoàn thành. Khi tỉ trọng tăng đạt tới điểm bão hòa, nó được xem xét là không có thay đổi đáng kể trong kích cỡ tinh thể và, do đó, độ nhót và tỉ trọng là hằng số như là hàm của thời gian. Bước này giúp nhận

diện việc tạo thành tinh thể không mong muốn bất kỳ hoặc vết nứt không mong đợi trong độ nhót tại nhiệt độ cao hơn các nhiệt độ phát triển cần thiết. Việc lắp ghép cuối cùng và pha cuối cùng của thủy tinh-gốm có thể được xác định và được so sánh với dữ liệu được thu thập từ các số đo tỉ trọng để xác định cách mà quy trình tác động lên việc lắp ghép và pha của thủy tinh-gốm.

Như được sử dụng ở đây, tỉ trọng không đổi đề cập tới trị số tuyệt đối của tốc độ thay đổi tỉ trọng là nhỏ hơn hoặc bằng với 0,10 (g/cm³)/phút, nhỏ hơn hoặc bằng với 0,09 (g/cm³)/phút, nhỏ hơn hoặc bằng với 0,08 (g/cm³)/phút, nhỏ hơn hoặc bằng với 0,07 (g/cm³)/phút, nhỏ hơn hoặc bằng với 0,06 (g/cm³)/phút, nhỏ hơn hoặc bằng với 0,05 (g/cm³)/phút, nhỏ hơn hoặc bằng với 0,04 (g/cm³)/phút, nhỏ hơn hoặc bằng với 0,03 (g/cm³)/phút, nhỏ hơn hoặc bằng với 0,02 (g/cm³)/phút, nhỏ hơn hoặc bằng với 0,01 (g/cm³)/phút, hoặc 0,00 (g/cm³)/phút. Các khoảng giá trị này chứa tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con được chứa theo các khoảng giới hạn được bộc lộ theo nghĩa rộng.

Fig.40 thể hiện sự tiến hóa của tỉ trọng tại sáu nhiệt độ phát triển theo phương án thực hiện. Khi tỉ trọng đạt đến mức phẳng, quy trình này được coi là hoàn thành hoặc gần hoàn thành, và với sự trợ giúp của các phương pháp mô tả đặc tính khác như nhiễu xạ tia X (XRD), có thể khẳng định và sử dụng như khoảng thời gian bước cuối của quy trình gốm hóa. Tại các nhiệt độ cao (*tức là*, 780°C và 800°C) không có thay đổi không đơn điệu trong tỉ trọng do khả năng tạo thành của việc tách pha hoặc các pha không mong muốn.

Theo các phương án thực hiện, mong muốn là điều chỉnh chu kỳ gốm hóa thủy tinh-gốm để đạt được độ vênh tối thiểu. Phép đo tỉ trọng tại chỗ của thủy tinh-gốm trong suốt quá trình gốm hóa trong các lịch trình gốm hóa khác nhau được thể hiện trên Fig.41. Trên Fig.41, tỉ trọng theo gam trên xentimet khối (như được đo trên trục y) được vẽ so với thời gian theo phút (như được đo trên trục x) sẽ được thể hiện. Hình này chỉ ra rằng vật phẩm thủy tinh không chỉ trải qua việc giãn nở và việc co do nhiệt phụ thuộc nhiệt độ, mà còn trải qua việc co không do nhiệt phụ thuộc thời gian, theo cách động trong suốt các giai đoạn tạo mầm, dốc và phát triển. Như được thể hiện trên Fig.41, trong suốt việc giữ tạo mầm tại nhiệt độ không đổi (*tức là*, từ khoảng 100 phút

tới khoảng 350 phút) một phần của việc co do thay đổi vật liệu, được chỉ thị bởi việc tăng tỉ trọng. Trong quá trình dốc từ việc tạo mầm đến việc phát triển, tỉ trọng được quan sát là đầu tiên giảm và sau đó tăng nhanh chóng, phần sau là trong đáp ứng với việc kết tinh nhanh được gây ra bởi sự co ngót vật liệu.

Fig.42 thể hiện phép đo độ nhót tại chỗ của các thủy tinh-gốm trong suốt việc xử lý gốm hóa cho các chu kỳ gốm hóa khác nhau theo các phương án thực hiện được mô tả trên Fig.41, Trên Fig.42, trục y chỉ thị độ nhót $\log(\log 10)$ poa và trục x chỉ thị thời gian thử nghiệm theo phút. Độ nhót có các hành vi phụ thuộc nhiệt độ và không nhiệt, phụ thuộc thời gian tương tự trong suốt giai đoạn tạo mầm. Trong suốt quá trình tạo mầm được giữ tại nhiệt độ không đổi, độ nhót là tăng với tốc độ phụ thuộc vào nhiệt độ tạo mầm. Trong quá trình dốc, độ nhót đầu tiên giảm và sau đó tăng, tạo ra việc chúc xuống và cực tiểu cục bộ. Dữ liệu đo độ nhót uốn chùm (Beam bending viscosity - BBV) cho tiền chất thủy tinh và việc gốm hóa được sử dụng, cùng với dữ liệu đo độ nhót tại chỗ, để tạo ra mô hình độ nhót gốm hóa được thống nhất, như được thể hiện trên Fig.43. Hợp phần của thủy tinh được thể hiện trên Fig.42 được thể hiện trong bảng 4 bên dưới.

Bảng 4

Thành phần	% khối lượng
SiO ₂	73,89
Al ₂ O ₃	7,60
P ₂ O ₅	2,11
Li ₂ O	11,50
Na ₂ O	0,05
K ₂ O	0,15
ZrO ₂	4,24
SnO ₂	0,40
Fe ₂ O ₃	0,06

Các mô phỏng số học về độ nhót sau đó được thực hiện theo các phương án thực hiện để hiểu các tác động của các thay đổi độ nhót này trên độ vênh. Việc lập mô hình số đã phát hiện ra rằng độ nhót tối thiểu cục bộ, được kết hợp với các gradien nhiệt độ trong mặt phẳng được sinh ra trong suốt phần dốc, có thể kích hoạt việc uốn nhót và gây ra độ vênh. Các hình vẽ từ Fig. 44A đến Fig.44C thể hiện độ vênh cho ba chu kỳ giả thiết (A, B, C). Chu kỳ A là trường hợp gốc, chu kỳ B có tốc độ tăng độ nhót nhanh

hơn trong suốt quá trình tạo mầm và có độ nhót tối thiểu cao hơn trong suốt phần dốc, và chu kỳ C có tốc độ tăng độ nhót chậm hơn trong quá trình tạo mầm và có độ nhót tối thiểu thấp hơn trong phần dốc. Các trị số độ vênh cho các trường hợp này là như sau: $C > A > B$, (được thể hiện trên Fig.44C, Fig.44A, và Fig.44B, theo cách tương ứng). Độ nhót tối thiểu thấp hơn sẽ sinh ra độ vênh uốn mép nhót lớn hơn. Nói cách khác, việc tăng độ nhót tối thiểu là có lợi cho việc làm giảm độ vênh uốn mép.

Các hình vẽ từ Fig. 45A đến Fig.45C thể hiện độ vênh cho ba chu kỳ gồm hóa tương ứng với $\pm 10^\circ\text{C}$ nhiệt độ tạo mầm và nhiệt độ phát triển. Chu kỳ A được thực hiện tại nhiệt độ tạo mầm 560°C trong 4 giờ, nhiệt độ phát triển 730°C trong 1 giờ (được thể hiện trên Fig.45A), chu kỳ D được thực hiện tại nhiệt độ tạo mầm 570°C trong 4 giờ, nhiệt độ phát triển 740°C trong 1 giờ (được thể hiện trên Fig.45B), chu kỳ E được thực hiện tại nhiệt độ tạo mầm 580°C trong 4 giờ, nhiệt độ phát triển 750°C cho 1 giờ (được thể hiện trên Fig.45C). Các trị số độ vênh cho các trường hợp này là như sau: $E < D < A$. Một lần nữa nó thể hiện cùng một xu hướng là việc tăng độ nhót tối thiểu sẽ làm giảm độ vênh uốn mép. Trong chu kỳ E, trong đó độ nhót tối thiểu trong suốt phần dốc được giữ ở bên trên độ nhót log 11,0 poa, độ vênh được tạo thành là rất nhỏ, như $< 1\ \mu\text{m}$.

Khi mục đích là để gồm hóa mẫu thủy tinh phẳng với độ vênh tối thiểu, chu kỳ E sẽ được ưu tiên, theo một số phương án thực hiện, hơn so với các chu kỳ khác, do trị số của độ nhót tối thiểu là thấp trong suốt phần dốc phát triển. Chú ý rằng độ nhót thấp hơn cho chu kỳ E trong suốt pha tạo mầm là ít gây ra việc uốn mép do ΔT thấp hơn trong suốt các chu kỳ giữ nhiệt độ được (so sánh với các chu kỳ dốc của nhiệt độ).

Nói chung, các chu kỳ sinh ra “độ nhót tối thiểu” cao hơn trong suốt giai đoạn “phần dốc tới việc phát triển”—trong đó ΔT cao nhất được quan sát—có thể được ưu tiên, theo một số phương án thực hiện, để tối thiểu hóa độ vênh được kết hợp với việc uốn mép. Nó có thể được đề cập tới như là “độ nhót tối thiểu” trong suốt giai đoạn dốc, và việc mô hình hóa có thể được sử dụng để dự đoán tác động của trị số tối thiểu so với độ vênh cuối cùng như là công cụ quét.

Bên cạnh việc tăng của độ nhót tối thiểu cục bộ để làm giảm độ vênh uốn mép, cũng có thể áp dụng một số lực dẫn khối lượng để tăng ngưỡng uốn mép. Trong cấu hình chông, có khối lượng trên đỉnh của chông là đủ để ngăn việc uốn mép của mảnh thủy tinh ở trên nhất, đảm bảo rằng các lớp bên dưới cũng không uốn mép.

Do một phần được đặt nằm ngang trên vật liệu của cơ cấu định vị, trên trọng lượng có thể sinh ra độ vênh, bên cạnh độ vênh được tạo ra từ việc uốn mép nhót, nếu cơ cấu định vị là không phẳng. Phân tích việc vồng nhót được thể hiện trên Fig.46. Trong vùng đường kính 30 mm, tại độ nhót log 11,0 poa và 0,5 giờ, việc vồng nhót sẽ đạt tới khoảng 100 μm . Fig.46 đề xuất diện tích lớn hơn (>đường kính 30 mm) / độ nhót thấp hơn (độ nhót log < 11 poa) / khoảng thời gian dài hơn (> 0,5 giờ) sẽ sinh ra độ vồng nhót > 100 μm . Nếu cơ cấu định vị có độ phẳng tốt hơn 100 μm , thì thủy tinh sẽ vồng và tuân theo cơ cấu định vị tại các điều kiện này. Nếu cơ cấu định vị có độ phẳng lớn hơn 100 μm , việc vồng do nhót cũng sẽ lớn hơn 100 μm . Do đó cơ cấu định vị cần phải phẳng (ví dụ, nhỏ hơn hoặc bằng với 100 micron) cho độ vênh được gây ra bởi trọng lực, tối thiểu.

Khi mục đích là để tạo thủy tinh thành các hình dạng 3D, thì sau đó các chu kỳ với các độ nhót nhỏ hơn sẽ được ưu tiên, theo một số phương án thực hiện, và việc áp dụng của áp suất tạo hình sẽ trùng với các chu kỳ của các độ nhót thấp trong suốt chu kỳ này. Việc tạo hình 3D có thể được thực hiện trước khi tạo mầm, trong khi tạo mầm, trong suốt việc dốc từ tạo mầm tới phát triển, và trong một số trường hợp là trong suốt giai đoạn giữ việc phát triển. Lựa chọn đúng có thể phụ thuộc vào nhiều yếu tố, như dạng hình học 3D cần được tạo thành, các độ nhót trong suốt từng giai đoạn (vốn phụ thuộc vào nhiệt độ, thời gian và các tốc độ dốc), và độ vênh. Ví dụ, do việc gồm hóa 3D tạo thành thủy tinh có thể dẫn tới độ vênh đáng kể, tạo thành thủy tinh được tạo mầm từ trước có thể là các phương tiện để làm giảm độ vênh sau gồm hóa cuối cùng của vật phẩm 3D.

Khi việc tạo hình 3D được thực hiện trong suốt quá trình giữ tạo mầm, chu kỳ E (được mô tả ở trên với tham khảo tới các hình vẽ từ Fig. 45A đến Fig.45C) có thể được ưu tiên, theo một số phương án thực hiện, hơn các chu kỳ A và D do nó có độ nhót thấp hơn các chu kỳ khác trong khoảng 100 phút khởi đầu tại lúc bắt đầu việc giữ tạo

mầm. Các kết quả của Fig.46 thể hiện rằng với đường cong E, độ nhót là đủ thấp để tạo ra việc vồng vài milimet dưới trọng lực trong 60 phút. Do đó nhiều hình dạng 3D có thể được tạo thành dưới các điều kiện này với việc trợ giúp của áp suất tạo hình bổ sung trong suốt giai đoạn giữ tạo mầm. Trong trường hợp của việc tạo hình một khuôn, áp suất này có thể ở dạng của chân không một phần hoặc toàn bộ trên một phía của khuôn, hoặc áp suất khí dương (thường là N_2 hoặc không khí) trên phía cạnh của khuôn tạo hình. Trong trường hợp của việc ép hai (nhiều) khuôn, áp suất được áp dụng từ cả hai phía.

Theo cách khác, theo các phương án thực hiện, việc tạo hình 3D có thể được thực hiện một cách hoàn toàn trong giai đoạn tạo mầm tới dốc phát triển. Trong trường hợp này, chu kỳ A sẽ được ưu tiên, theo một số phương án thực hiện, hơn so với các chu kỳ D và E. Trong trường hợp đó, rủi ro uốn mép vẫn được quản lý do lực cưỡng bức áp suất tiếp xúc/tạo hình khuôn.

Các chu kỳ mới cũng có thể được biết tới cho việc tạo hình trong suốt quá trình tạo mầm. Như là một ví dụ, nhiệt độ tạo mầm có thể còn được tăng tiếp, như tới 590°C , 600°C , hoặc thậm chí 610°C trong suốt phần thứ nhất của chu kỳ, được giữ trong thời gian vừa đủ cho việc tạo hình 3D được hoàn thành, sau đó được giảm trong phần còn lại của chu kỳ (với khoảng thời gian được thu ngắn của việc giữ tạo mầm, nếu cần) sao cho hàm lượng tinh thể cuối cùng tại kết thúc của chu kỳ giữ không đổi như cho chu kỳ cơ sở A. Các nhiệt độ cao hơn sẽ tạo các độ nhót ban đầu thấp hơn và cho phép tạo thành nhiều hình dạng thách thức hơn trong lượng thời gian ngắn hơn. Việc có cùng một hàm lượng tinh thể như là trường hợp cơ sở có nghĩa là, bên cạnh việc có phân bố các hình dạng mong muốn mà độ nhót thấp của đường cong A trong suốt phần dốc tới phát triển có thể được lặp lại tạo ra cơ hội khác để hoàn thành việc tạo hình 3D.

Việc tạo hình 3D và việc gôm hóa có thể được thực hiện trong cùng một chu kỳ hoặc trong nhiều chu kỳ. Ví dụ, theo một phương án thực hiện, tiền chất thủy tinh có thể được tạo thành thành hình dạng 3D và sau đó chu kỳ tách có thể được sử dụng để gôm hóa vật phẩm 3D. Theo phương án thực hiện khác, phôi thủy tinh có thể “được tạo mầm từ trước” một phần hoặc toàn bộ trong chu kỳ thứ nhất, sau đó được tạo hình

3D trong chu kỳ thứ hai, và sau đó việc gôm hóa có thể được hoàn thành trong hoặc là chu kỳ thứ hai hoặc là chu kỳ thứ ba, tách biệt. Do việc tạo hình 3D có thể chỉ được thực hiện một vật phẩm thủy tinh tại một thời điểm, nên việc tạo mầm từ trước phôi thủy tinh — so với việc tạo mầm và việc tạo hình 3D trong cùng các chu kỳ — có thể tăng năng suất bằng cách cho phép thực hiện các cấu hình được chồng trong việc tạo mầm.

Nhiệt độ dốc tới phát triển là lựa chọn tự nhiên cho việc tạo hình 3D khi phôi thủy tinh được tạo mầm từ trước một cách hoàn toàn. Như được tuyên bố ở trên, chu kỳ A có thể được ưu tiên, theo một số phương án thực hiện, hơn so với các chu kỳ D hoặc E trong trường hợp này, do độ nhót thấp hơn trong suốt quá trình dốc tới phát triển. Khi thủy tinh được tạo mầm từ trước chỉ một phần, thì việc tạo hình 3D có thể được thực hiện hoặc là trong suốt quá trình tạo mầm, hoặc là trong suốt dốc tới phát triển, hoặc một phần trong suốt việc tạo mầm và một phần trong suốt phần dốc tới phát triển.

Để ngăn độ vênh của vật phẩm 3D trong suốt chu kỳ gôm hóa, việc gôm hóa có thể được thực hiện trên khuôn (một mảnh, hai mảnh, hoặc ba mảnh), các gradien nhiệt độ nên được giữ thấp (ví dụ bằng cách sử dụng các khuôn có vật liệu có khả năng dẫn nhiệt cao như graphit hoặc SiC) và tải nên được áp dụng để ép vật phẩm 3D vẫn bám theo khuôn trong quá trình gôm hóa.

Như được bộc lộ ở trên, việc điều khiển chính xác của vật phẩm thủy tinh nhiệt độ được yêu cầu để đạt được vật phẩm thủy tinh-gôm mong muốn. Theo đó, sự đồng đều về nhiệt nằm trong thiết bị gia nhiệt, như, ví dụ, lò ủ kính hoặc lò, và nằm trong chồng thủy tinh là thuộc tính quan trọng của quy trình, theo các phương án thực hiện. Ví dụ, theo các phương án thực hiện, nhiệt độ được tạo ra cho chồng thay đổi bởi lượng nhỏ hơn hoặc bằng với $\pm 8^{\circ}\text{C}$, như nhỏ hơn hoặc bằng với $\pm 7^{\circ}\text{C}$, nhỏ hơn hoặc bằng với $\pm 6^{\circ}\text{C}$, nhỏ hơn hoặc bằng với $\pm 5^{\circ}\text{C}$, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng với $\pm 4^{\circ}\text{C}$, trong đó nhiệt độ được đo trên tự bản thân các tấm thủy tinh.

Để đạt được sự đồng đều về nhiệt được mô tả ở trên, việc lập bản đồ nhiệt được thực hiện trên buồng bên trong của thiết bị gia nhiệt trống trước khi chèn vào các bộ phận cố định (như bộ phận mang, các cơ cấu định vị, và chồng thủy tinh) vào trong

thiết bị gia nhiệt. Việc lập bản đồ nhiệt của buồng thiết bị gia nhiệt trống được thực hiện để xác định không gian gia nhiệt có thể sử dụng được nằm trong buồng thiết bị gia nhiệt bằng cách xác định không gian có thể duy trì sự đồng đều về nhiệt nằm trong dung sai mong muốn. Ví dụ, các phần của buồng thiết bị gia nhiệt có thể không duy trì sự đồng đều về nhiệt nhỏ hơn hoặc bằng với $\pm 8^{\circ}\text{C}$ từ nhiệt độ chu kỳ được lập trình, sẽ được loại trừ khỏi không gian gia nhiệt mà trong đó các chồng thủy tinh có thể được đặt. Sau việc lập bản đồ buồng thiết bị gia nhiệt trống để xác định không gian gia nhiệt có thể sử dụng được, các phần cố định được đặt vào trong không gian gia nhiệt hiện đã được xác định và sự đồng đều về nhiệt với các chồng thủy tinh được đo để xác định xem liệu các tấm thủy tinh nằm trong chồng thủy tinh đã cho có thể được duy trì nằm trong dung sai nhiệt độ mong muốn của nhiệt độ chu kỳ được lập trình. Khi sự đồng đều về nhiệt được xác định, các chồng thủy tinh có thể được đặt cấu hình và được đặt vào trong không gian gia nhiệt theo cách để thu được lợi ích của việc đo sự đồng đều về nhiệt đã thu được.

Các phương pháp để xác định sự đồng đều về nhiệt nằm trong buồng bên trong của thiết bị gia nhiệt hiện sẽ được mô tả với tham khảo tới Fig.47A và Fig.47B. Việc đặt của các thiết bị đo (như, ví dụ, các cặp nhiệt) nằm trong buồng của thiết bị gia nhiệt, theo các phương án thực hiện, nên tính đến thiết kế của thiết bị gia nhiệt, như, ví dụ, các thành, các cửa, các thành phần gia nhiệt, các phần thông khí, v.v. của buồng của thiết bị gia nhiệt. Các thiết bị đo nên được đặt trong các vị trí tách khỏi các thành phần thiết kế sao cho bất đồng đều về nhiệt bất kỳ, được gây ra bởi các thành phần thiết kế này sẽ được cải thiện trong suốt quá trình xử lý lập bản đồ nhiệt. Thêm vào đó, các thiết bị đo nên được đặt trong buồng của thiết bị gia nhiệt theo cách mà sự đồng đều về nhiệt của toàn bộ không gian gia nhiệt có thể được xác định. Ví dụ, các thiết bị đo nên được đặt trong các số đo buồng thiết bị gia nhiệt such được đặt tại nhiều vị trí khác nhau nằm trong buồng của thiết bị gia nhiệt để tối thiểu hóa “các điểm chết” bất kỳ hoặc các vị trí mà không có việc đo nào ở trong đó.

Fig.47A và Fig.47B thể hiện việc đặt nằm ngang và thẳng đứng, theo cách tương ứng, của các thiết bị đo nằm trong buồng của thiết bị gia nhiệt. Ban đầu, không gian gia nhiệt được mong đợi 310 (được chỉ thị bởi không gian nằm trong các đường đứt

trên Fig.47A và Fig.47B) được xấp xỉ tính đến các thành phần thiết kế của buồng của thiết bị gia nhiệt. Như được thể hiện trên Fig.47A và Fig.47B, không gian gia nhiệt được mong đợi 310 được chọn sao cho có không gian giữa các thành đỉnh, đáy, và các thành bên của buồng của thiết bị gia nhiệt. Fig.47A thể hiện việc đặt nằm ngang (tức là, nhìn từ đỉnh hoặc đáy của buồng của thiết bị gia nhiệt) của các thiết bị đo theo các phương án thực hiện. Như được thể hiện trên Fig.47A có mười lăm thiết bị đo (các thành phần 1-15) được đặt trong cấu hình được tạo không gian trong từng mặt cắt nằm ngang của buồng của thiết bị gia nhiệt. Việc đặt nằm ngang của các thiết bị đo 1-15 trong buồng của thiết bị gia nhiệt theo phương án thực hiện được mô tả trên Fig.47A sẽ được mong đợi là tạo ra việc lập bản đồ nhiệt tương xứng của không gian nằm ngang của buồng của thiết bị gia nhiệt. Tuy nhiên, cần hiểu rằng các cấu hình nằm ngang khác của các thiết bị đo có thể được sử dụng theo các phương án thực hiện thay thế.

Theo cách tương tự, Fig.47B thể hiện việc đặt thẳng đứng (tức là, hình chiếu cạnh) của các thiết bị đo trong buồng của thiết bị gia nhiệt. Như được thể hiện trên Fig.47A, ba hàng các thiết bị đo—đỉnh, ở giữa, và đáy được thể hiện theo cách tương ứng bởi “T”, “M”, và “B” trên Fig.47B—được đặt vào trong buồng của thiết bị gia nhiệt trong cấu hình được tạo không gian. Việc đặt thẳng đứng của các thiết bị đo trong các hàng đỉnh, giữa, và đáy nằm trong buồng của thiết bị gia nhiệt theo phương án thực hiện được mô tả trên Fig.47B sẽ được mong đợi là tạo ra việc lập bản đồ nhiệt tương xứng của không gian thẳng đứng của buồng của thiết bị gia nhiệt. Tuy nhiên, cần hiểu rằng các cấu hình nằm ngang khác của các thiết bị đo có thể được sử dụng theo các phương án thực hiện thay thế. Khi được nhìn cùng nhau, Fig.47A và Fig.47B thể hiện 45 thiết bị đo (ba hàng - đỉnh, ở giữa, và đáy — của mười lăm thiết bị đo) trong cấu hình được tạo không gian sẽ được mong đợi để ánh xạ một cách tương xứng các tính chất nhiệt của không gian gia nhiệt được mong đợi 310. Tuy nhiên, cần hiểu rằng các cấu hình khác của các thiết bị đo có thể được sử dụng trong các phương án thực hiện thay thế.

Theo các phương án thực hiện, các thiết bị đo được sắp xếp tại chỗ tối thiểu của từng góc, tất cả các đường trung tâm, và tất cả tâm của các điểm thể tích nằm trong

không gian gia nhiệt được mong đợi. Nếu các thành phần thiết kết không đồng đều về nhiệt có mặt, thì các thiết bị đo bổ sung có thể được đặt gần các thành phần này để lập bản đồ tác dụng của các thành phần này trên sự đồng đều về nhiệt và để xác định độ gần gũi mà không gian gia nhiệt có thể đi tới các thành phần thiết kế không đồng đều về nhiệt này. Việc đặt thẳng đứng của các thiết bị đo sẽ cân nhắc tới, và sẽ, theo các phương án thực hiện, quy định chiều cao của các chồng thủy tinh và/hoặc các phần cố định có thể được đặt nằm trong buồng của thiết bị gia nhiệt. Nếu bề mặt đỉnh hoặc đáy của buồng của thiết bị gia nhiệt được gia nhiệt hoặc các thiết bị đo liền kề, không được gia nhiệt sẽ xem xét các vị trí thành phần bộ gia nhiệt và bề mặt không phẳng khác có thể được đảo lộn và làm gián đoạn đáp ứng nhiệt của thiết bị đo. Khoảng giãn cách thẳng đứng của buồng trống của thiết bị gia nhiệt, theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, là mọi 25 mm từ đáy 320 của buồng của thiết bị gia nhiệt tới khoảng cách là ở giữa 50 và 100 mm từ đỉnh 330 của buồng của thiết bị gia nhiệt.

Khi các thiết bị đo được đặt vào trong buồng trống của thiết bị gia nhiệt, thì chu kỳ gia nhiệt được thực hiện. Theo các phương án thực hiện, chu kỳ gia nhiệt có thể chứa cùng các điều kiện gia nhiệt như là chu kỳ để gồm hóa các vật phẩm thủy tinh. Trong suốt chu kỳ gia nhiệt này, các thiết bị đo theo chu kỳ hoặc đo nhiệt độ tại các vị trí tương ứng của nó nằm trong buồng của thiết bị gia nhiệt theo cách không đổi. Các nhiệt độ được đo bằng các thiết bị đo sau đó có thể được phân tích và so sánh để xác định xem liệu có một hoặc nhiều vị trí nằm trong buồng của thiết bị gia nhiệt không có nằm trong dung sai mong muốn, như, ví dụ $\pm 8^{\circ}\text{C}$, của nhiệt độ chu kỳ được lập trình. Nếu một hoặc nhiều vị trí của buồng của thiết bị gia nhiệt không nằm trong dung sai mong muốn, thì các vị trí của buồng của thiết bị gia nhiệt sẽ được loại trừ khỏi không gian gia nhiệt vốn có thể được sử dụng trong chu kỳ gồm hóa. Theo các phương án thực hiện, nếu một hoặc nhiều vị trí của buồng của thiết bị gia nhiệt không nằm trong dung sai mong muốn thì việc lập bản đồ nhiệt bổ sung có thể được thực hiện bằng cách dịch chuyển các thiết bị đo để loại trừ các vị trí nằm trong buồng của thiết bị gia nhiệt không nằm trong dung sai mong muốn này và chạy một hoặc nhiều chu kỳ gia nhiệt bổ sung. Quy trình này có thể được lặp lại số lần bất kỳ để xác định không

gian gia nhiệt nằm trong buồng của thiết bị gia nhiệt mà có thể được giữ nằm trong các dung sai mong muốn.

Khi các thiết bị đo là ở trong các vị trí sao cho tất cả các vị trí được đo của buồng của thiết bị gia nhiệt nằm trong dung sai mong muốn, thì không gian nằm trong buồng của thiết bị gia nhiệt được định nghĩa bởi các thiết bị đo sẽ được coi là không gian gia nhiệt. Theo các phương án thực hiện, khi không gian gia nhiệt đã được xác định, thì các chồng thủy tinh và các phần cố định (như, ví dụ, các bộ phận mang) có thể được thiết kế và/hoặc được đặt cấu hình sao cho cùng khớp trong không gian gia nhiệt. Các chồng thủy tinh và các phần cố định sau đó được nạp vào trong không gian gia nhiệt nằm trong buồng của thiết bị gia nhiệt, và các thiết bị đo trong tâm của không gian gia nhiệt được loại bỏ để chứa các phần cố định. Chu kỳ gia nhiệt nghĩa là, theo các phương án thực hiện, giống như chu kỳ gia nhiệt được sử dụng để xác định không gian gia nhiệt được thực hiện để xác định tác dụng mà các phần cố định có trên sự đồng đều về nhiệt nằm trong không gian gia nhiệt. Các điều chỉnh có thể được tạo ra cho biên dạng nhiệt đã được lập trình để chứa tác dụng của các phần cố định và các chồng thủy tinh.

Theo các phương án thực hiện, sau khi không gian gia nhiệt nằm trong buồng của thiết bị gia nhiệt và tác dụng của các chồng thủy tinh và các phần cố định trên đáp ứng nhiệt đã được xác định, thì sự đồng đều về nhiệt nằm trong các chồng thủy tinh có thể được tìm thấy bằng cách đặt các thiết bị đo vào trong các chồng thủy tinh, và loại bỏ các thiết bị đo bất kỳ được sử dụng để trong các bước trước đó để xác định không gian gia nhiệt và tác dụng của các chồng thủy tinh và các phần cố định trên tính đáp ứng nhiệt.

Việc đặt thiết bị đo nằm trong chồng thủy tinh là quan trọng để tạo ra dữ liệu tin cậy và lặp lại, theo các phương án thực hiện. Khả năng dẫn nhiệt của chủ tinh nên được xem xét cho từng lớp, do đó chỉ có một tấm thủy tinh giữa cơ cấu định vị và thiết bị đo sẽ tạo đủ đặc trưng nhiệt của các tấm thủy tinh và sẽ thu được tác dụng nhiệt của cơ cấu định vị trên chồng. Theo đó, số thiết bị đo được chứa trong chồng thủy tinh sẽ thay đổi theo các phương án thực hiện theo các kích thước vật lý của chồng thủy tinh và chi tiết mong muốn của việc lập bản đồ nhiệt. Ví dụ, theo một hoặc nhiều phương

án thực hiện, chín thiết bị đo có thể được đặt trong chồng trong đó ba thiết bị đo được đặt dọc theo đường trung tâm của tấm thủy tinh là bên dưới cơ cấu định vị đỉnh; ba thiết bị đo được đặt dọc theo đường trung tâm của tấm thủy tinh là trong tâm hình học của chồng thủy tinh; và ba thiết bị đo được đặt dọc theo đường trung tâm của tấm thủy tinh là một tấm ở bên trên cơ cấu định vị đáy. Đường trung tâm, như được sử dụng trong ví dụ này, là đường được vẽ dọc theo chiều dài ngang qua tấm thủy tinh về cơ bản là song song với hai gờ của tấm thủy tinh và về cơ bản là vuông góc với hai gờ của tấm thủy tinh và giao cắt với tâm hình học của tấm thủy tinh. Cần hiểu rằng “về cơ bản là song song” và “về cơ bản là vuông góc với” như được sử dụng ở đây có nghĩa là đường trung tâm là song song hoặc vuông góc, theo cách tương ứng, với các gờ này, có xem xét tới các bất thường của các gờ do việc sản xuất. Theo phương án thực hiện được bộc lộ ở trên trong đó ba thiết bị đo được đặt dọc theo đường trung tâm của tấm thủy tinh, thiết bị đo (như, ví dụ, cặp nhiệt) được đặt trên đường trung tâm gần cạnh trái của tấm thủy tinh, thiết bị đo được đặt tại tâm hình học của tấm thủy tinh, và thiết bị đo được đặt dọc theo đường trung tâm của tấm thủy tinh gần cạnh phải của tấm thủy tinh. Cấu hình này được tuân theo cho tất cả ba tấm thủy tinh được xem xét. Lớp ở giữa của chồng thường tạo ra tham khảo trung vị của toàn bộ chồng. Cần hiểu rằng cấu hình được bộc lộ ở trên của các thiết bị đo chỉ là ví dụ và các cấu hình khác có thể được sử dụng theo các phương án thực hiện phụ thuộc vào sự cụ thể mong muốn của việc lập bản đồ nhiệt được mong muốn. Ví dụ, theo các phương án thực hiện trong đó sự đồng đều về nhiệt được điều khiển một cách chặt chẽ, nhiều thiết bị đo sẽ được đặt trên từng tấm thủy tinh để thu được việc lập bản đồ nhiệt chi tiết hơn. Số bất kỳ các thiết bị đo có thể được sử dụng trong chồng thủy tinh miễn là số các thiết bị đo về cơ bản không ảnh hưởng với biên dạng nhiệt của các tấm thủy tinh. Tất cả các lớp của các việc đo sau đó có thể được đo để hiểu biên dạng nhiệt của thủy tinh đáp ứng với biên dạng nhiệt như được lập trình, như được thảo luận chi tiết hơn bên dưới.

Fig.48 thể hiện khác biệt nhiệt độ thủy tinh của chồng ($\square T$) giữa đỉnh (*tức là*, tấm thủy tinh bên dưới cơ cấu định vị đỉnh), ở giữa (*tức là*, tấm thủy tinh tại tâm hình học của chồng thủy tinh), và đáy (*tức là*, tấm thủy tinh bên trên cơ cấu định vị đáy) của chồng thủy tinh như được đo bởi thiết bị đo được định vị tại hoặc gần tâm hình

học của tấm thủy tinh tương ứng. Đồ thị này có thể được sử dụng để hiểu độ lớn và vị trí của các độ lệch nhiệt độ. Fig.48 thể hiện nhiệt độ của chõng thủy tinh có 18 các tấm thủy tinh và ba cơ cấu định vị được phân tán nằm trong chõng sao cho có sáu tấm thủy tinh giữa hai cơ cấu định vị tương ứng. Như được thể hiện trên Fig.48, tấm thủy tinh đặt gần đáy của chõng thủy tinh có nhiệt độ thấp hơn cả tấm thủy tinh được đặt gần phần giữa của chõng thủy tinh và tấm thủy tinh được đặt gần đỉnh của chõng thủy tinh. Việc xác định này trở nên hoàn chỉnh do khả năng thay đổi việc đo lường học sau gồm hóa của các thuộc tính được mong đợi, như màu sắc, độ mờ đục, ứng suất, việc tập hợp pha, v.v. có thể bị tác động bởi thời gian và nhiệt độ mà tại đó vật phẩm thủy tinh được gồm hóa. Theo đó, việc hiểu và điều khiển vi phân nhiệt độ giữa các tấm thủy tinh trong chõng thủy tinh có tác động lên các tính chất cuối cùng của vật phẩm thủy tinh-gốm.

Khác biệt nhiệt độ từ biên dạng nhiệt được mong đợi là, theo các phương án thực hiện, được đo và được phân tích trong cả hai mặt phẳng thẳng đứng và nằm ngang. ΔT thẳng đứng thường bị tác động bởi việc chọn vật liệu cơ cấu định vị, chiều cao chõng thủy tinh, và các tốc độ gia nhiệt và tốc độ làm nguội của thiết bị xử lý. ΔT nằm ngang thường bị tác động bởi tính không đồng đều của thiết bị xử lý, việc đặt của chõng thủy tinh nằm trong không gian gia nhiệt, và thiết kế gia nhiệt (cách nhiệt được hướng tới chõng thủy tinh). Việc điều khiển ΔT nằm trong chõng là quan trọng để thu được sự không đồng đều của các tấm thủy tinh tại năng suất cao, theo các phương án thực hiện. Cần hiểu rằng các dung sai cho ΔT sẽ thay đổi phụ thuộc vào hợp phần thủy tinh cũng như các thuộc tính mong muốn của vật phẩm thủy tinh-gốm cuối cùng.

Theo các phương án thực hiện trong đó vật phẩm thủy tinh có hợp phần thủy tinh như được bộc lộ và được mô tả ở đây ΔT nằm trong chõng thủy tinh có thể được duy trì nằm trong $\pm 5^{\circ}\text{C}$ của biên dạng nhiệt độ được lập trình trong suốt các giai đoạn giữ đẳng nhiệt (còn được đề cập tới như là “ngâm”) của quy trình gồm hóa (*tức là*, các giai đoạn tương ứng với giai đoạn tạo mầm và giai đoạn phát triển). Khi ΔT là ở bên ngoài dung sai này trong việc giữ đẳng nhiệt trong suốt các giai đoạn và giai đoạn phát triển, các tấm thủy tinh-gốm khác nhau từ quy trình gồm hóa tạo thành có thể có các thuộc tính không mong muốn, như độ vênh, độ cung, độ mờ đục, v.v. Fig.49 thể hiện

các kết quả từ chông thủy tinh bao gồm mười tám thiết bị đo. Trên Fig.49, thời gian trục x được đo theo giây, trục y bên phải là ΔT theo $^{\circ}\text{C}$, và trục y bên trái là nhiệt độ của các tấm thủy tinh theo $^{\circ}\text{C}$. Việc nhóm chặt của các đường được vẽ thể hiện nhiệt độ của tấm thủy tinh (tương ứng với trục y bên trái), và việc nhóm rộng hơn của các đường được vẽ thể hiện ΔT của các tấm thủy tinh (tương ứng với trục y bên phải). Như được thể hiện trên Fig.49, trong suốt chu kỳ dốc thứ nhất mà trong đó chông thủy tinh được gia nhiệt từ môi trường bao quanh tới khoảng 570°C , ΔT — như được đo từ nhiệt độ gốm hóa được lập trình— cho một số tấm thủy tinh nằm trong chông thủy tinh là quá 40°C . Tuy nhiên, sau chu kỳ dốc được hoàn thành và việc giữ đẳng nhiệt bắt đầu, ΔT của các tấm thủy tinh sụt và được duy trì tại hoặc bên dưới $\pm 5^{\circ}\text{C}$ trong suốt việc giữ đẳng nhiệt. Theo các phương án thực hiện, chu kỳ gốm hóa được điều chỉnh dựa trên các số đo ΔT thu được.

Ví dụ, mong muốn là, theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, cho khoảng thời gian của việc giữ đẳng nhiệt được lập trình để được thực hiện trong đó ΔT là nằm trong $\pm 5^{\circ}\text{C}$. Như được thể hiện trên Fig.49, việc giữ đẳng nhiệt tại khoảng 570°C bắt đầu trước ΔT của chông thủy tinh là nằm trong $\pm 5^{\circ}\text{C}$ của chu kỳ gốm hóa được lập trình. Do đó, việc giữ đẳng nhiệt được lập trình có thể được mở rộng sao cho khoảng thời gian gốc của việc giữ đẳng nhiệt được thực hiện, trong đó ΔT là nằm trong $\pm 5^{\circ}\text{C}$. Như là một ví dụ không làm hạn chế, nếu việc giữ đẳng nhiệt tại khoảng 570°C được lập trình từ đầu để có khoảng thời gian là 4 giờ, thì mong muốn để giữ chông thủy tinh tại ΔT nằm trong $\pm 5^{\circ}\text{C}$ cho khoảng thời gian 4 giờ (tức là, khớp với khoảng thời gian giữ đẳng nhiệt được lập trình từ đầu). Để đạt được điều này, việc giữ đẳng nhiệt có thể được mở rộng vượt quá 4 giờ để chịu trách nhiệm cho thời gian mà nó cần để chông thủy tinh đạt tới ΔT nằm trong $\pm 5^{\circ}\text{C}$. Lượng thời gian mà việc giữ đẳng nhiệt được điều chỉnh có thể được xác định sử dụng dữ liệu được thu thập theo cách như được thể hiện trên Fig.49 và việc xác định lượng thời gian mà nó cần cho ΔT của toàn bộ chông thủy tinh để nằm trong $\pm 5^{\circ}\text{C}$. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, khoảng thời gian của việc giữ đẳng nhiệt trong suốt giai đoạn tạo mầm có thể được điều chỉnh bởi + 10%, như + 9%, + 8%, + 7%, + 6%, + 5%, + 4%, + 3%, + 2%, hoặc + 1%.

Tương tự như phần mô tả nêu trên, Fig.49 chỉ ra rằng ΔT trong suốt chu kỳ dốc là khoảng 570°C tới khoảng 750°C vượt quá $\pm 5^{\circ}\text{C}$ và có thể đạt tới hơn 20°C trong các tấm thủy tinh cụ thể nằm trong chồng thủy tinh. Tuy nhiên, như trường hợp tại việc giữ đẳng nhiệt trong suốt giai đoạn tạo mầm tại khoảng 570°C , ΔT quay lại để nằm trong $\pm 5^{\circ}\text{C}$ sau một số thời gian tại việc giữ đẳng nhiệt tại khoảng 750°C trong suốt giai đoạn phát triển. Như là trường hợp với việc giữ đẳng nhiệt tại khoảng 570°C , theo các phương án thực hiện, mong muốn là để duy trì các chồng thủy tinh tại ΔT nằm trong $\pm 5^{\circ}\text{C}$ cho quãng thời gian chương trình gốc của việc giữ đẳng nhiệt trong suốt giai đoạn phát triển. Do đó, khoảng thời gian của giai đoạn phát triển việc giữ đẳng nhiệt có thể được điều chỉnh như được mô tả ở trên sao cho chồng thủy tinh được duy trì tại ΔT nằm trong $\pm 5^{\circ}\text{C}$ cho khoảng thời gian được lập trình gốc của giai đoạn phát triển việc giữ đẳng nhiệt. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, khoảng thời gian của việc giữ đẳng nhiệt trong suốt giai đoạn phát triển có thể được điều chỉnh bởi + 10%, như + 9%, + 8%, + 7%, + 6%, + 5%, + 4%, + 3%, + 2%, hoặc + 1%.

Fig.50 biểu diễn góc nhìn chi tiết tại đáp ứng nhiệt của chồng thủy tinh theo các phương án thực hiện. Các khác biệt trong nhiệt độ của các tấm riêng rẽ trong chồng thủy tinh trong suốt các chu kỳ dốc và chu kỳ làm nguội khác nhau được thể hiện trong các hình được mở rộng nằm trong đồ thị của Fig.50. Thông tin này giúp hiểu cách chồng thủy tinh đang đáp ứng nhiệt với biên dạng gia nhiệt như được lập trình. Các độ lệch của nhiệt độ được đo của các tấm thủy tinh từ biên dạng gia nhiệt như được lập trình trong suốt quá trình chuyển tiếp có thể hoặc không có thể tác động lên thuộc tính thủy tinh, nhưng nó có thể hạn chế quy trình nếu thiết bị xử lý nhiệt đang vận hành tại hoặc gần 100% công suất đầu ra để đạt được biên dạng nhiệt mong muốn. Dữ liệu này có thể được sử dụng để tinh chỉnh các biên dạng nhiệt để cải thiện hoặc duy trì các thuộc tính của vật phẩm thủy tinh-gốm cuối cùng.

Các biên dạng nhiệt độ nằm trong buồng của thiết bị gia nhiệt và nằm trong chồng thủy tinh cung cấp thông tin quan trọng có thể được sử dụng, theo các phương án thực hiện khác nhau, để biến đổi biên dạng gia nhiệt đã được lập trình trong suốt chu kỳ gốm hóa. Theo một số phương án thực hiện, các việc biến đổi cho biên dạng gia nhiệt đã được lập trình sẽ cải thiện các tính chất của các vật phẩm thủy tinh-gốm

cuối cùng, như, ví dụ, độ vênh, độ cung, độ mờ đục, độ trong, v.v. tuy nhiên, theo các phương án thực hiện khác, các biến đổi này cho chu kỳ gia nhiệt đã được lập trình có thể không tác động lên các thuộc tính của vật phẩm thủy tinh-gốm cuối cùng, nhưng có thể cải thiện năng suất của việc xử lý gốm hóa. Tuy nhiên, theo các phương án thực hiện khác, không nhất thiết phải biến đổi chu kỳ gia nhiệt được lập trình dựa trên sự đồng đều về nhiệt độ được đo. Ví dụ, một số sản phẩm cuối cùng có các dung sai rất khắt khe, yêu cầu các vật phẩm thủy tinh rất trong, rất phẳng. Với các sản phẩm này, mong muốn là điều chỉnh được chu kỳ gia nhiệt được lập trình. Tuy nhiên, các sản phẩm cuối cùng khác có các dung sai rộng hơn cho độ trong, màu sắc, độ phẳng, và ứng suất thủy tinh. Với các sản phẩm này, không mong muốn biến đổi chu kỳ gia nhiệt được lập trình dựa trên sự đồng đều về nhiệt nằm trong chõng thủy tinh.

Như được thảo luận chi tiết ở trên, theo các phương án thực hiện, mong muốn là điều chỉnh được chu kỳ gia nhiệt được lập trình theo góc nhìn của dữ liệu đồng đều về nhiệt thu thập được. Tuy nhiên, cũng có thể điều khiển sự đồng đều về nhiệt nằm trong chõng thủy tinh. Như được đề cập ở trên ΔT thẳng đứng, có thể được điều khiển bằng cách thay đổi cấu hình chõng, vật liệu cơ cấu định vị, cấu hình cơ cấu định vị (như các lớp ở giữa chèn vào được thành từ vật liệu cơ cấu định vị giữa cơ cấu định vị đỉnh và cơ cấu định vị đáy), v.v. Cách khác là sự đồng đều về nhiệt nằm trong chõng thủy tinh có thể được điều khiển là bằng cách sử dụng việc gia nhiệt nhiều giai đoạn trong chu kỳ gốm hóa. Việc làm chậm tốc độ dốc trong các giai đoạn tạo mầm và/hoặc phát triển bằng cách sử dụng sự việc gia nhiệt nhiều giai đoạn sẽ dẫn đến sự gia nhiệt các chõng thủy tinh chậm hơn và, do đó độ đồng đều nhiệt của các tấm thủy tinh sẽ tăng. Phương án thực hiện làm ví dụ của việc gia nhiệt nhiều giai đoạn được bộc lộ bên dưới.

Sự đồng đều về nhiệt của tấm thủy tinh có thể được cải thiện bằng cách đặt các nguồn gia nhiệt (ví dụ, các bộ gia nhiệt bức xạ, các bộ gia nhiệt đối lưu, v.v.) tại nhiều mức trung gian trong suốt quá trình gia nhiệt do việc làm chậm tốc độ gia nhiệt. Tác dụng của hoạt động gia nhiệt nhiều giai đoạn này có thể được đánh giá sử dụng kiểu gia nhiệt lò ủ kính toàn bộ kích cỡ giả sử rằng dung tích với 9 chõng và 23 tấm thủy tinh trong từng chõng trên bộ phận mang đơn. Để gia nhiệt từ nhiệt độ phòng tới điều kiện tạo mầm, mẫu gia nhiệt chín giai đoạn được nghiên cứu, các mức nhiệt bộ gia

nhiệt được điều khiển trong từng giai đoạn được tổng hợp trong bảng 5. Việc giảm một cách đáng kể trong thay đổi nhiệt độ tấm thủy tinh được thể hiện trên Fig.51 khi so sánh với việc gia nhiệt giai đoạn đơn mà trong đó bộ gia nhiệt được đặt tới nhiệt độ tạo mầm là 570°C . Với việc gia nhiệt nhiều giai đoạn, tốc độ gia nhiệt được giảm và thời gian gia nhiệt dài hơn được yêu cầu để đạt được nhiệt độ tạo mầm đích. Với việc gia nhiệt chín giai đoạn như được đề cập, nó mất 180 phút để đạt tới nhiệt độ tạo mầm, trong khi việc gia nhiệt giai đoạn đơn được thực hiện trong 100 phút. Việc gia nhiệt nhiều giai đoạn có thể được tối ưu hóa để làm giảm thay đổi nhiệt bên dưới các mức mong muốn mà không thêm lượng đáng kể thời gian gia nhiệt.

Bảng 5

Giai đoạn	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nhiều giai đoạn ($^{\circ}\text{C}$)	400	450	500	500	530	530	540	560	570
Giai đoạn đơn ($^{\circ}\text{C}$)	570								

Việc thiết lập bộ gia nhiệt nhiều giai đoạn có thể được áp dụng cho việc gia nhiệt giai đoạn phát triển cũng như để làm giảm thay đổi nhiệt trên các tấm thủy tinh. Cùng một tác dụng được minh họa trên Fig.52, thể hiện thay đổi nhiệt độ tấm thủy tinh được làm giảm từ quá 40°C tới khoảng 25°C với việc thiết lập bộ gia nhiệt ba giai đoạn. Các việc thiết lập nhiệt bộ gia nhiệt thực tế cho việc gia nhiệt ba giai đoạn là 620°C , 680°C , và 740°C , trong khi bộ gia nhiệt được đặt tới mức không đổi là 740°C trong việc gia nhiệt giai đoạn đơn.

Việc duy trì khả năng thay đổi nhiệt tại các mức thấp trong suốt quá trình làm mát phát triển sau đó là điều quan trọng, theo các phương án thực hiện, để đáp ứng các yêu cầu ứng suất và độ vênh của sản phẩm thủy tinh-gốm. Bằng cách điều khiển môi trường nhiệt tới mức mà các chồng thủy tinh nóng bức xạ nhiệt ra, tốc độ làm nguội có thể được điều hòa, vốn có thể làm giảm khả năng thay đổi nhiệt của tấm thủy tinh. Trong việc vận hành lò ủ kính, nó có thể được áp dụng bằng cách đặt các bộ phận gia nhiệt tại nhiều mức trung gian trong suốt giai đoạn làm mát. Hiệu quả của việc làm mát nhiều giai đoạn được đánh giá sử dụng mô hình nhiệt lò ủ kính kích cỡ đầy đủ có khả năng sản xuất lớn. Việc giảm đáng kể trong khả năng thay đổi nhiệt độ tấm thủy tinh đạt được như được thể hiện trên Fig.53 trong so sánh với việc làm nguội giai đoạn

đơn. Việc làm nguội nhiều giai đoạn được thực hiện trong bốn giai đoạn, và các bộ gia nhiệt được điều khiển tại 665°C, 590°C, 515°C và 440°C, theo cách tương ứng. Với việc làm nguội giai đoạn đơn, bộ gia nhiệt được đặt tại 300°C. Một việc dàn xếp của việc làm nguội nhiều giai đoạn là tốc độ làm nguội là thấp hơn, hoặc thời gian dài hơn được yêu cầu để đạt được nhiệt độ ra đích. Với việc làm nguội bốn giai đoạn như được đề cập ở trên, tốc độ làm nguội trung bình là 3,3°C, thấp hơn 5,3°C của trường hợp làm nguội giai đoạn đơn.

Theo phần mô tả nêu trên, sự đồng đều về nhiệt của các chồng thủy tinh có thể được điều khiển một phần nhờ cấu hình của chồng thủy tinh, các cơ cấu định vị, và các lớp ở giữa. Hơn nữa, sự đồng đều về nhiệt của chồng thủy tinh có thể được điều khiển một phần bởi các chu kỳ gia nhiệt được sử dụng để gia nhiệt chồng thủy tinh tới các nhiệt độ tạo mầm và phát triển. Một hoặc nhiều phần trong các phần điều khiển này có thể được sử dụng trong các chu kỳ gồm hóa trong đó các dung sai cho sự đồng đều về nhiệt là nhỏ, như nó được mong muốn để điều khiển ΔT để nằm trong $\pm 5^\circ\text{C}$.

Fig.54 thể hiện chu kỳ gồm hóa thu được theo cách truyền thống (được gắn nhãn là COR) với hai bước đẳng nhiệt và tốc độ gia nhiệt tuyến tính khi so sánh với các chu kỳ AVC cho các độ nhót đích khác nhau. Như được thể hiện bởi các bước tạo mầm và phát triển chồng lần, không có bước đẳng nhiệt trong phương pháp AVC và nhiệt độ tăng tại tốc độ nhỏ chậm hơn một cách tương đối so với bước chuyển tiếp. Nó cũng giúp thu ngắn quãng thời gian gồm hóa tổng cộng.

Fig.55 thể hiện việc phát triển của mật độ cho cùng một chu kỳ COR truyền thống và các chu kỳ AVC như được thể hiện trên Fig.54. Như được mong đợi, mật độ giữ không đổi trong suốt bước tạo mầm, sao cho gradien biến dạng/chảy tối thiểu được quan sát cho tới khi các tinh thể bắt đầu phát triển. Sau đó, việc chuyển tiếp tuân theo xu hướng trơn hơn, không giống như phương pháp truyền thống trong đó hành vi không đơn điệu được quan sát, với việc giảm đột ngột trong mật độ.

Các tính chất của các vật phẩm gồm thủy tinh

Theo các phương án thực hiện, các vật phẩm gồm thủy tinh có thể được gia cường để có lớp ứng suất nén trên một hoặc nhiều bề mặt của chúng. Với tham khảo tới

Fig.56, hình chiếu cạnh cắt ngang làm ví dụ của vật phẩm thủy tinh-gốm được gia cường 100 được mô tả có bề mặt thứ nhất 102 và bề mặt thứ hai đối diện 104 được tách biệt bởi độ dày (t). Theo các phương án thực hiện, vật phẩm thủy tinh-gốm được gia cường 100 đã được trao đổi ion và có lớp ứng suất nén (CS) 106 (hoặc vùng thứ nhất) mở rộng từ bề mặt thứ nhất 102 tới độ sâu nén (depth of compression - DOC). Theo một số phương án thực hiện, như được thể hiện trên Fig.56. 1, vật phẩm thủy tinh-gốm 100 cũng có lớp ứng suất nén (CS) 108 mở rộng từ bề mặt thứ hai 104 tới độ sâu nén DOC'. Cũng có vùng độ căng trung tâm 110 dưới ứng suất căng ở giữa DOC và DOC'. Theo một số phương án thực hiện, DOC và DOC' có thể trong khoảng giới hạn từ lớn hơn $0 \cdot t$ tới $0,3 \cdot t$, $0 \cdot t$ tới $0,25 \cdot t$, $0 \cdot t$ tới $0,2 \cdot t$, $0 \cdot t$ tới $0,15 \cdot t$, $0 \cdot t$ tới $0,1 \cdot t$, $0 \cdot t$ tới $0,05 \cdot t$, $0,05 \cdot t$ tới $0,3 \cdot t$, $0,05 \cdot t$ tới $0,25 \cdot t$, $0,05 \cdot t$ tới $0,2 \cdot t$, $0,05 \cdot t$ tới $0,15 \cdot t$, $0,05 \cdot t$ tới $0,1 \cdot t$, $0,1 \cdot t$ tới $0,3 \cdot t$, $0,1 \cdot t$ tới $0,25 \cdot t$, $0,1 \cdot t$ tới $0,2 \cdot t$, $0,1 \cdot t$ tới $0,15 \cdot t$, và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa chúng, trong đó t là độ dày của vật phẩm gốm thủy tinh 100. Ví dụ, độ sâu của lớp ứng suất nén (DOC, DOC') có thể lớn hơn $0,05 \cdot t$, $0,06 \cdot t$, $0,07 \cdot t$, $0,08 \cdot t$, $0,09 \cdot t$, $0,1 \cdot t$, $0,11 \cdot t$, $0,12 \cdot t$, $0,13 \cdot t$, $0,14 \cdot t$, $0,15 \cdot t$, $0,16 \cdot t$, $0,17 \cdot t$, $0,18 \cdot t$, $0,19 \cdot t$, $0,2 \cdot t$, $0,21 \cdot t$, $0,22 \cdot t$, $0,23 \cdot t$, $0,24 \cdot t$, $0,25 \cdot t$, $0,26 \cdot t$, $0,27 \cdot t$, $0,28 \cdot t$, $0,29 \cdot t$, hoặc $0,3 \cdot t$. Theo các phương án thực hiện khác, độ sâu của lớp ứng suất nén (DOC, DOC') là trong khoảng giới hạn từ 0,05 mm tới 0,6 mm, 0,05 mm tới 0,5 mm, 0,05 mm tới 0,4 mm, 0,05 mm tới 0,3 mm, 0,05 mm tới 0,2 mm, 0,05 mm tới 0,1 mm, 0,1 mm tới 0,6 mm, 0,1 mm tới 0,5 mm, 0,1 mm tới 0,4 mm, 0,1 mm tới 0,3 mm, 0,2 mm tới 0,6 mm, 0,2 mm tới 0,5 mm, 0,2 mm tới 0,4 mm, và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Theo một số phương án thực hiện, độ sâu của lớp ứng suất nén là lớn hơn hoặc bằng với 0,05 mm, 0,06 mm, 0,07 mm, 0,08 mm, 0,09 mm, 0,1 mm, 0,15 mm, 0,2 mm, 0,25 mm, 0,3 mm, 0,35 mm, 0,4 mm, 0,45 mm, 0,5 mm, 0,55 mm hoặc 0,6 mm. Theo một số phương án thực hiện, DOC có thể giống như DOC'. Theo các phương án thực hiện khác, DOC có thể khác với DOC'.

Theo các phương án thực hiện, các vật phẩm gốm thủy tinh có thể có ứng suất nén (CS) lớn hơn 175 MPa, như lớn hơn 180 MPa, lớn hơn 185 MPa, lớn hơn 190 MPa, lớn hơn 195 MPa, lớn hơn 200 MPa, lớn hơn 205 MPa, lớn hơn 210 MPa, lớn

hơn 215 MPa, lớn hơn 220 MPa, lớn hơn 225 MPa, lớn hơn 230 MPa, lớn hơn 235 MPa, lớn hơn 240 MPa, lớn hơn 245 MPa, hoặc lớn hơn 250 MPa. Theo các phương án thực hiện, các vật phẩm gồm thủy tinh có thể có CS từ 175 MPa tới 250 MPa, như từ 180 MPa tới 250 MPa, từ 185 MPa tới 250 MPa, từ 190 MPa tới 250 MPa, từ 195 MPa tới 250 MPa, từ 200 MPa tới 250 MPa, từ 205 MPa tới 250 MPa, từ 210 MPa tới 250 MPa, từ 215 MPa tới 250 MPa, từ 220 MPa tới 250 MPa, từ 225 MPa tới 250 MPa, từ 230 MPa tới 250 MPa, từ 235 MPa tới 250 MPa, từ 240 MPa tới 250 MPa, hoặc từ 245 MPa tới 250 MPa. Theo các phương án thực hiện, các vật phẩm gồm thủy tinh có thể có CS từ 175 MPa tới 250 MPa, như từ 200 MPa tới 250 MPa, từ 200 MPa tới 245 MPa, từ 200 MPa tới 240 MPa, từ 200 MPa tới 235 MPa, từ 200 MPa tới 230 MPa, từ 200 MPa tới 225 MPa, từ 200 MPa tới 220 MPa, từ 200 MPa tới 215 MPa, từ 200 MPa tới 210 MPa, hoặc từ 200 MPa tới 205 MPa.

Theo một số phương án thực hiện, độ căng trung tâm (CT) tối đa là trong khoảng giới hạn từ lớn hơn 80 MPa tới 180 MPa. Theo một số phương án thực hiện, CT tối đa là lớn hơn hoặc bằng với 80 MPa, 90 MPa, 100 MPa, 110 MPa, 120 MPa, 130 MPa, 140 MPa, 150 MPa, 160 MPa, hoặc 170 MPa. Theo một số phương án thực hiện, CT tối đa có thể trong khoảng giới hạn từ lớn hơn 80 MPa tới 180 MPa, lớn hơn 80 MPa tới 170 MPa, lớn hơn 80 MPa tới 160 MPa, lớn hơn 80 MPa tới 150 MPa, lớn hơn 80 MPa tới 140 MPa, 100 MPa tới 180 MPa, 100 MPa tới 170 MPa, 100 MPa tới 160 MPa, 100 MPa tới 150 MPa, 100 MPa tới 140 MPa, 110 MPa tới 180 MPa, 110 MPa tới 170 MPa, 110 MPa tới 160 MPa, 110 MPa tới 150 MPa, 110 MPa tới 140 MPa, 120 MPa tới 180 MPa, 120 MPa tới 170 MPa, 120 MPa tới 160 MPa, 120 MPa tới 150 MPa, 120 MPa tới 140 MPa, 130 MPa tới 180 MPa, 130 MPa tới 170 MPa, 130 MPa tới 150 MPa hoặc khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con bất kỳ giữa đó.

Theo một số phương án thực hiện, năng lượng ứng suất được lưu giữ của vật phẩm thủy tinh-gốm là trong khoảng giới hạn từ lớn hơn 22 J/m² tới 60 J/m², lớn hơn 22 J/m² tới 55 J/m², lớn hơn 22 J/m² tới 50 J/m², lớn hơn 22 J/m² tới 45 J/m², lớn hơn 22 J/m² tới 40 J/m², lớn hơn 22 J/m² tới 35 J/m², lớn hơn 22 J/m² tới 30 J/m², 25 J/m² tới 60 J/m², 25 J/m² tới 55 J/m², 25 J/m² tới 50 J/m², 25 J/m² tới 45 J/m², 25 J/m² tới 40 J/m², 25 J/m² tới 35 J/m², 25 J/m² tới 30 J/m², 30 J/m² tới 60 J/m², 30 J/m² tới 55

J/m², 30 J/m² tới 50 J/m², 30 J/m² tới 45 J/m², 30 J/m² tới 40 J/m², 30 J/m² tới 35 J/m², 35 J/m² tới 60 J/m², 35 J/m² tới 55 J/m², 35 J/m² tới 50 J/m², 35 J/m² tới 45 J/m², 35 J/m² tới 40 J/m², 40 J/m² tới 60 J/m², 40 J/m² tới 55 J/m², 40 J/m² tới 50 J/m², 40 J/m² tới 45 J/m², 45 J/m² tới 60 J/m², 45 J/m² tới 55 J/m², 45 J/m² tới 50 J/m², và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Theo một số phương án thực hiện, năng lượng ứng suất được lưu giữ có thể lớn hơn hoặc bằng với 22 J/m², 23 J/m², 24 J/m², 25 J/m², 30 J/m², 35 J/m², 40 J/m², 45 J/m², 50 J/m², hoặc 55 J/m².

Theo một số phương án thực hiện, vật phẩm thủy tinh-gốm có độ dày t trong khoảng giới hạn từ 0,2 mm tới 4 mm, 0,2 mm tới 3 mm, 0,2 mm tới 2 mm, 0,2 mm tới 1,5 mm, 0,2 mm tới 1 mm, 0,2 mm tới 0,9 mm, 0,2 mm tới 0,8 mm, 0,2 mm tới 0,7 mm, 0,2 mm tới 0,6 mm, 0,2 mm tới 0,5 mm, 0,3 mm tới 4 mm, 0,3 mm tới 3 mm, 0,3 mm tới 2 mm, 0,3 mm tới 1,5 mm, 0,3 mm tới 1 mm, 0,3 mm tới 0,9 mm, 0,3 mm tới 0,8 mm, 0,3 mm tới 0,7 mm, 0,3 mm tới 0,6 mm, 0,3 mm tới 0,5 mm, 0,4 mm tới 4 mm, 0,4 mm tới 3 mm, 0,4 mm tới 2 mm, 0,4 mm tới 1,5 mm, 0,4 mm tới 1 mm, 0,4 mm tới 0,9 mm, 0,4 mm tới 0,8 mm, 0,4 mm tới 0,7 mm, 0,4 mm tới 0,6 mm, 0,5 mm tới 4 mm, 0,5 mm tới 3 mm, 0,5 mm tới 2 mm, 0,5 mm tới 1,5 mm, 0,5 mm tới 1 mm, 0,5 mm tới 0,9 mm, 0,5 mm tới 0,8 mm, 0,5 mm tới 0,7 mm, 0,8 mm tới 4 mm, 0,8 mm tới 3 mm, 0,8 mm tới 2 mm, 0,8 mm tới 1,5 mm, 0,8 mm tới 1 mm, 1 mm tới 2 mm, 1 mm tới 1,5 mm, và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Theo một số phương án thực hiện, vật phẩm thủy tinh-gốm có thể về cơ bản là có dạng mặt phẳng và phẳng. Theo các phương án thực hiện khác, vật phẩm thủy tinh-gốm có thể được tạo hình, ví dụ nét có thể có hình dạng 2,5D hoặc 3D. Theo một số phương án thực hiện, vật phẩm thủy tinh-gốm có thể có độ dày đồng đều và theo các phương án thực hiện khác, vật phẩm thủy tinh-gốm có thể không có độ dày đồng đều.

Theo một số phương án thực hiện, độ bền nứt vỡ của vật phẩm thủy tinh-gốm là trong khoảng giới hạn từ 1,0 MPa√m tới 2,0 MPa√m, 1,1 MPa√m tới 2,0 MPa√m, 1,2 MPa√m tới 2,0 MPa√m, 1,3 MPa√m tới 2,0 MPa√m, 1,4 MPa√m tới 2,0 MPa√m, 1,5 MPa√m tới 2,0 MPa√m, 1,0 MPa√m tới 1,9 MPa√m, 1,1 MPa√m tới 1,9 MPa√m, 1,2 MPa√m tới 1,9 MPa√m, 1,3 MPa√m tới 1,9 MPa√m, 1,4 MPa√m tới 1,9 MPa√m, 1,5 MPa√m tới 1,9 MPa√m, 1,0 MPa√m tới 1,8 MPa√m, 1,1 MPa√m tới 1,8 MPa√m, 1,2

MPa $\sqrt{m}$ tới 1,8 MPa $\sqrt{m}$, 1,3 MPa $\sqrt{m}$ tới 1,8 MPa $\sqrt{m}$, 1,4 MPa $\sqrt{m}$ tới 1,8 MPa $\sqrt{m}$, 1,5 MPa $\sqrt{m}$ tới 1,8 MPa $\sqrt{m}$, và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Theo một số phương án thực hiện, độ bền nứt vỡ của vật phẩm thủy tinh-gốm là lớn hơn hoặc bằng với 1,0 MPa $\sqrt{m}$, 1,1 MPa $\sqrt{m}$, 1,2 MPa $\sqrt{m}$, 1,3 MPa $\sqrt{m}$, 1,4 MPa $\sqrt{m}$, 1,5 MPa $\sqrt{m}$, 1,6 MPa $\sqrt{m}$, 1,7 MPa $\sqrt{m}$, 1,8 MPa $\sqrt{m}$, hoặc 1,9 MPa $\sqrt{m}$.

Theo một số phương án thực hiện, suất Young của vật phẩm thủy tinh-gốm là trong khoảng giới hạn từ 95 GPa tới 110 GPa, 95 GPa tới 105 GPa, 95 GPa tới 100 GPa, 100 GPa tới 110 GPa, 100 GPa tới 105 GPa, 105 GPa tới 110 GPa và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Theo một số phương án thực hiện, suất Young của vật phẩm thủy tinh-gốm là lớn hơn hoặc bằng với 95 GPa, 96 GPa, 97 GPa, 98 GPa, 99 GPa, 100 GPa, 101 GPa, 102 GPa, 103 GPa, 104 GPa, 105 GPa, 106 GPa, 107 GPa, 108 GPa, hoặc 109 GPa.

Theo một số phương án thực hiện, theo việc áp dụng của thử nghiệm vỡ mảnh (Fragment Test) (dựa trên mẫu 50 mm x 50 mm x 0,8 mm) được mô tả ở trên, vật phẩm thủy tinh-gốm vỡ thành nhỏ hơn 5 mảnh vỡ, nhỏ hơn 4 mảnh vỡ, hoặc nhỏ hơn 3 mảnh vỡ.

Theo một số phương án thực hiện, vật phẩm thủy tinh-gốm là có khả năng được gia cường hóa học sử dụng một hoặc nhiều kỹ thuật trao đổi ion. Theo các phương án thực hiện này, việc trao đổi ion có thể xuất hiện bằng cách đưa một hoặc nhiều bề mặt của vật phẩm thủy tinh-gốm này vào một hoặc nhiều môi trường trao đổi ion (ví dụ các bể muối nóng chảy), có hợp phần và nhiệt độ cụ thể, cho chu kỳ thời gian cụ thể để tạo ra lớp (các lớp) ứng suất nén cho một hoặc nhiều bề mặt. Theo một số phương án thực hiện, môi trường trao đổi ion là bể nóng chảy chứa ion (ví dụ ion kim loại kiềm) là lớn hơn ion (ví dụ ion kim loại kiềm) có mặt trong vật phẩm thủy tinh-gốm trong đó ion lớn hơn từ bể nóng chảy được trao đổi với ion nhỏ hơn trong vật phẩm thủy tinh-gốm để tạo ra ứng suất nén trong vật phẩm thủy tinh-gốm, và nhờ đó tăng độ bền của vật phẩm thủy tinh-gốm.

Theo một số phương án thực hiện, quy trình trao đổi ion một bước có thể được sử dụng và theo các phương án thực hiện khác, quy trình trao đổi ion nhiều bước có thể được sử dụng. Theo một số phương án thực hiện, với cả hai quy trình trao đổi ion

một bước và quy trình trao đổi ion nhiều bước, các môi trường trao đổi ion (ví dụ, các bể nóng chảy) có thể chứa 100% khối lượng là muối chứa natri (ví dụ, NaNO_3) hoặc có thể chứa bể muối được trộn lẫn, ví dụ tổ hợp của muối chứa natri (ví dụ, NaNO_3) và muối chứa kali (ví dụ KNO_3). theo một số phương án thực hiện, khi bể muối nóng chảy chứa muối chứa natri (ví dụ, NaNO_3) trong khoảng giới hạn từ 3% khối lượng tới 100% khối lượng, 3% khối lượng tới 95% khối lượng, 3% khối lượng tới 90% khối lượng, 3% khối lượng tới 85% khối lượng, 3% khối lượng tới 80% khối lượng, 3% khối lượng tới 75% khối lượng, 5% khối lượng tới 100% khối lượng, 5% khối lượng tới 95% khối lượng, 5% khối lượng tới 90% khối lượng, 5% khối lượng tới 85% khối lượng, 5% khối lượng tới 80% khối lượng, 5% khối lượng tới 75% khối lượng, 10% khối lượng tới 100% khối lượng, 10% khối lượng tới 95% khối lượng, 10% khối lượng tới 90% khối lượng, 10% khối lượng tới 85% khối lượng, 10% khối lượng tới 80% khối lượng, 10% khối lượng tới 75% khối lượng, 20% khối lượng tới 100% khối lượng, 20% khối lượng tới 95% khối lượng, 20% khối lượng tới 90% khối lượng, 20% khối lượng tới 85% khối lượng, 20% khối lượng tới 80% khối lượng, 20% khối lượng tới 75% khối lượng, 30% khối lượng tới 100% khối lượng, 30% khối lượng tới 95% khối lượng, 30% khối lượng tới 90% khối lượng, 30% khối lượng tới 85% khối lượng, 30% khối lượng tới 80% khối lượng, 30% khối lượng tới 75% khối lượng, và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa đó. Theo một số phương án thực hiện, các muối natri và kali khác có thể được sử dụng trong dung dịch trao đổi ion, như, ví dụ các natri hoặc kali nitrit, phosphat, hoặc sulfat.

Sau khi quá trình trao đổi ion được thực hiện, cần hiểu rằng hợp phần tại bề mặt của thủy tinh-gốm có thể khác với hợp phần của thủy tinh-gốm vừa được tạo ra (*tức là*, thủy tinh-gốm trước khi nó trải qua quy trình trao đổi ion). Kết quả này là một loại của ion kim loại kiềm trong thủy tinh-gốm vừa được tạo ra, như, ví dụ Li^+ hoặc Na^+ , đang được thay thế với các ion kim loại kiềm lớn hơn, như, ví dụ Na^+ hoặc K^+ , theo cách tương ứng. Tuy nhiên, hợp phần của thủy tinh-gốm tại hoặc gần với tâm của độ sâu của vật phẩm thủy tinh-gốm sẽ, theo các phương án thực hiện, vẫn có hợp phần của thủy tinh-gốm vừa được tạo ra.

Theo các phương án thực hiện, độ vênh của vật phẩm gồm thủy tinh có thể được đo như là hàm của số đo đường chéo của vật phẩm gồm thủy tinh mà với nó, độ vênh cần được xác định. Đường chéo được đo trên bề mặt của vật phẩm gồm thủy tinh có diện tích bề mặt lớn nhất. Ví dụ, nếu vật phẩm gồm thủy tinh có hình dạng về cơ bản là hình chữ nhật (ví dụ, hình chữ nhật với các góc được bo tròn hoặc dạng tương tự), thì đường chéo được đề cập tới trong việc đo độ vênh sẽ cần được đo làm đường chéo của bề mặt về cơ bản là hình chữ nhật. Như là một ví dụ khác, nếu vật phẩm thủy tinh có bề mặt hình tròn, thì đường chéo là đường kính của hình tròn. Như một ví dụ khác nữa, nếu vật phẩm thủy tinh có bề mặt hình ô van, thì đường chéo là đường thẳng dài nhất có thể được vẽ từ một điểm trên chu vi của bề mặt hình ô van đến điểm khác trên bề mặt hình ô van này. Theo đó, theo các phương án thực hiện sử dụng các chu kỳ gồm hóa, các hợp phần tiền chất thủy tinh, các cấu hình cơ cấu định vị, và các cấu hình chồng được bộc lộ và được mô tả ở đây, các vật phẩm gồm thủy tinh được tạo thành có thể có độ vênh thỏa mãn phần sau:

$$\text{Độ vênh } (\mu\text{m}) < (3,65 \times 10^{-9} / \mu\text{m} \times \text{đường chéo}^2).$$

Cần hiểu rằng các đơn vị cho trị số độ vênh sẽ dựa trên các đơn vị mà theo đó đường chéo được đo, như μm .

Trùng với việc đo nêu trên của độ vênh dựa trên đường chéo của vật phẩm gồm thủy tinh, theo các phương án thực hiện, bằng cách sử dụng các chu kỳ gồm hóa, các hợp phần tiền chất thủy tinh, các cấu hình cơ cấu định vị các cấu hình cơ cấu định vị, và các cấu hình chồng được bộc lộ và được mô tả ở đây, các vật phẩm gồm thủy tinh được tạo thành có thể có độ vênh được đo trên các tấm 156 mm x 76 mm nhỏ hơn 110 μm , như nhỏ hơn 105 μm , nhỏ hơn 100 μm , nhỏ hơn 95 μm , nhỏ hơn 90 μm , nhỏ hơn 85 μm , nhỏ hơn 80 μm , nhỏ hơn 75 μm , nhỏ hơn 70 μm , nhỏ hơn 65 μm , nhỏ hơn 60 μm , nhỏ hơn 55 μm , hoặc nhỏ hơn 50 μm . Theo các phương án thực hiện, các vật phẩm gồm thủy tinh được tạo thành có thể có độ vênh trên các tấm 156 mm x 76 mm từ 45 μm tới 100 μm , như từ 50 μm tới 100 μm , từ 55 μm tới 100 μm , từ 60 μm tới 100 μm , từ 65 μm tới 100 μm , từ 70 μm tới 100 μm , từ 75 μm tới 100 μm , từ 80 μm tới 100 μm , từ 85 μm tới 100 μm , từ 50 μm tới 90 μm , hoặc từ 95 μm tới 100 μm . Theo các phương án thực hiện, các vật phẩm gồm thủy tinh được tạo thành có thể có

độ vênh trên các tấm 156 mm x 76 mm từ 45 μ m tới 95 μ m, như từ 45 μ m tới 90 μ m, từ 45 μ m tới 85 μ m, từ 45 μ m tới 80 μ m, từ 45 μ m tới 75 μ m, từ 45 μ m tới 70 μ m, từ 45 μ m tới 65 μ m, từ 45 μ m tới 60 μ m, từ 45 μ m tới 55 μ m, hoặc từ 45 μ m tới 50 μ m.

Theo các phương án thực hiện, bằng cách sử dụng các chu kỳ gồm hóa, các hợp phần tiền chất thủy tinh, các cấu hình cơ cấu định vị, và các cấu hình chồng được bộc lộ và được mô tả ở đây, các vật phẩm gồm thủy tinh được tạo thành có thể có ứng suất nhỏ hơn 30 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày tấm, như nhỏ hơn 28 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày tấm, nhỏ hơn 26 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày tấm, nhỏ hơn 25 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày tấm, nhỏ hơn 24 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày tấm, nhỏ hơn 22 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày tấm, nhỏ hơn 20 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày tấm, nhỏ hơn 18 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày tấm, nhỏ hơn 16 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày tấm, hoặc nhỏ hơn 15 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày tấm. Theo các phương án thực hiện, các vật phẩm gồm thủy tinh được tạo thành có thể có ứng suất từ 15 nm tới 30 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày tấm, như từ 18 nm tới 30 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày tấm, từ 20 nm tới 30 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày tấm, từ 22 nm tới 30 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày tấm, từ 24 nm tới 30 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày tấm, hoặc từ 28 nm tới 30 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày tấm. Theo các phương án thực hiện, các vật phẩm gồm thủy tinh được tạo thành có thể có ứng suất từ 15 nm tới 25 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày tấm, từ 18 nm tới 25 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày tấm, từ 20 nm tới 25 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày tấm, hoặc từ 22 nm tới 25 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày tấm.

Theo các phương án thực hiện, bằng cách sử dụng các chu kỳ gồm hóa, các hợp phần tiền chất thủy tinh, các cấu hình cơ cấu định vị, và các cấu hình chồng được bộc lộ và được mô tả ở đây, các vật phẩm gồm thủy tinh được tạo thành có thể có độ mờ đục thỏa mãn phương trình sau:

$$\text{Độ mờ đục (\%)} < 0,0994t + 0,12.$$

Theo phương trình nêu trên, t là độ dày (mm) của vật phẩm gồm thủy tinh.

Phương trình nêu trên được xác định theo thực nghiệm như được thể hiện trên Fig.89. Theo các phương án thực hiện, bằng cách sử dụng các chu kỳ gồm hóa, các hợp phần tiền chất thủy tinh, các cấu hình cơ cấu định vị, và các cấu hình chồng được bộc lộ và được mô tả ở đây, các vật phẩm gồm thủy tinh được tạo thành có thể có độ mờ đục nhỏ hơn 0,30 tại độ dày 0,8 mm, như nhỏ hơn 0,28 tại độ dày 0,8 mm, nhỏ hơn 0,26 tại độ dày 0,8 mm, nhỏ hơn 0,24 tại độ dày 0,8 mm, nhỏ hơn 0,22 tại độ dày 0,8 mm, nhỏ hơn 0,20 tại độ dày 0,8 mm, nhỏ hơn 0,18 tại độ dày 0,8 mm, nhỏ hơn 0,16 tại độ dày 0,8 mm, nhỏ hơn 0,14 tại độ dày 0,8 mm, nhỏ hơn 0,12 tại độ dày 0,8 mm, hoặc nhỏ hơn 0,10 tại độ dày 0,8 mm. Theo các phương án thực hiện, các vật phẩm gồm thủy tinh được tạo thành có thể có độ mờ đục từ 0,10 tới 0,28 tại độ dày 0,8 mm, như từ 0,10 tới 0,26 tại độ dày 0,8 mm, từ 0,10 tới 0,24 tại độ dày 0,8 mm, từ 0,10 tới 0,22 tại độ dày 0,8 mm, từ 0,10 tới 0,20 tại độ dày 0,8 mm, từ 0,10 tới 0,18 tại độ dày 0,8 mm, từ 0,10 tới 0,16 tại độ dày 0,8 mm, từ 0,10 tới 0,14 tại độ dày 0,8 mm, hoặc từ 0,10 tới 0,12 tại độ dày 0,8 mm. Theo các phương án thực hiện, các vật phẩm gồm thủy tinh được tạo thành có thể có độ mờ đục từ 0,10 tới 0,20 tại độ dày 0,8 mm. Độ mờ đục của các vật phẩm gồm thủy tinh được đo trên tự bản thân vật phẩm gồm thủy tinh mà không có các lớp phủ hoặc các thay thế khác.

Theo các phương án thực hiện, bằng cách sử dụng các chu kỳ gồm hóa, các hợp phần tiền chất thủy tinh, các cấu hình cơ cấu định vị, và các cấu hình chồng được bộc lộ và được mô tả ở đây, các vật phẩm gồm thủy tinh được tạo thành có thể có độ mờ đục thỏa mãn phương trình sau:

$$\text{Độ truyền qua (\%)} > 0,91 \times 10^{(2-0,03t)}.$$

Trong phương trình nêu trên, t là độ dày (theo mm) của vật phẩm gồm thủy tinh.

Theo các phương án thực hiện, bằng cách sử dụng các chu kỳ gồm hóa, các hợp phần tiền chất thủy tinh, các cấu hình cơ cấu định vị, và các cấu hình chồng được bộc lộ và được mô tả ở đây, các vật phẩm gồm thủy tinh được tạo thành có thể có độ truyền qua quang học của các bước sóng bức xạ điện từ từ 450 nm tới 800 nm được đo tại độ dày là 0,8 mm là lớn hơn 85%, lớn hơn 88%, lớn hơn 90%, lớn hơn 93%, lớn hơn 95%, hoặc lớn hơn 98%. Theo các phương án thực hiện, các vật phẩm gồm thủy tinh được tạo thành có thể có độ truyền qua quang học của các bước sóng bức xạ điện từ

từ 450 nm tới 800 nm được đo tại độ dày là 0,8 mm là từ lớn hơn 75% tới 95%, như từ lớn hơn 75% tới 93%, từ lớn hơn 75% tới 90%, từ lớn hơn 75% tới 88%, từ lớn hơn 75% tới 85%, từ lớn hơn 75% tới 83%, từ lớn hơn 75% tới 80%, hoặc từ lớn hơn 75% tới 78%. Như được thảo luận trừ trước, ở đây, độ truyền qua của các vật phẩm gồm thủy tinh được đo trên tự bản thân vật phẩm gồm thủy tinh mà không có các lớp phủ hoặc các thay thế khác. Thêm vào đó, phần trăm độ truyền qua được bộc lộ ở đây là phần trăm của việc truyền của bức xạ điện từ tại từng bước sóng của bức xạ điện từ nằm trong khoảng giới hạn 450 nm tới 800 nm.

Theo các phương án thực hiện, bằng cách sử dụng các chu kỳ gồm hóa, các hợp phần tiền chất thủy tinh, các cấu hình cơ cấu định vị, và các cấu hình chồng được bộc lộ và được mô tả ở đây, các vật phẩm gồm thủy tinh được tạo thành có thể có độ cứng được đo bởi bộ ấn lõm Vickers tại tải 200 g là lớn hơn 680 kgf, như lớn hơn 685 kgf, lớn hơn 690 kgf, lớn hơn 695 kgf, lớn hơn 700 kgf, lớn hơn 705 kgf, lớn hơn 710 kgf, lớn hơn 715 kgf, lớn hơn 720 kgf, lớn hơn 725 kgf, lớn hơn 730 kgf, lớn hơn 735 kgf, lớn hơn 740 kgf, lớn hơn 745 kgf, hoặc lớn hơn 750 kgf. Theo các phương án thực hiện, các vật phẩm gồm thủy tinh được tạo thành có thể có độ cứng được đo bởi bộ ấn lõm Vickers tại tải 200 g là từ lớn hơn 680 kgf tới 750 kgf, như từ 685 kgf tới 750 kgf, từ 690 kgf tới 750 kgf, từ 695 kgf tới 750 kgf, từ 700 kgf tới 750 kgf, từ 705 kgf tới 750 kgf, từ 710 kgf tới 750 kgf, từ 715 kgf tới 750 kgf, từ 720 kgf tới 750 kgf, từ 725 kgf tới 750 kgf, từ 730 kgf tới 750 kgf, từ 735 kgf tới 750 kgf, từ 740 kgf tới 750 kgf, hoặc từ 745 kgf tới 750 kgf.

Các sản phẩm cuối cùng

Các vật phẩm thủy tinh-gốm được bộc lộ ở đây có thể được tích hợp vào trong vật phẩm khác như vật phẩm với bộ phận hiển thị (ví dụ, các thiết bị điện tử tiêu dùng, gồm các điện thoại di động, các máy tính bảng, các máy tính, các hệ thống định vị, các thiết bị đeo được (ví dụ, các đồng hồ), và dạng tương tự), các vật phẩm kiến trúc, các vật phẩm giao thông (ví dụ, xe, tàu hỏa, máy bay, tàu biển, v.v., ví dụ để sử dụng cho phần che phủ hiển thị bên trong, cửa sổ, hoặc kính chắn gió), các vật phẩm ứng dụng, hoặc vật phẩm bất kỳ yêu cầu đặc tính trong suốt, chịu cào xước, chịu ăn mòn nào đó hoặc tổ hợp của chúng. Vật phẩm làm ví dụ tích hợp vật phẩm bất kỳ trong số các vật

phẩm thủy tinh-gốm được gia cường được bộc lộ ở đây được thể hiện trên các hình vẽ Fig. 57A và Fig.57B. Cụ thể là, các Fig. 57A và Fig.27B thể hiện thiết bị điện tử tiêu dùng 200 chứa vỏ 202 có mặt trước 204, mặt sau 206, và các bề mặt bên 208; các thành phần điện tử (không được thể hiện) ít nhất một phần ở bên trong hoặc toàn phần nằm trong vỏ và chứa ít nhất là bộ phận điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị 210 tại hoặc liền kề với bề mặt phía trước của vỏ; và để che phủ 212 tại hoặc trên bề mặt phía trước của vỏ sao cho nó ở trên bộ phận hiển thị. Theo một số phương án thực hiện, ít nhất một thành phần trong số để che phủ 212 hoặc một phần của vỏ 202 có thể chứa vật phẩm bất kỳ trong số các vật phẩm thủy tinh-gốm được gia cường được bộc lộ ở đây.

Theo đó, các phương án thực hiện khác nhau được mô tả ở đây có thể được áp dụng để tạo ra các vật phẩm gốm thủy tinh có tính chất quang học tuyệt vời và độ bền được làm giảm trong khi không có tác động xấu, hoặc thậm chí là cải thiện, ứng suất trong các vật phẩm gốm thủy tinh khi so sánh với các vật phẩm thủy tinh được gốm hóa theo cách kỹ thuật truyền thống. Các vật phẩm gốm thủy tinh này có thể được làm phù hợp một cách đặc biệt để sử dụng trong các thiết bị điện tử di động nhờ hiệu quả hoạt động bền và các trị số truyền qua cao của chúng.

Các ví dụ

Các phương án thực hiện khác nhau sẽ được làm rõ bởi các ví dụ kèm theo.

Ví dụ 1

Các mẫu tiền chất thủy tinh có độ dày 0,8 mm được tạo thành có hợp phần của hợp phần 3 được liệt kê trong bảng 3 bên trên. Các mẫu được gia nhiệt từ nhiệt độ phòng tới xấp xỉ 560 °C tại tốc độ gia nhiệt là 5 °C/phút và được giữ trong 4 giờ. Sau đó các mẫu được gia nhiệt tới 730 °C tại tốc độ gia nhiệt là 5 °C/phút và được giữ trong 1 giờ và vật phẩm thủy tinh-gốm được tạo thành. Các mẫu thủy tinh-gốm sau đó được trao đổi ion trong bể muối nóng chảy chứa 95% khối lượng NaNO_3 và 5% khối lượng KNO_3 tại 470 °C. Mẫu thứ nhất được trao đổi ion trong 2 giờ, mẫu thứ hai được trao đổi ion trong 4 giờ, mẫu thứ ba được trao đổi ion trong 7 giờ, mẫu thứ tư được trao đổi ion trong 16 giờ, và mẫu thứ năm được trao đổi ion từ 24 giờ. Các biên dạng ứng

suất của từng mẫu trong số các mẫu được thể hiện trên Fig. 58 với CT đang thể hiện ứng suất dương và CS đang thể hiện ứng suất âm. Mẫu được trao đổi ion trong 16 giờ có CT tối đa khoảng 135 MPa, ứng suất căng được lưu là khoảng 37 J/m² và vỡ thành 2 mảnh vỡ khi đưa vào thử nghiệm vỡ mảnh (Fragment Test).

Ví dụ 2

Các mẫu tiền chất thủy tinh có độ dày là 0,8 mm được tạo thành có hợp phần của hợp phần 3 được liệt kê trong bảng 3 và hợp phần so sánh 1 được liệt kê trong bảng 6 bên dưới.

Bảng 6

Hợp phần	So sánh Hợp phần 1
SiO ₂ (% mol)	70,30
Al ₂ O ₃ (% mol)	4,23
B ₂ O ₃ (% mol)	0
Li ₂ O (% mol)	21,36
Na ₂ O (mol%)	1,51
K ₂ O (mol%)	0
P ₂ O ₅ (mol%)	0,87
ZrO ₂ (mol%)	1,66
Li ₂ O/ R ₂ O	0,93

Các mẫu thủy tinh sau đó được gia nhiệt từ nhiệt độ phòng tới xấp xỉ 560°C tại tốc độ gia nhiệt là 5 °C/phút và được giữ trong 4 giờ. Sau đó các mẫu được gia nhiệt tới 730 °C tại tốc độ gia nhiệt là 5 °C/phút và được giữ trong 1 giờ và vật phẩm thủy tinh-gốm được tạo thành. Các mẫu thủy tinh-gốm sau đó được trao đổi ion trong bể muối nóng chảy chứa 95% khối lượng NaNO₃ và 5% khối lượng KNO₃ tại 470 °C. Bộ các mẫu thứ nhất được trao đổi ion trong 2 giờ, bộ các mẫu thứ hai được trao đổi ion trong 4 giờ, bộ các mẫu thứ ba được trao đổi ion trong 7 giờ, bộ các mẫu thứ tư được trao đổi ion trong 16 giờ, và bộ các mẫu thứ năm (chỉ cho hợp phần 3) được trao đổi ion từ 24 giờ. Fig.59 là đồ thị thể hiện CT tối đa của từng mẫu trên trục y so với thời gian trao đổi ion trên trục x. Các vật phẩm thủy tinh-gốm được làm từ hợp phần 3 đạt được CT tối đa là xấp xỉ 135 MPa, trong khi các vật phẩm thủy tinh-gốm được làm từ

hợp phần so sánh 1 không đạt được CT tối đa mong muốn là lớn hơn 90 MPa (nó đạt tới khoảng 70 MPa). Không bị bó buộc vào lý thuyết, tin rằng% mol của ZrO_2 trong hợp phần 3 cao hơn cho phép thủy tinh-gốm được làm từ hợp phần 3 đạt được CT cao hơn. Không bị bó buộc vào lý thuyết, tin rằng nồng độ ZrO_2 là 1,7% mol hoặc lớn hơn tạo thành vật phẩm thủy tinh-gốm được trao đổi ion với CT tối đa lớn hơn 90 MPa và năng lượng ứng suất được lưu giữ lớn hơn 22 J/m².

Ví dụ 3

Các mẫu tiền chất thủy tinh có độ dày 0,8 mm được tạo thành có hợp phần của hợp phần 1 được liệt kê trong bảng 3 bên trên. Các mẫu được gia nhiệt từ nhiệt độ phòng tới xấp xỉ 570 °C tại tốc độ gia nhiệt là 5 °C/phút và được giữ trong 4 giờ. Sau đó các mẫu được gia nhiệt tới 740 °C tại tốc độ gia nhiệt là 5 °C/phút và được giữ trong 1 giờ và vật phẩm thủy tinh-gốm được tạo thành. Vật phẩm thủy tinh-gốm được làm nguội tới nhiệt độ phòng tại tốc độ làm nguội là 5 °C/phút. Việc tập hợp pha của vật phẩm thủy tinh-gốm là khoảng 12 +/- 2% khối lượng là thủy tinh còn dư; 44 +/- 2% khối lượng là pha tinh thể petalit, và 44 +/- 2% khối lượng là pha tinh thể lithi đisilicat. Tổng của các pha tinh thể khác (ví dụ, khác với petalit và lithi đisilicat) là nhỏ hơn 1% khối lượng. Fig.60 là các kết quả nhiễu xạ tia X (XRD) với phân tích Reitveld cho việc tập hợp pha. Thủy tinh-gốm có độ truyền qua 90% trong các bước sóng nhìn thấy như được thể hiện trên Fig.61,

Ví dụ 4

Các mẫu tiền chất thủy tinh có độ dày là 0,8 được tạo thành có hợp phần của hợp phần 1 được liệt kê trong bảng 3 nêu trên. Các mẫu được đưa vào kỳ xử lý nhiệt được thể hiện trong bảng 7 bên dưới cùng với việc tập hợp pha và độ mờ đục. Như có thể được thấy, chu kỳ xử lý nhiệt tác động lên việc tập hợp pha và độ mờ đục. Cụ thể là, độ mờ đục là bên dưới 0,2 khi% khối lượng của các pha tinh thể khác với lithi đisilicat và petalit là nhỏ hơn 1% khối lượng của vật phẩm thủy tinh-gốm.

Bảng 7

Mẫu	Nhiệt độ tạo mầm (°C)	Thời gian tạo mầm (giờ)	Nhiệt độ tinh thể hóa (°C)	Thời gian tinh thể hóa (giờ)	Pha thủy tinh còn dư (% khối lượng)	Lithi đisilicat (% khối lượng)	Petalit (% khối lượng)	Lithi Meta-silicat (% khối lượng)	Virgilit (% khối lượng)	Cristo-balit (% khối lượng)	Độ mờ đục
1	570	4	725	1,5	13	43	44				0,14
2	570	4	730	1	14	43	43				0,16
3	580	4	730	1	13	43	44				0,16
4	580	3	730	1	14	43	43				0,16
5	585	2,75	740	1	13	44	43				0,13
6	585	2,75	740	1	13	44	43				0,14
7	585	2,75	740	1	13	44	43				0,14
8	585	2,75	740	1	12	44	44				0,14
9	585	2,75	740	1	12	44	44				0,14
10	585	2,75	740	2	13	44	44				0,14
11	585	2,75	740	1	14	43	44				0,14
12	585	2,75	740	1	12	44	43				0,15
13	585	2,75	740	1	13	45	42				0,16
14	585	2,75	740	1	12	45	43				0,16
15	580	2	740	1	12	44	44				0,17
16	580	2	750	1	13	43	44				0,20
17	580	3	755	0,5	13	44	42				0,13
18	600	2	755	0,25	13	44	43		<1		0,14
19	570	4	755	1,5	13	45	42	-	-	-	0,16
20	570	4	755	0,5	12	44	44				0,16
21	600	2	755	0,75	13	43	44		<1		0,16
22	600	1,5	755	0,5	13	43	45		-		0,17
23	600	1,5	755	1,5	13	42	44		<1		0,2
24	600	1	765	0,25	13	42	45		vết		0,17
25	600	2	765	0,5	13	43	45		<1		0,18
26	590	1	765	0,25	13	42	45		vết		0,19
27	605	2	770	0,5	12	43	44		<1		0,15
28	600	2	770	0,25	12	42	45		<1		0,17
29	610	1	770	0,01	13	43	44				0,18
30	605	2	770	0,01	12	44	44		<1		0,18
31	600	1	770	0,25	13	43	44		vết		0,18
32	600	2	775	0,25	13	43	44		1		0,2
33	610	1	780	0,01	12	42	45		<1		0,20
34	590	2	730	1	14	41	45				0,19
35	580	2	730	1	11	41	46	2		-	0,19
36	600	4	755	0,5	13	45	41		1		0,18
37	600	2,5	770	0,25	13	43	43		1		0,18
38	585	2,75	770	1	13	43	43		<1		0,22

Mẫu	Nhiệt độ tạo mầm (°C)	Thời gian tạo mầm (giờ)	Nhiệt độ tinh thể hóa (°C)	Thời gian tinh thể hóa (giờ)	Pha thủy tinh còn dư (% khối lượng)	Lithi đisilicat (% khối lượng)	Petalit (% khối lượng)	Lithi Meta-silicat (% khối lượng)	Virgilít (% khối lượng)	Cristo-balit (% khối lượng)	Độ mờ đục
39	590	1	770	0,25	13	44	43		<1		0,23
40	600	2	775	0,75	13	42	43		2		0,28
41	605	2	780	0,5	13	41	42		3		0,38
42	585	2,75	710	1	14	36	46	3			0,37
43	600	4	725	1,5	15	39	45	2	-	-	0,2
44	600	1,5	725	1,5	13	39	46	2			0,23
45	570	4	725	0,5	14	45	42	4			0,23
46	600	4	725	0,5	16	35	45	4		-	0,24
47	600	1,5	725	0,5	12	40	42	3		3	0,28
48	570	1,5	725	1,5	15	36	45	4			0,37
49	570	1,5	725	0,5	18	26	46	8	-	2	1,53
50	560	4	730	1	12	39	46	3			0,29
51	585	5,25	740	1	13	43	44	4			0,23
52	585	2,75	740	0,01	11	38	46	3		<1	0,24
53	615	2,75	740	1	15	37	45	2	1	vết	0,27
54	555	2,75	740	1	17	32	46	5	<1	vết	0,70
55	585	0,25	740	1	16	28	47	5	<1	4	2,29
56	570	1,5	755	0,5	13	43	43	-	1	-	0,21
57	600	4	755	1,5	13	42	43	-	1	-	0,25
58	570	1,5	755	1,5	14	41	44	-	1	-	0,38
59	600	2 phút	755	0,5 phút	22	15	48	10		6	7,45

Ví dụ 5

Các mẫu tiền chất thủy tinh có độ dày là 0,8 được tạo thành có hợp phần của hợp phần 1 được liệt kê trong bảng 3 nêu trên. Các mẫu này được đưa vào chu kỳ xử lý nhiệt được thể hiện trong bảng 8 bên dưới và việc tập hợp pha được thể hiện trong bảng 9 bên dưới. Chu kỳ xử lý nhiệt theo ví dụ này khác với các chu kỳ xử lý nhiệt của ví dụ 4 ở chỗ nó có chu kỳ nhiệt 3 bước thay cho chu kỳ nhiệt 2 bước. Cụ thể là, các mẫu được giữ tại nhiệt độ trung gian, trong đó nhiệt độ trung gian là lớn hơn nhiệt độ tạo mầm và nhỏ hơn nhiệt độ kết tinh. Ví dụ này minh họa rằng việc tập hợp pha mong muốn – trong đó % khối lượng của các pha tinh thể khác với lithi đisilicat và petalit là nhỏ hơn 1% khối lượng của vật phẩm thủy tinh-gốm – có thể đạt được với chu kỳ xử lý nhiệt 3 bước thay cho chu kỳ xử lý nhiệt 2 bước.

Bảng 8

Mẫu	Nhiệt độ tạo mầm (°C)	Thời gian tạo mầm (giờ)	Nhiệt độ bước trung gian (°C)	Thời gian bước trung gian (giờ)	Nhiệt độ kết tinh (°C)	Thời gian kết tinh (giờ)
1	570	3	680	0,5	740	0,5
2	570	3	680	1	740	1
3	570	4	680	1	740	0,01
4	570	4	680	0,5	740	0,5
5	570	4	680	1	740	1
6	570	4	650	1	740	1
7	570	4	670	0,5	740	1

Bảng 9

Mẫu	Pha thủy tinh còn dư (% khối lượng)	Lithi đisilicat (% khối lượng)	Petalit (% khối lượng)	Lithi Metasilicat (% khối lượng)	Virgilit (% khối lượng)	Cristobalit (% khối lượng)
1	12	44	44	-	-	-
2	13	43	44	-	-	-
3	14	42	43	-	-	-
4	13	44	43	-	-	-
5	13	44	43	-	-	-
6	13	44	43	-	-	-
7	12	46	42	-	-	-

Ví dụ 6

Các mẫu tiền chất thủy tinh có độ dày là 0,8 được tạo thành có hợp phần của hợp phần 1 được liệt kê trong bảng 3 nêu trên. Các mẫu này được đưa vào chu kỳ xử lý nhiệt được thể hiện trong bảng 10 bên dưới và việc tập hợp pha được thể hiện trong bảng 11 bên dưới. Chu kỳ xử lý nhiệt trong ví dụ này khác với các chu kỳ xử lý nhiệt của ví dụ 4 ở chỗ mẫu không được giữ tại nhiệt độ tạo mầm, mà được gia nhiệt tới các nhiệt độ khác nhau tại các tốc độ gia nhiệt thay đổi cho tới khi đạt được nhiệt độ kết tinh. Ví dụ này minh họa rằng việc tập hợp pha mong muốn – trong đó % khối lượng của các pha tinh thể khác với lithi đisilicat và petalit là nhỏ hơn 1% khối lượng của vật phẩm thủy tinh-gốm – có thể đạt được với chu kỳ xử lý nhiệt thay đổi.

Bảng 10

Bước #	Chu kỳ A Thay đổi nhiệt độ	Chu kỳ A Tốc độ gia nhiệt (độ°C/phút)	Chu kỳ B Thay đổi nhiệt độ	Chu kỳ B Tốc độ gia nhiệt (độ°C/phút)
1	Nhiệt độ phòng tới 560°C	5	Nhiệt độ phòng tới 555°C	5
2	560°C tới 590°C	0,25	555°C tới 580°C	0,2
3	590°C tới 600°C	0,55	580°C tới 590°C	0,3
4	600°C tới 610°C	1	590°C tới 610°C	0,6
5	610°C tới 620°C	1,25	610°C tới 620°C	1
6	620°C tới 640°C	1,65	620°C tới 630°C	1,5
7	640°C tới 740°C	3	630°C tới 740°C	3
8	Đẳng nhiệt tại 740°C trong 1 giờ.		Đẳng nhiệt tại 740°C trong 1 giờ.	

Bảng 11

Chu kỳ	Pha thủy tinh còn dư (% khối lượng)	Lithi đisilicat (% khối lượng)	Petalit (%) khối lượng)	Lithi Metasilicat (% khối lượng)	Virgilit (% khối lượng)	Cristobalit (% khối lượng)
A	12	46	42	-	-	-
B	12	45	44	-	-	-

Ví dụ 7

Các tấm thủy tinh-gốm được tạo ra bằng cách chồng các tấm của thủy tinh lên trên đỉnh nhau trước khi xử lý nhiệt chúng với “chu kỳ gốm hóa (ceramming)” dẫn tới việc hình thành của thủy tinh-gốm bao gồm ít nhất hai pha tinh thể chính, petalit và lithi đisilicat, với có thể là có các pha tinh thể, và pha thủy tinh còn dư phụ. Các tấm thủy tinh-gốm được tạo ra sử dụng quy trình mà trong đó các tấm của thủy tinh được chồng giữa các cơ cấu phận định vị phẳng, trong chồng bao gồm cơ cấu định vị đáy, các tấm thủy tinh trên đỉnh nhau, và cơ cấu định vị đỉnh như như được bộc lộ và được mô tả ở đây. Chồng cũng có thể bao gồm một hoặc nhiều lớp xen giữa (*tức là*, các cơ cấu định vị bổ sung được đặt giữa các tấm thủy tinh như được mô tả ở đây). Để tránh việc dính giữa các tấm thủy tinh trong suốt quy trình xử lý nhiệt và cho phép tạo ứng suất thấp và độ vênh thấp sau khi gốm hóa, các tấm thủy tinh được phủ với tác nhân chia tách như được bộc lộ ở đây trước khi được chồng. Các thông số xử lý nhiệt (thời gian và các nhiệt độ của các bước khác nhau được tham gia vào quá trình gốm hóa),

cũng như sự đồng đều về nhiệt qua suốt các chồng trong suốt việc gốm hóa cũng là phần thiết yếu đối với việc sản xuất các tấm với độ vênh thấp và ứng suất thấp, và với việc kết hợp mong muốn của các thuộc tính quang học và cơ học.

Tổ hợp của các thuộc tính cho các thủy tinh-gốm được mô tả ở đây được thể hiện cho các tấm của hợp phần được thể hiện trong bảng 12 bên dưới, được gốm hóa trong chồng cao 10 tấm với chu kỳ “COR” (570C/4h + 740C/1h được mô tả ở trên). Cấu hình tạo chồng bao gồm cơ cấu định vị đáy, 10 tấm, và cơ cấu định vị đỉnh. Để thể hiện các kết quả này, các tấm được đánh số từ đáy (tấm 1) tới đỉnh (tấm 10). Trong ví dụ này, việc gốm hóa được thực hiện bằng cách đặt 3 chồng thủy tinh trên bộ phận mang được gửi qua lò ủ kính được đặt theo chu kỳ gốm hóa “COR” sau, đã được thảo luận ở trên. Các kích cỡ ban đầu của các tấm thủy tinh trước khi gốm hóa là 640 x 250 x 1,11 mm. Các mẫu được lấy từ các vị trí khác nhau từ chồng, như được mô tả trên Fig.62, và được đo độ phẳng (độ vênh), độ mờ đục, việc tập hợp pha bởi XRD và độ cứng.

Bảng 12

	Hợp phần A (% khối lượng)	Hợp phần B (% khối lượng)
SiO ₂	74,21	74,41
Al ₂ O ₃	7,53	7,56
P ₂ O ₅	2,12	2,1
Na ₂ O	0,06	0,05
K ₂ O	0,12	0,123
Li ₂ O	11,30	11,2
ZrO ₂	4,22	4,31
Fe ₂ O ₃	0,06	0,059
SnO ₂	0,40	0,02

Độ phẳng cho các tấm được tạo ra được đo trên kích thước một phần, sử dụng máy đo EMD. Các tấm thủy tinh-gốm sau khi gốm hóa được cắt thành 12 phần có kích thước 156 x 76 mm (độ dày phụ thuộc vào độ dày ban đầu của tấm được gốm hóa) theo mẫu được mô tả trên Fig.63. Độ phẳng kích cỡ một phần (part size flatness - PSF)

được đo trên các phần 1, 3, 5, 10 và 12 cho các tấm tại các vị trí khác nhau trong các chồng (từ đáy tới đỉnh của chồng), có mặt trên Fig.64 và Fig.65.

Các mẫu được lấy từ các vị trí khác nhau được mô tả trên Fig.63 được đánh bóng tới độ dày 0,8 mm. Độ mờ đục được đo trên các phần, sử dụng thiết bị đo độ mờ đục (BYK Gardner Haze-Gard i) là dưới 0,2 cho tất cả các phần tại các vị trí khác nhau trong chồng, như được thể hiện trên Fig.66.

Các mẫu cũng được lấy từ các vị trí khác nhau này trong chồng, được nghiền thành bột và được đo bởi nhiễu xạ tia X (X-Ray Diffraction - XRD). Phương pháp Rietveld được áp dụng để định lượng việc tập hợp pha tinh thể. Trong suốt các chồng, các thủy tinh-gốm chứa giữa 10% khối lượng và 20% khối lượng pha thủy tinh còn dư (Fig.67), trên 39% khối lượng là lithi đisilicat (Fig.68) và petalit (Fig.69), và nhỏ hơn 3% khối lượng là pha tinh thể bất kỳ khác như được mô tả ở trên. Mẫu nhiễu xạ XRD cho thủy tinh-gốm được mô tả trong ví dụ này được cho trên Fig.70.

Các mẫu được lấy từ các vị trí được mô tả trên Fig.62 và được đánh bóng tới độ dày 0,8 mm được trao đổi ion và ứng suất nén (CS), độ căng trung tâm (CT), và độ sâu lớp nén (DOC) được đo (Orihara SLP 2000 đang vận hành tại 405 nm). Các kết quả được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig. 71 đến Fig.73 theo cách tương ứng, và thể hiện CS trên 270 MPa, CT trên 90 MPa và DOC trên 130 μm .

Độ cứng Vickers được đo trên các mẫu được trao đổi ion độ dày 0,8 mm (bộ ấn lõm Vickers, tải 200 g) cho các mẫu được lấy từ các vị trí khác nhau trong các chồng được gốm hóa với chu kỳ COR là trên 700 kgf cho tất cả các mẫu, như được thể hiện trên Fig.74

Áp lực bởi lưỡng chiết quang, được biểu diễn như là nm của việc hãm, được đo trong các tấm đầy đủ được gốm hóa trong chồng sử dụng máy đo quang học GFP. Các kết quả với ứng suất trung bình và tối đa được đo trên 450 tấm độ dày 1,1 mm được biểu diễn trên Fig.75, với trị số ứng suất tối đa thường < 25 nm tại độ dày đó.

Độ bền nứt vỡ (Cường độ ứng suất tới hạn - Critical Stress Intensity - KIC) được đo thông qua máy Chevron Notched Short Bar (CNSB) (máy MTS Sintech 2/G với bộ phận đo lực: 50 lb (22,68kg)) trên các mẫu thủy tinh-gốm được chuẩn bị từ hợp phần

và được gồm hóa với chu kỳ “COR” trong lò hộp và trên trung bình $1,14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$, như được thể hiện trong bảng 13

Bảng 13

Mẫu #	KIC_1304 $\text{Mpa} \cdot \text{m}^{(1/2)}$
1	1,129
2	1,146
3	1,130
4	1,147
6	1,157
8	1,149
9	1,129
Trung bình	1,141
độ lệch Tiêu chuẩn (Std Dev.)	0,011
% COV	0,99

Theo ví dụ khác, các mẫu được lấy từ các vị trí khác nhau từ các chồng của các tấm của hợp phần được gồm hóa với chu kỳ gồm hóa SC20 (xem Fig.76) với cấu hình liên lớp được bộc lộ ở trên. Các mẫu được đánh bóng tới độ dày 0,8 mm được đo độ mờ đục (Fig.77) sử dụng thiết bị BYK Gardner Haze-guard), thể hiện độ mờ đục $< 0,2$ cho tất cả các mẫu. Các mẫu được nghiền thành bột, được đo XRD với phương pháp Rietveld, để định lượng pha thủy tinh còn dư (Fig.78), lithi đisilicat (Fig.79), và petalit (Fig.80) trong các tấm thủy tinh-gốm được tạo ra. Độ cứng được đo trên các mẫu đã được đánh bóng tới độ dày 0,8 mm, trước khi trao đổi ion và cho các chu kỳ gồm hóa được thể hiện trên Fig.81. Độ cứng trên các mẫu được trao đổi ion được lấy từ các tấm khác nhau, và các vị trí khác nhau nằm trong tấm trong các chồng của các tấm thủy tinh-gốm được gồm hóa với các chu kỳ gồm hóa khác nhau, được thể hiện trên Fig.82 và Fig.83, và tất cả thể hiện các trị số độ cứng Vickers $> 700 \text{ kgf}$ (bộ ấn lõm Vickers, tải 200 gr). Tất cả các thủy tinh-gốm này được tạo ra trong cấu hình chồng thể hiện tổ hợp của các thuộc tính được mô tả trong bản mô tả này.

Bên cạnh các thuộc tính được mô tả ở trên, các thủy tinh-gốm được tạo ra thể hiện độ trong suốt quang học cao, đặc trưng bởi độ truyền qua quang học $> 85\%$ trong khoảng giới hạn 450-800 nm (xem Fig.84).

Độ phẳng kích cỡ một phần, độ mờ đục (tại độ dày 2,3 mm), và ứng suất bởi lưỡng chiết quang được đo trên các tấm thủy tinh-gốm được tạo ra từ các tấm thủy tinh có độ dày 2,55 mm được chồng trong các chồng cao 4 tấm với chu kỳ COR được thể hiện trên các hình từ Fig.85 đến Fig.87, theo cách tương ứng.

Độ mờ đục trong các thủy tinh-gốm này phụ thuộc vào độ dày của mẫu được đo, và độ mờ đục% tăng theo độ dày của mẫu, như được minh họa trên Fig.88, thể hiện các trị số độ mờ đục cho các mẫu được lấy từ các tấm độ dày 1,82 mm được gốm hóa trong các chồng với cấu hình 8+6 lớp ở giữa (cơ cấu định vị đáy/8 tấm/cơ cấu định vị liên lớp/6 tấm/cơ cấu định vị đỉnh) với chu kỳ SC32 (xem Fig.76). Các mẫu đầu tiên được chuẩn bị tại độ dày 1,5 mm, được đo độ mờ đục, sau đó được làm mỏng xuống độ dày 0,8 mm và được đo độ mờ đục lại. Có thể thấy rõ ràng rằng độ mờ đục trở nên thấp hơn khi được đo trên các mẫu mỏng hơn. Độ mờ đục cho các thủy tinh-gốm được mô tả theo sáng chế này là thấp hơn đường cong xu hướng được thể hiện trên Fig.89, vốn thể hiện sự phát triển của độ mờ đục theo độ dày cho các vật liệu này (độ dày tương ứng với độ dày của các mẫu được đánh bóng được sử dụng để đo độ mờ đục). Độ mờ đục được đo tạo các độ dày khác nhau cho các chu kỳ gốm hóa khác nhau được thể hiện trên Fig.90.

Chú ý rằng ác tính chất khác được đo trên các thủy tinh-gốm được tạo ra theo phần bộc lộ này là cũng phụ thuộc vào độ dày. Đáng chú ý là ứng suất bởi lưỡng chiết quang là tỉ lệ với độ dày của các mẫu được đo. Trong trường hợp của sáng chế này, ứng suất còn dưới 25 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày của các tấm được đo.

Như một ví dụ khác, dữ liệu độ phẳng kích thước một phần cho các mẫu được gốm hóa bằng cách chồng các tấm dày 1,11 mm trong cấu hình chồng 12+12 (cơ cấu định vị đáy/12 tấm/cơ cấu định vị liên lớp/12 tấm/cơ cấu định vị đỉnh) với chu kỳ SC32 được thể hiện trên Fig.76. Độ phẳng giữ bên dưới 100 μm ($=0,1\text{ mm}$) như được thể hiện trên Fig.91. Độ mờ đục trên các mẫu được đánh bóng độ dày 0,8 mm giữ $<0,2$ tại các vị trí khác nhau trong các chồng (các hình vẽ Fig. 92A đến Fig.92C), và việc tập hợp pha còn lại với pha thủy tinh còn dư giữa 10% khối lượng và 20% khối lượng, $> 39\%$ khối lượng từng pha trong các pha 1 và pha 2 (lithi đisilicat và petalit, theo cách tương ứng), và $< 3\%$ khối lượng của pha bất kỳ khác, như được đo bởi XRD

(Fig.93). Dữ liệu độ cứng cho các mẫu được gôm hóa với chu kỳ này được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig. 81 đến Fig.83.

Các ví dụ khác của các kết quả XRD Rietveld cho các chu kỳ gôm hóa khác và các thay đổi hợp phần thủy tinh có và không có thiếc (hợp phần a và b) được thể hiện trên Fig.94. Trong tất cả các trường hợp này, các pha petalit và lithi đisilicat lên tới > 39% khối lượng, với các pha tinh thể khác đang là < 3% khối lượng, pha thủy tinh còn dư có mặt từ 10 đến 20% khối lượng (được đo trên các mẫu được tạo bột).

Phổ Raman cũng được sử dụng để thu được việc tập hợp pha trong thủy tinh-gôm thu được. Ví dụ của phổ được đo trên các thủy tinh-gôm được tạo ra với các chu kỳ gôm hóa khác nhau và thể hiện các đỉnh đặc trưng cho các pha tinh thể petalit, lithi đisilicat (LS2), lithi silicat (LS) và lithi phosphat (Li_3PO_4) được thể hiện trên Fig.95. Pha lithi phosphat không được phát hiện bởi phương pháp XRD trên các thủy tinh-gôm này, nhưng được tìm ra bởi Raman. Phổ Raman có thể được sử dụng để định lượng các pha khác nhau trong các thủy tinh-gôm được chuẩn bị, sử dụng chiều cao đỉnh cho các đỉnh đặc trưng của các pha tinh thể thu được và tỉ lệ của chúng. Ví dụ của việc đo chiều cao đỉnh được thể hiện trên Fig.96. Các thủy tinh-gôm được chuẩn bị với các chu kỳ gôm hóa được thể hiện trên Fig.97 có tỉ lệ chiều cao đỉnh Raman cho petalit so với lithi phosphat giữa 1,1 – 1,3, và tỉ lệ chiều cao đỉnh Raman của lithi đisilicat so với lithi phosphat là giữa 1 – 1,2 (xem Fig.97).

Hiệu quả cơ học của các thủy tinh-gôm được mô tả trong phần bộc lộ này, được thể hiện trên các hình từ Fig. 98 đến Fig.100. Ứng suất nứt vỡ được áp dụng như được xác định bởi 4 điểm sau khi đưa vào phá hủy, sử dụng thiết bị tác động bề mặt tại 1000 grit, 180 grit và 80 grit, đã thể hiện hiệu quả cải thiện của các gôm thủy tinh này khi so sánh với thủy tinh so sánh tại độ dày 0,75 mm (Fig.98). Việc thả rơi mặt phẳng tăng dần trên 180 và 80 grit, Fig.99, thể hiện rằng hiệu quả của các thủy tinh-gôm này tại độ dày 0,6 mm và 0,65 mm vượt quá hiệu quả của các ví dụ so sánh tại 0,75 mm trên cả giấy ráp 180 grit và 80 grit sử dụng bóng thử nghiệm thả rơi Corning ClubMehd. Các thủy tinh-gôm được tạo ra thể hiện cải thiện >50% trong hiệu quả thả rơi sử dụng bóng Corning ClubMehd khi so sánh với các thủy tinh so sánh, vốn cho các độ dày

thấp hơn có CT cao hơn các ví dụ này, trên giấy ráp 80 grit, như được thể hiện trên Fig.100.

Các điều kiện trao đổi ion, các đặc tính biên dạng ứng suất và các kết quả cơ học so sánh Maxwell GC với thủy tinh với độ bền nứt vỡ cao và CT trên 9726, minh họa hiệu quả rơi và bộ phận đập được cải thiện cho phép có thủy tinh che phủ mỏng hơn với độ bền cao, được thể hiện trong các bảng 14 và 15.

Bảng 14 – các gồm thủy tinh theo các phương án thực hiện

Độ dày (mm)	KNO ₃ (% khối lượng)	NaNO ₃ (% khối lượng)	LiNO ₃ (% khối lượng)	Nhiệt độ (°C)	Thời gian (giờ)	Ứng suất nén (MPa)	Độ căng trung tâm (MPa)	Độ sâu nén (μm)	Độ cao rơi trung bình 80 grit (cm)	Ứng suất nứt vỡ được áp dụng bộ phận đập 80 grit (MPa)
0,5	60	40	0,1	500	5	284	115	104	119	
0,6	60	40	0,1	500	6	298	115	137	165	305
0,65	60	40	0,1	500	7	286	113	150	183	303
0,75	60	40	0,1	500	8	303	108	170	162	
0,8	60	40	0,1	500	8	342	112	181	215	330

Bảng 15 – Các gồm thủy tinh theo các ví dụ so sánh

Độ dày (mm)	KNO ₃ (% khối lượng)	NaNO ₃ (% khối lượng)	LiNO ₃ (% khối lượng)	Nhiệt độ (°C)	Thời gian (giờ)	Ứng suất nén (MPa)	Độ căng trung tâm (MPa)	Độ sâu nén (μm)	Độ cao rơi trung bình 80 grit (cm)	Ứng suất nứt vỡ được áp dụng bộ phận đập 80 grit (MPa)
0,50	88,8	10	1,2	447	7	621	135	122	56	
0,60	88,6	10	1,4	447	7,33	630	123	140	96	
0,75	86,2	11,8	2	450	8,4	607	105	166	121	243
0,80	86,2	11,8	2	450	8,4	603	102	174	135	238

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực sẽ hiểu rằng các cải biến và các thay đổi khác nhau có thể được tạo ra cho các phương án thực hiện được mô tả ở đây mà không tách khỏi ý tưởng hoặc phạm vi của các đối tượng được yêu cầu bảo hộ. Do đó bản mô tả này nhằm mục đích bao hàm cả các cải biến và các thay đổi của các phương

án thực hiện khác nhau được mô tả ở đây, miễn là các cải biến và các thay đổi này nằm trong phạm vi bảo hộ của các yêu cầu bảo hộ kèm theo và các tương đương của chúng.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Vật phẩm gồm thủy tinh chứa:

pha tinh thể lithi đisilicat;

pha tinh thể petalit; và

pha thủy tinh còn dư, trong đó

vật phẩm gồm thủy tinh có:

độ vênh (μm) $< (3,65 \times 10^{-9} / \mu\text{m} \times \text{đường chéo}^2)$ trong đó đường chéo là số đo đường chéo của vật phẩm gồm thủy tinh theo μm ;

ứng suất nhỏ hơn 30 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày vật phẩm gồm thủy tinh;

độ mờ đục (%) $< 0,0994t + 0,12$ trong đó t là độ dày của vật phẩm gồm thủy tinh theo mm; và

độ truyền qua quang học (%) $> 0,91 \times 10^{(2-0,03t)}$ của các bước sóng bức xạ điện từ từ 450 nm tới 800 nm, trong đó t là độ dày của vật phẩm gồm thủy tinh theo mm.

2. Vật phẩm gồm thủy tinh theo điểm 1, trong đó vật phẩm gồm thủy tinh có độ bền nứt vỡ trong khoảng giới hạn từ 1,0 MPa $\sqrt{\text{m}}$ tới 2,0 MPa $\sqrt{\text{m}}$.

3. Vật phẩm gồm thủy tinh theo điểm 1, trong đó vật phẩm gồm thủy tinh có độ cứng được đo bởi bộ ấn lõm Vickers tại tải 200 g là lớn hơn 680 kgf.

4. Vật phẩm gồm thủy tinh theo điểm 1, trong đó vật phẩm gồm thủy tinh được gia cường và có ứng suất nén lớn hơn 175 MPa.

5. Vật phẩm gồm thủy tinh theo điểm 4, trong đó vật phẩm gồm thủy tinh có độ căng trung tâm lớn hơn hoặc bằng với 80 MPa.

6. Vật phẩm gồm thủy tinh theo điểm 4, trong đó vật phẩm gồm thủy tinh có độ sâu nén là $0 \cdot t$ tới $0,3 \cdot t$, trong đó t là độ dày của vật phẩm gồm thủy tinh.

7. Vật phẩm gồm thủy tinh theo điểm 1, trong đó vật phẩm gồm thủy tinh chứa lớn hơn 20% khối lượng là pha tinh thể lithi đisilicat.

8. Vật phẩm gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh chứa lớn hơn 20% khối lượng là pha tinh thể petalit.
9. Vật phẩm gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh chứa từ 5% khối lượng tới 30% khối lượng là pha thủy tinh còn dư.
10. Vật phẩm gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có độ vênh được đo trên các vật phẩm thủy tinh 156 mm x 76 mm là nhỏ hơn 100 μm .
11. Vật phẩm gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có ứng suất nhỏ hơn 25 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày vật phẩm gốm thủy tinh.
12. Vật phẩm gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có độ mờ đục được đo tại độ dày 0,8 mm là nhỏ hơn 0,20.
13. Vật phẩm gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có độ truyền qua quang học của các bước sóng bức xạ điện từ từ 450 nm tới 800 nm được đo tại độ dày 0,8 mm là lớn hơn 85%.
14. Vật phẩm gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có độ dày từ 0,3 mm và 1,0 mm.
15. Vật phẩm gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh chứa pha tinh thể lithi phosphat.
16. Thiết bị điện tử có bề mặt trong suốt, trong đó bề mặt trong suốt bao gồm vật phẩm gốm thủy tinh có độ dày từ 0,3 mm tới 1,0 mm, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh này chứa:

pha tinh thể lithi đisilicat;

pha tinh thể petalit; và

pha thủy tinh còn dư, trong đó

vật phẩm gốm thủy tinh này có:

$\text{độ vênh } (\mu\text{m}) < (3,65 \times 10^{-9} / \mu\text{m} \times \text{đường chéo}^2)$ trong đó đường chéo là số đo đường chéo của vật phẩm gốm thủy tinh theo μm ;

ứng suất nhỏ hơn 30 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày vật phẩm gốm thủy tinh;

độ mờ đục (%) < $0,0994t + 0,12$ trong đó t là độ dày của vật phẩm gốm thủy tinh theo mm; và

độ truyền qua quang học (%) > $0,91 \times 10^{(2-0,03t)}$ của các bước sóng bức xạ điện từ từ 450 nm tới 800 nm, trong đó t là độ dày của vật phẩm gốm thủy tinh theo mm.

17. Thiết bị điện tử theo điểm 16, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có độ bền nứt vỡ trong khoảng giới hạn từ $1,0 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ tới $2,0 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$.

18. Thiết bị điện tử theo điểm 16, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có độ cứng được đo bởi bộ ấn lõm Vickers tại tải 200 g là lớn hơn 680 kgf.

19. Thiết bị điện tử theo điểm 16, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh được gia cường và có ứng suất nén lớn hơn 175 MPa.

20. Thiết bị điện tử theo điểm 19, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có độ căng trung tâm lớn hơn hoặc bằng với 80 MPa.

21. Thiết bị điện tử theo điểm 19, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có độ sâu nén là $0 \cdot t$ tới $0,3 \cdot t$, trong đó t là độ dày của vật phẩm gốm thủy tinh.

22. Thiết bị điện tử theo điểm 16, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh chứa lớn hơn 20% khối lượng là pha tinh thể lithi đisilicat.

23. Thiết bị điện tử theo điểm 16, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh chứa lớn hơn 20% khối lượng là pha tinh thể petalit.

24. Thiết bị điện tử theo điểm 16, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh chứa từ 5% khối lượng tới 30% khối lượng là pha thủy tinh còn dư.

25. Thiết bị điện tử theo điểm 16, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có độ vênh được đo trên các tấm 156 mm x 76 mm là nhỏ hơn 100 μm .

26. Thiết bị điện tử theo điểm 16, trong đó vật phẩm gốm thủy tinh có ứng suất nhỏ hơn 25 nm của việc hãm cho mỗi mm độ dày tấm.

27. Thiết bị điện tử theo điểm 16, trong đó vật phẩm gồm thủy tinh có độ mờ đục được đo tại độ dày 0,8 mm là nhỏ hơn 0,20.

28. Thiết bị điện tử theo điểm 16, trong đó vật phẩm gồm thủy tinh có độ truyền qua quang học của các bước sóng bức xạ điện từ từ 450 nm tới 800 nm được đo tại độ dày 0,8 mm là lớn hơn 85%.

29. Thiết bị điện tử theo điểm 16, trong đó vật phẩm gồm thủy tinh có độ dày từ 0,3 mm và 1,0 mm.

1 / 80

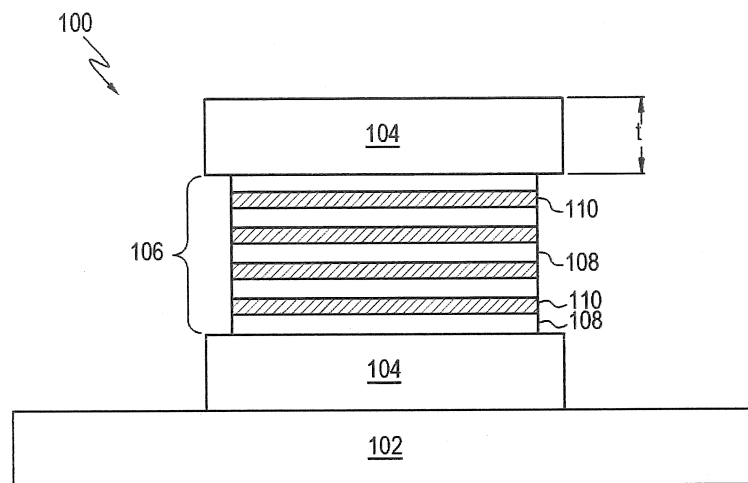


FIG. 1

2 / 80

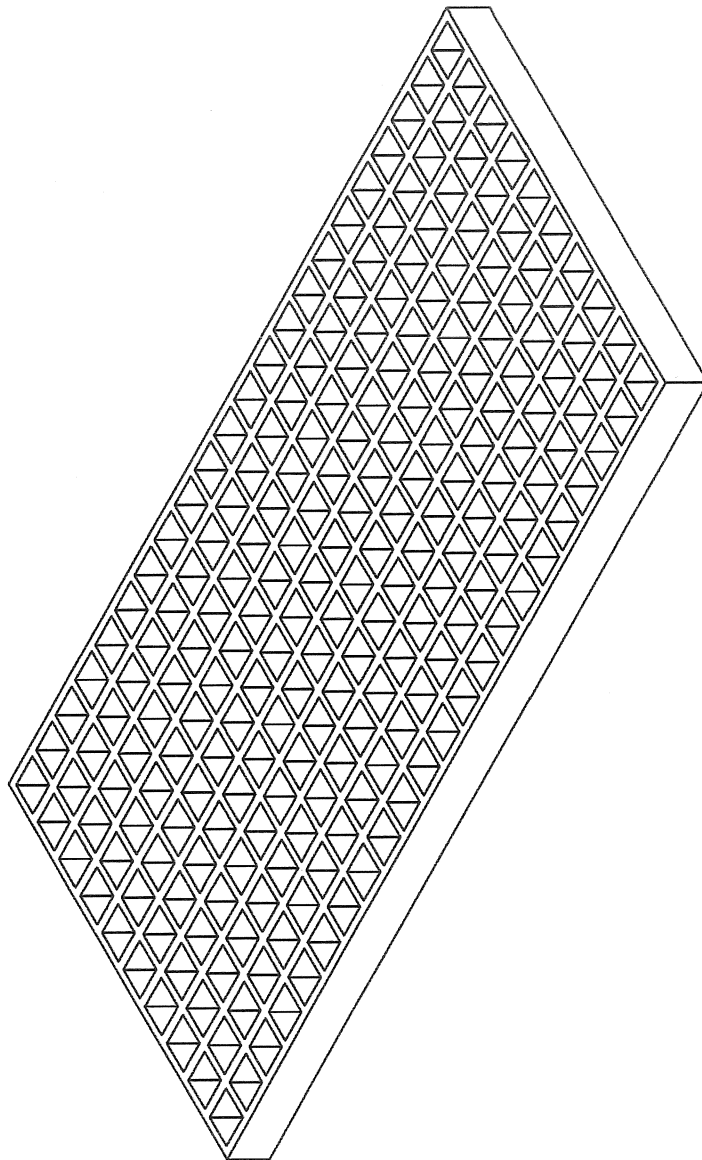


FIG. 2

3 / 80

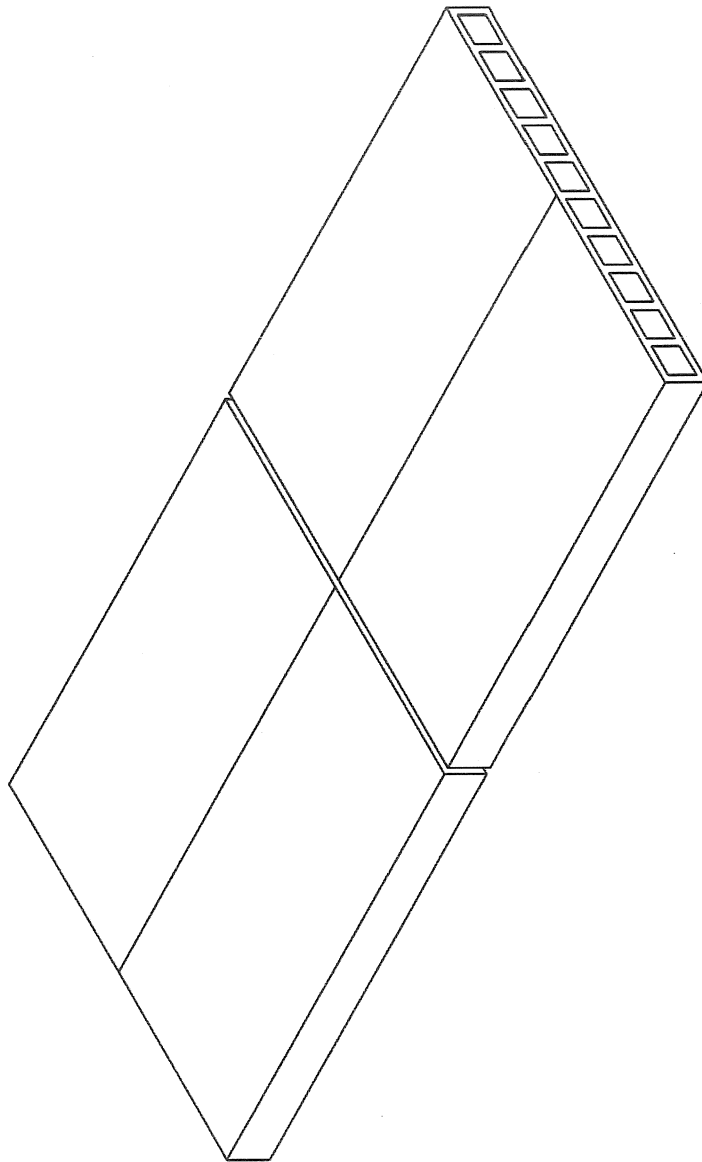


FIG. 3

4/ 80

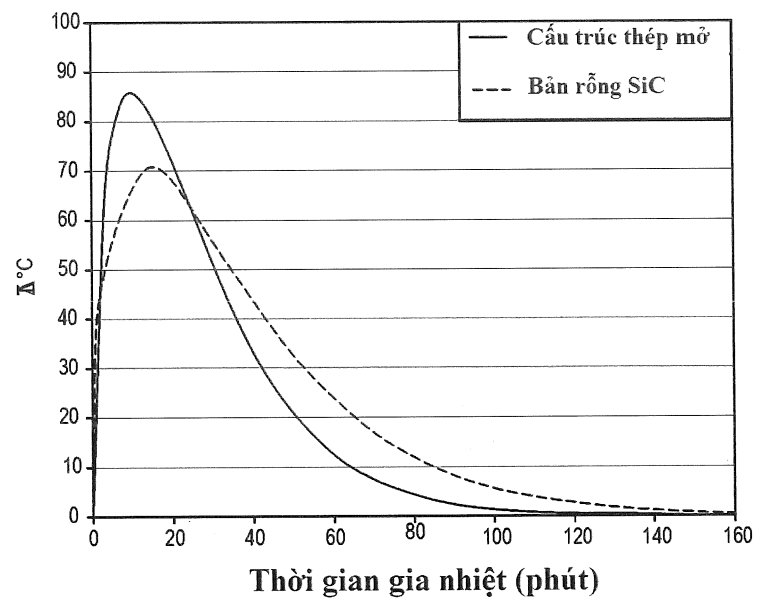


FIG. 4

5 / 80

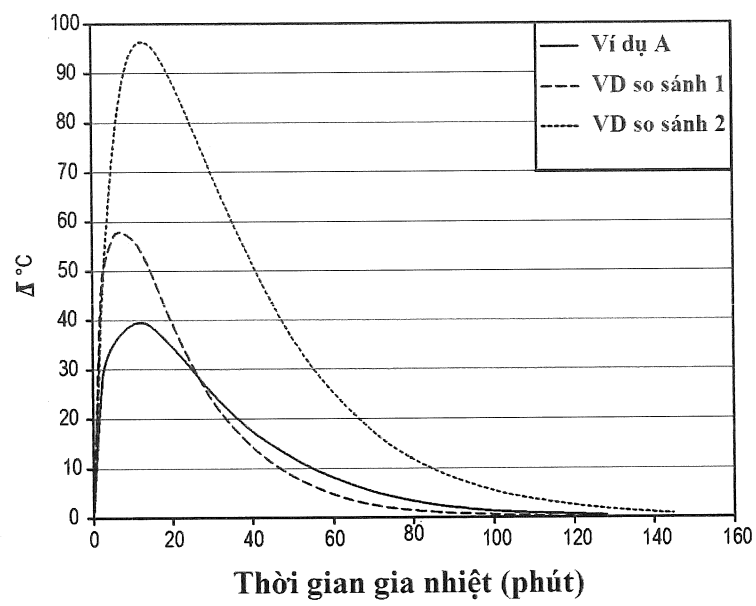


FIG. 5

6 / 80

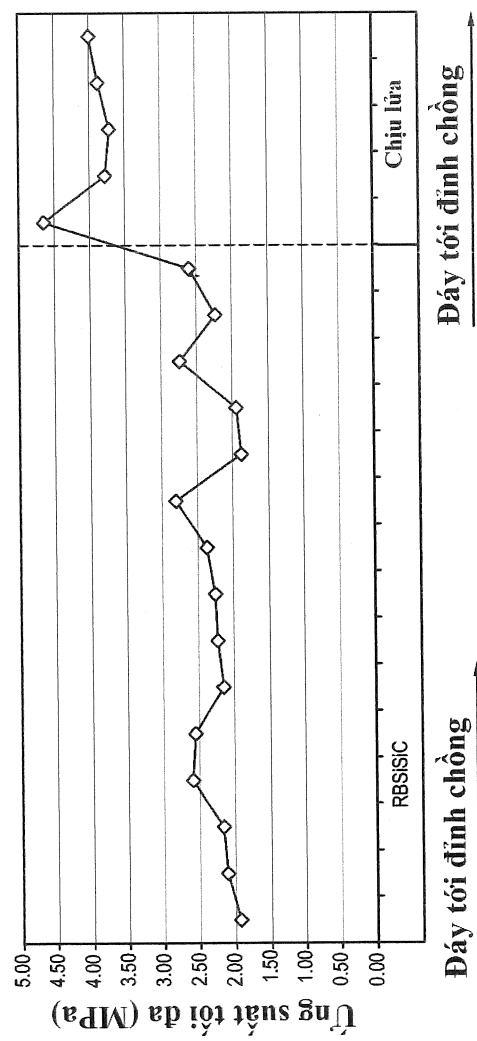


FIG. 6

7 / 80

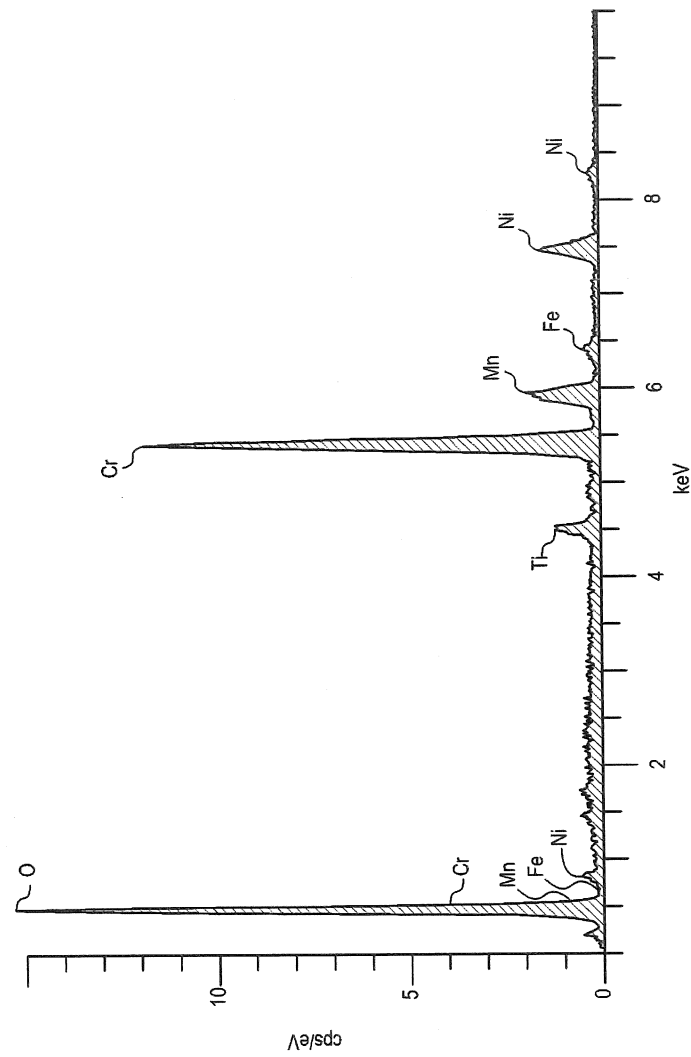


FIG. 7

8/ 80

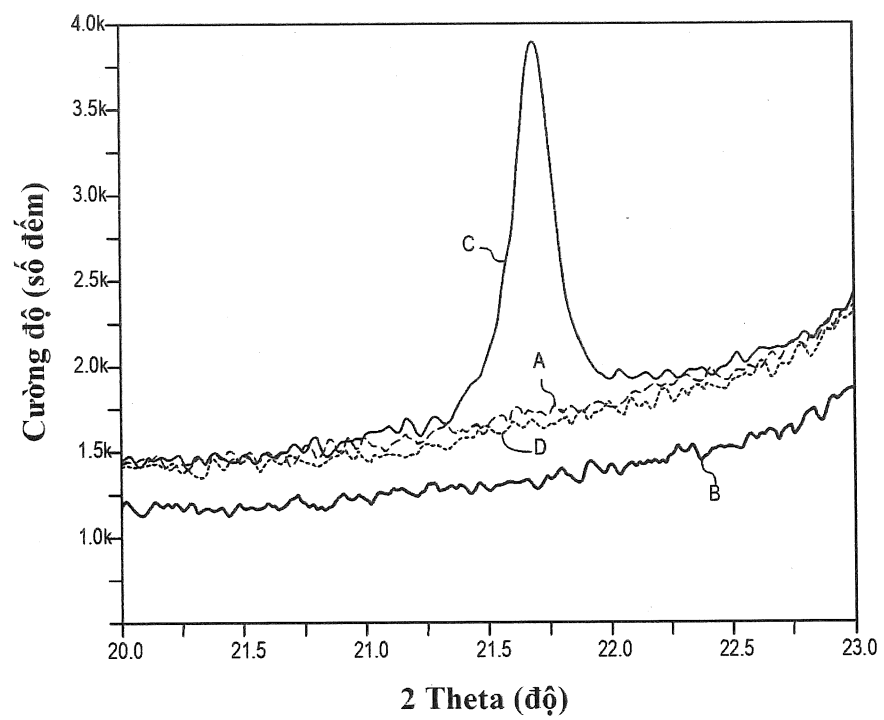


FIG. 8

10 / 80

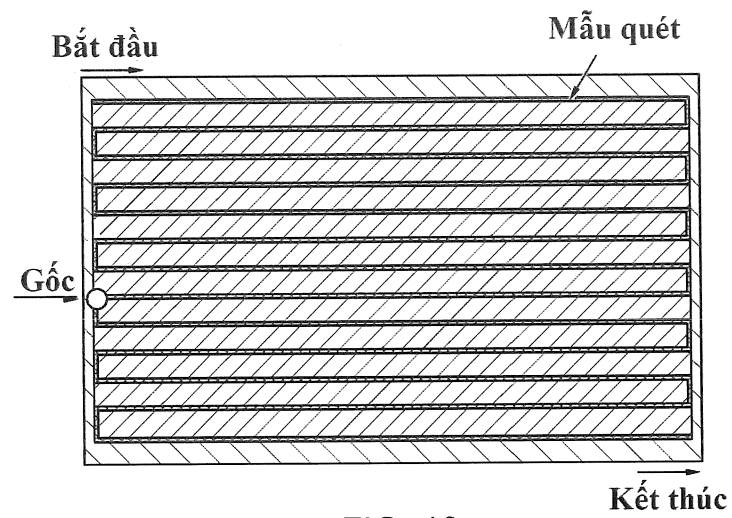


FIG. 10

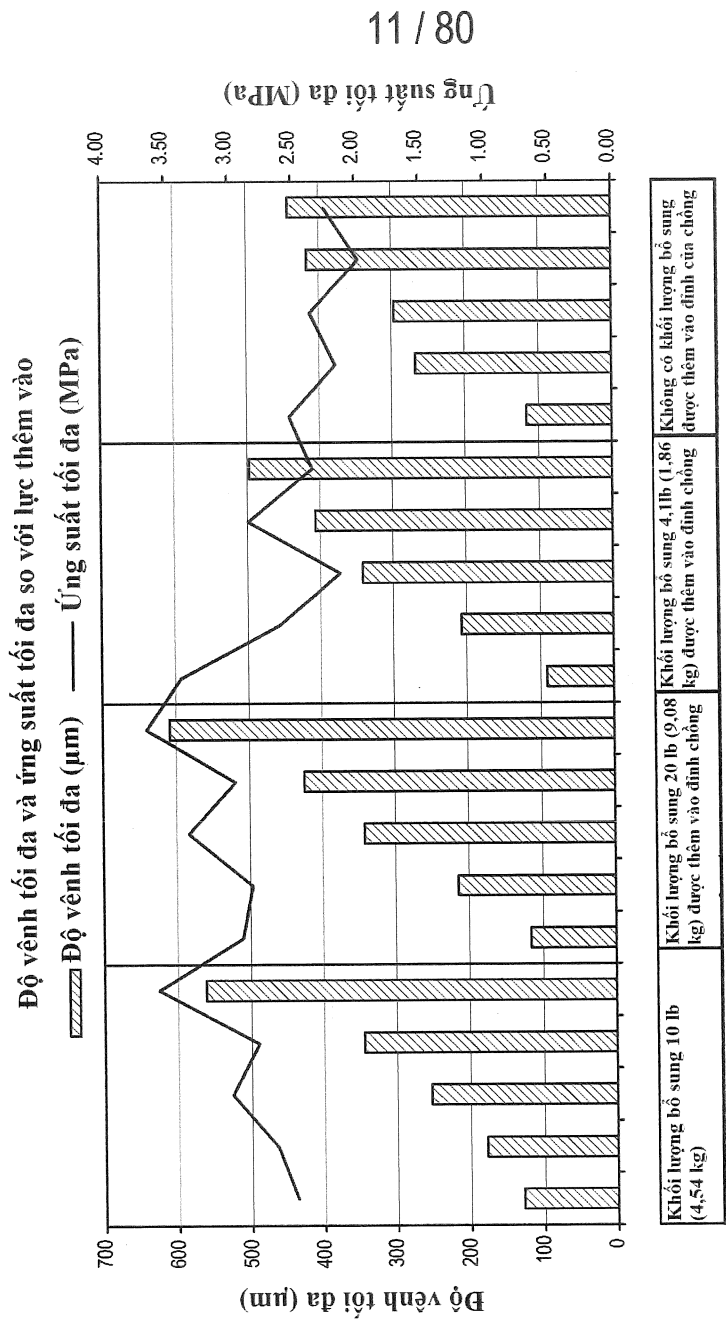


FIG. 11

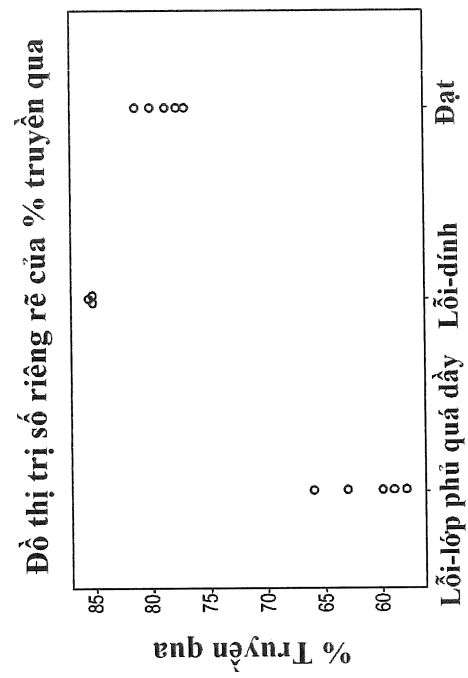


FIG. 12

13 / 80

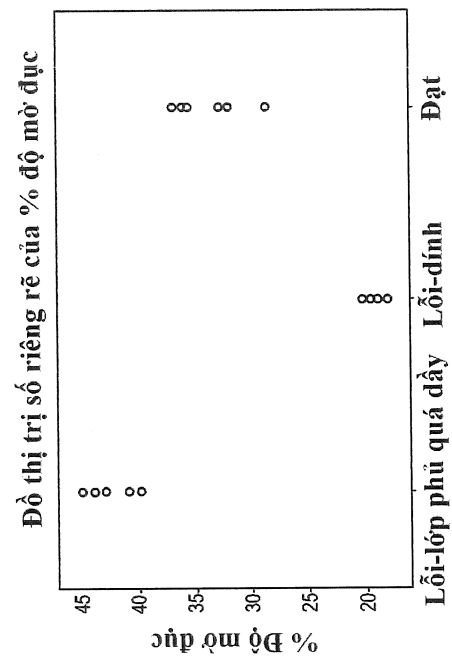


FIG. 13

14 / 80

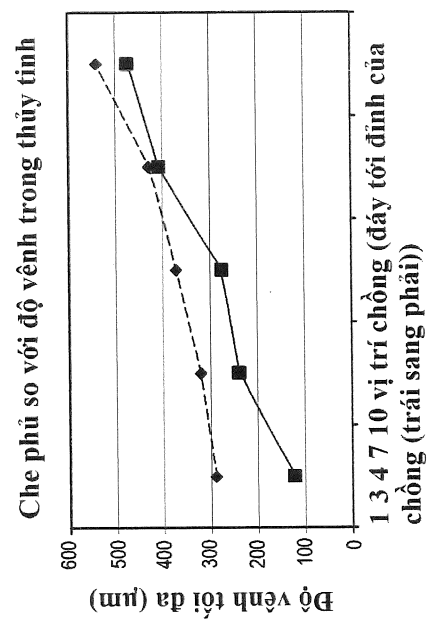


FIG. 14

15/ 80

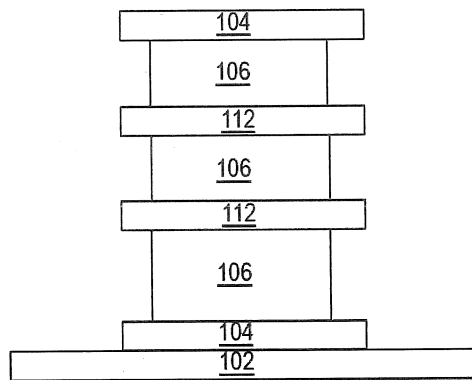


FIG. 15

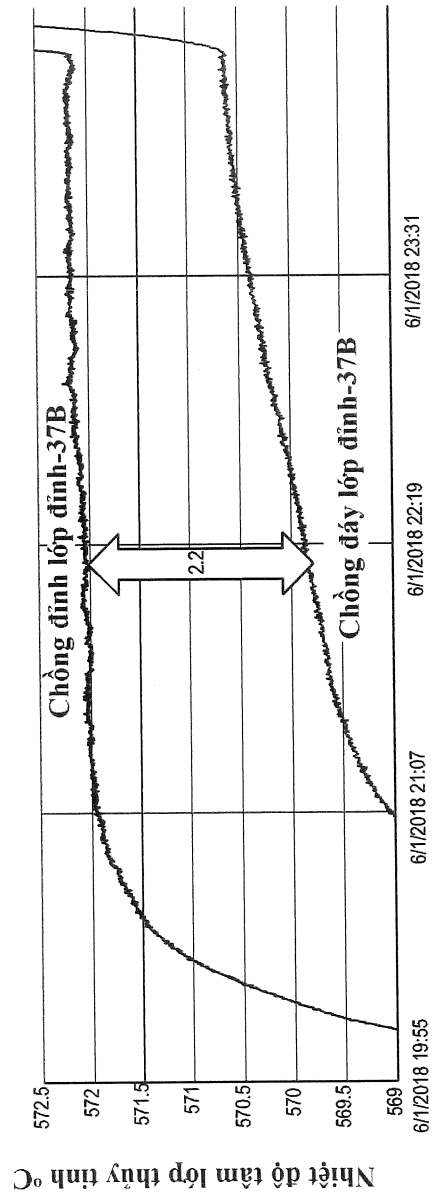


FIG. 16

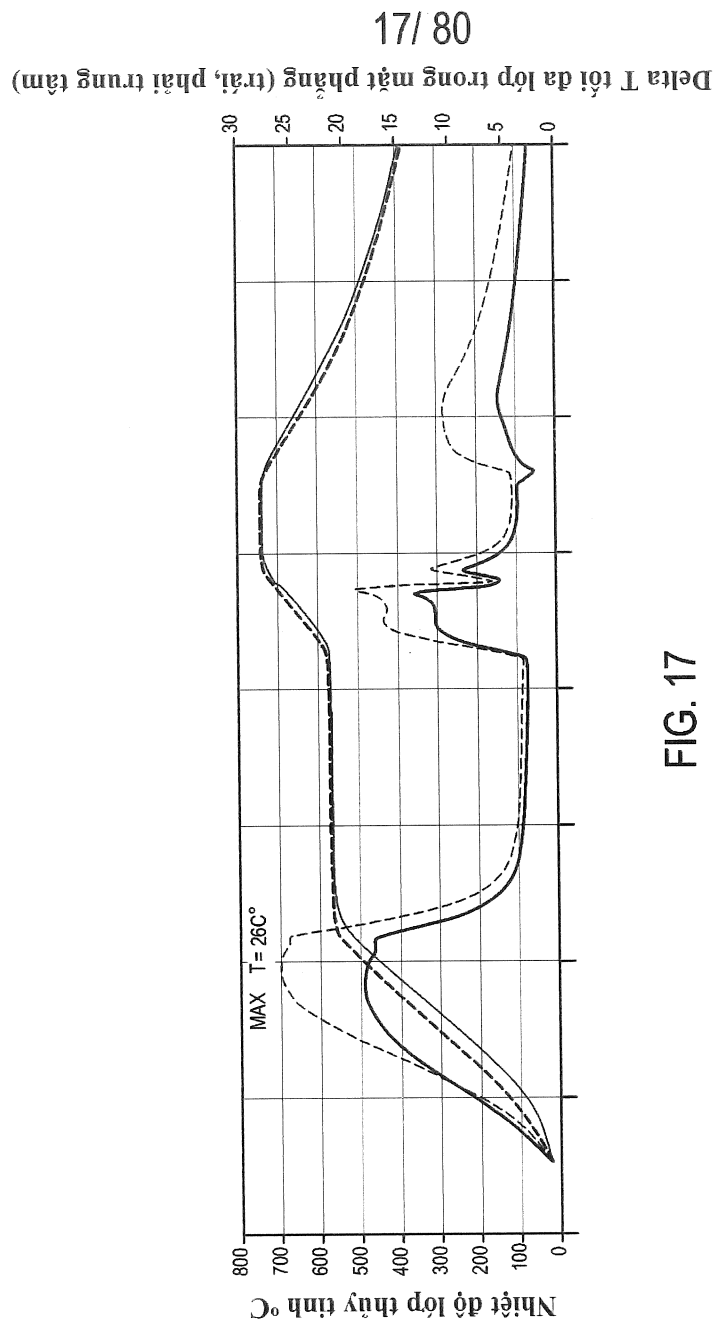


FIG. 17

19 / 80

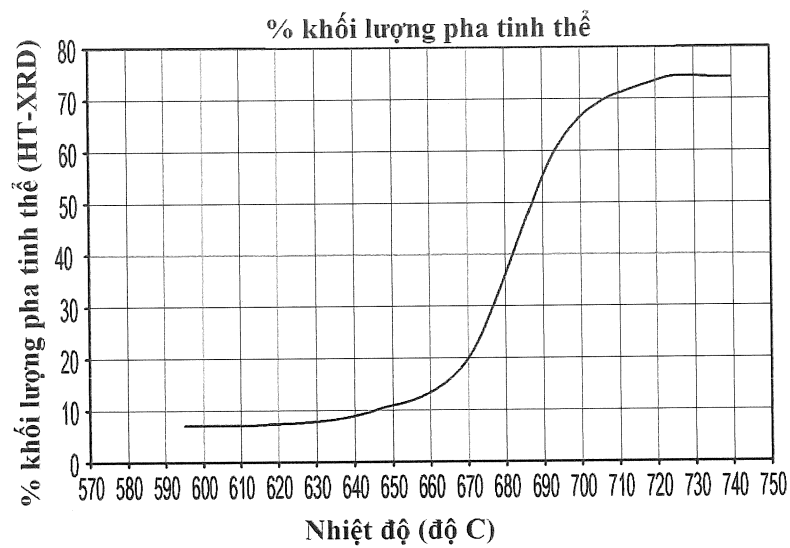


FIG. 19

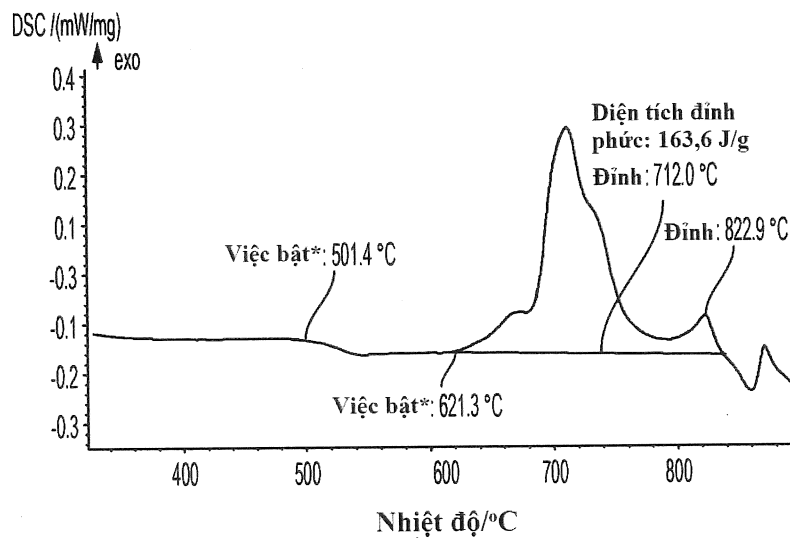


FIG. 20

20 / 80

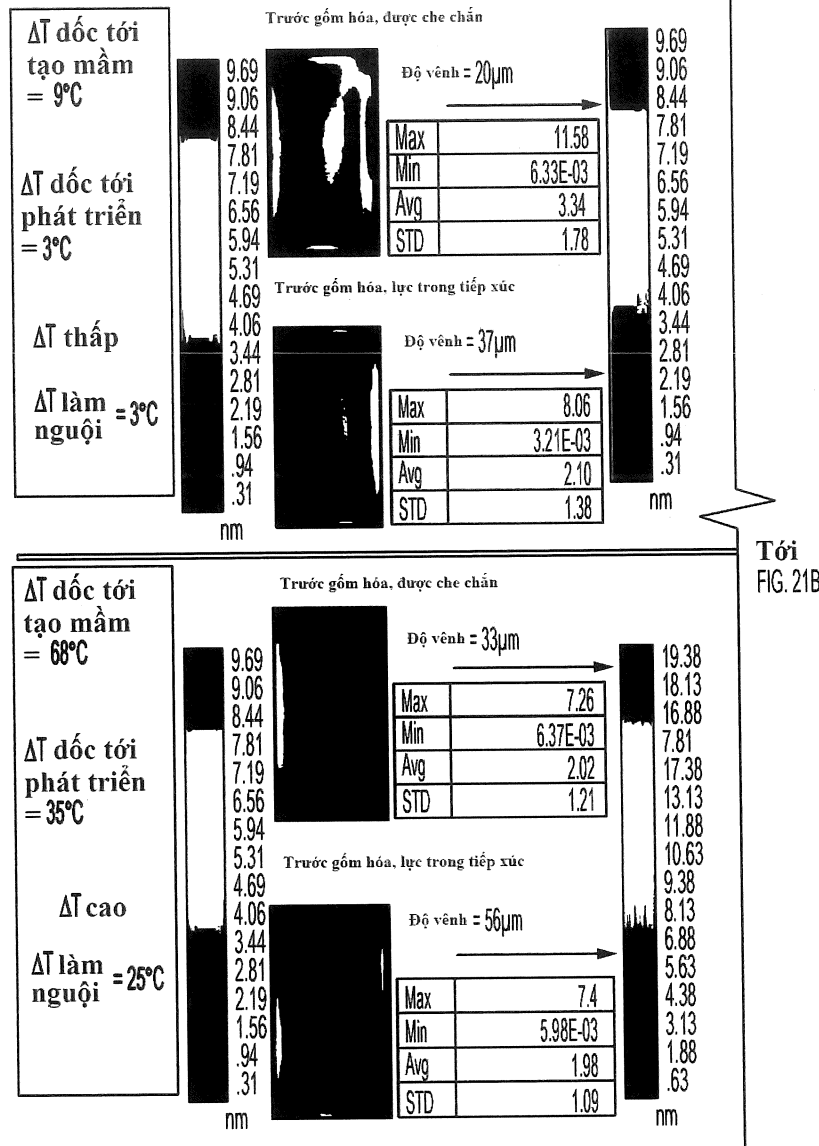


FIG. 21A

21 / 80

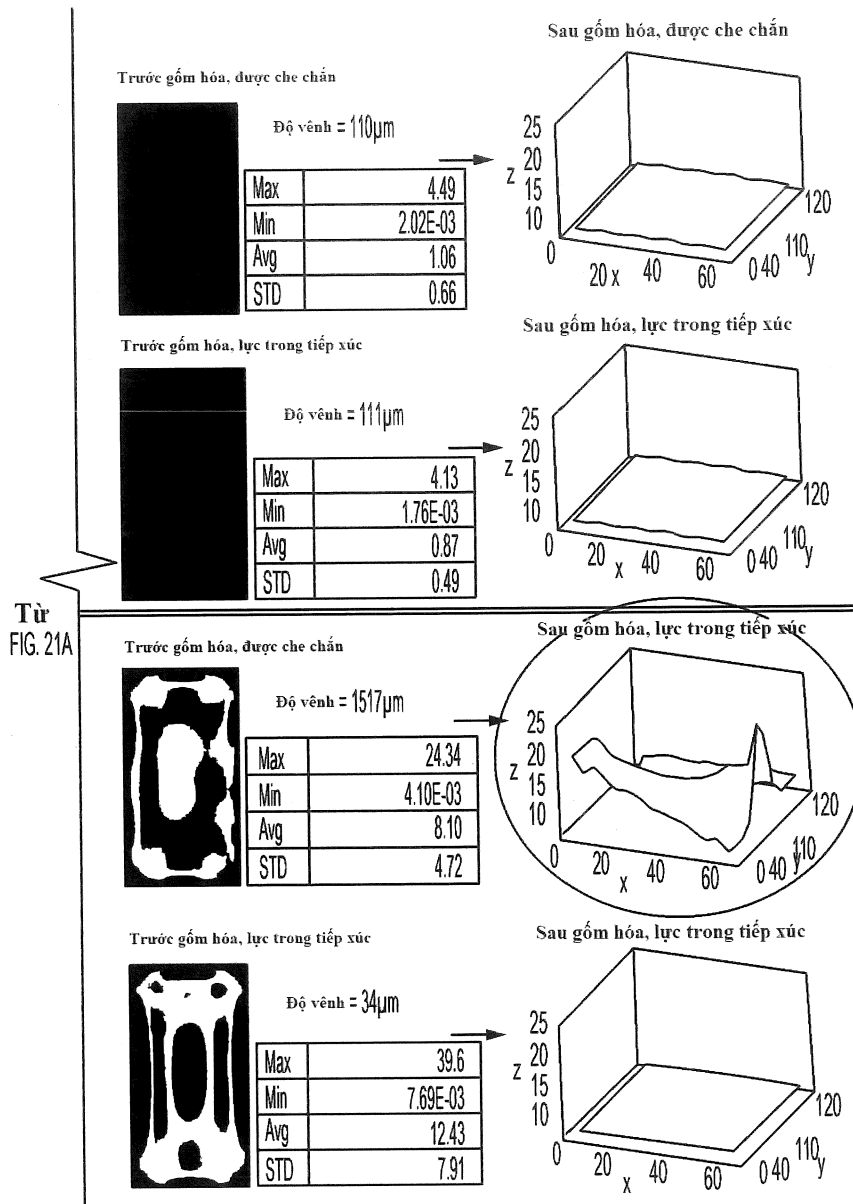


FIG. 21B

22 / 80

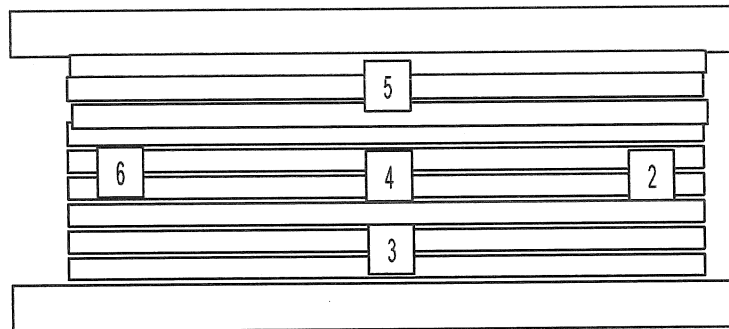


FIG. 22

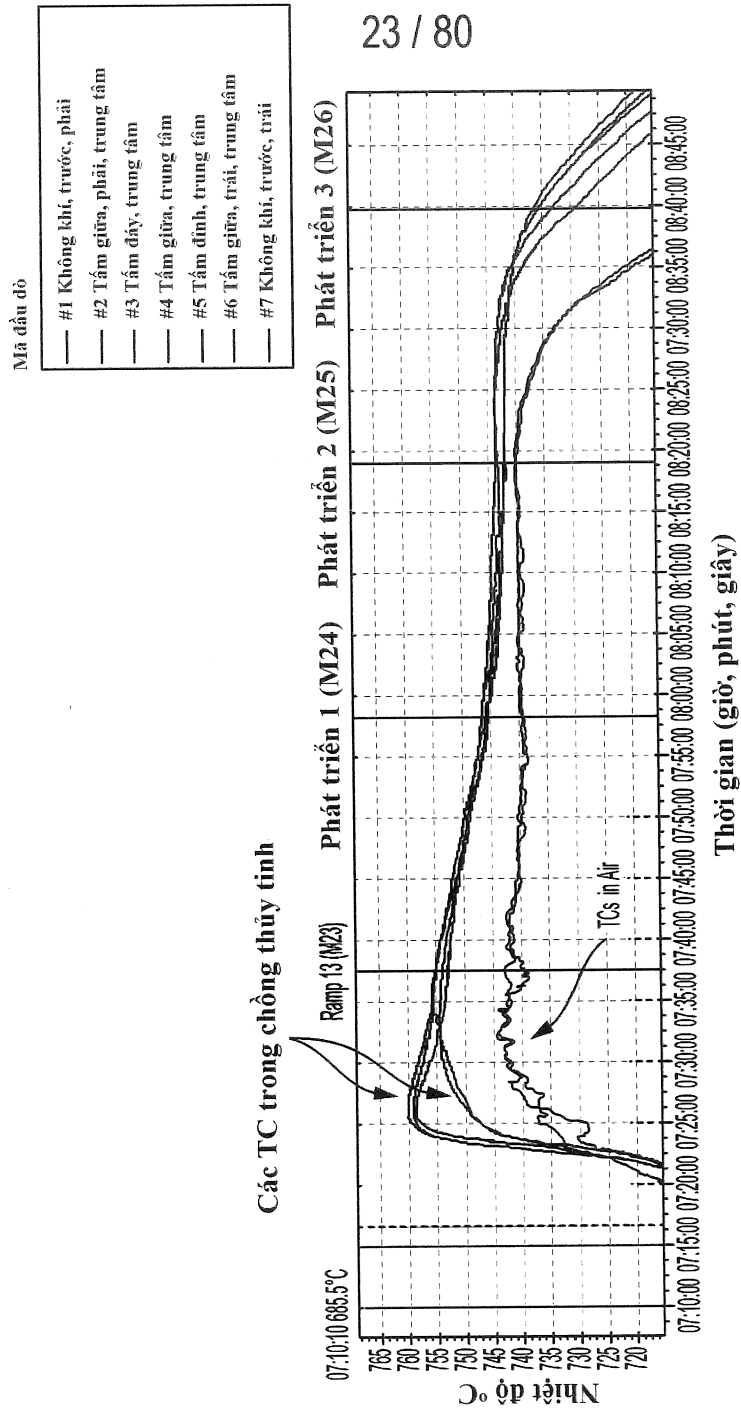


FIG. 23

24 / 80

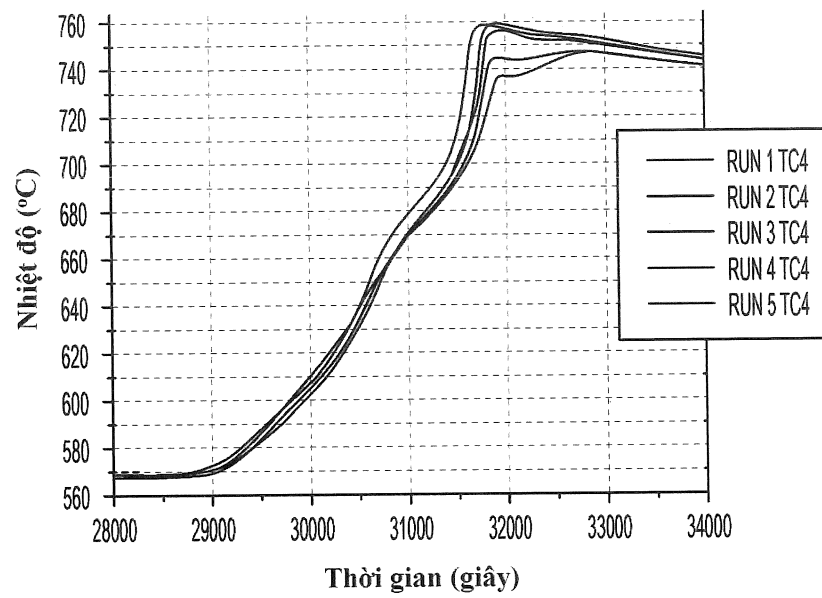


FIG. 24

25 / 80

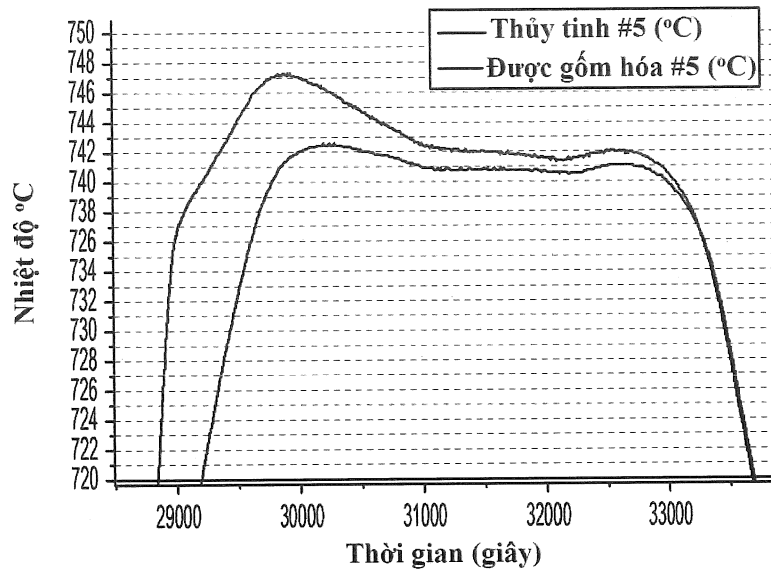


FIG. 25

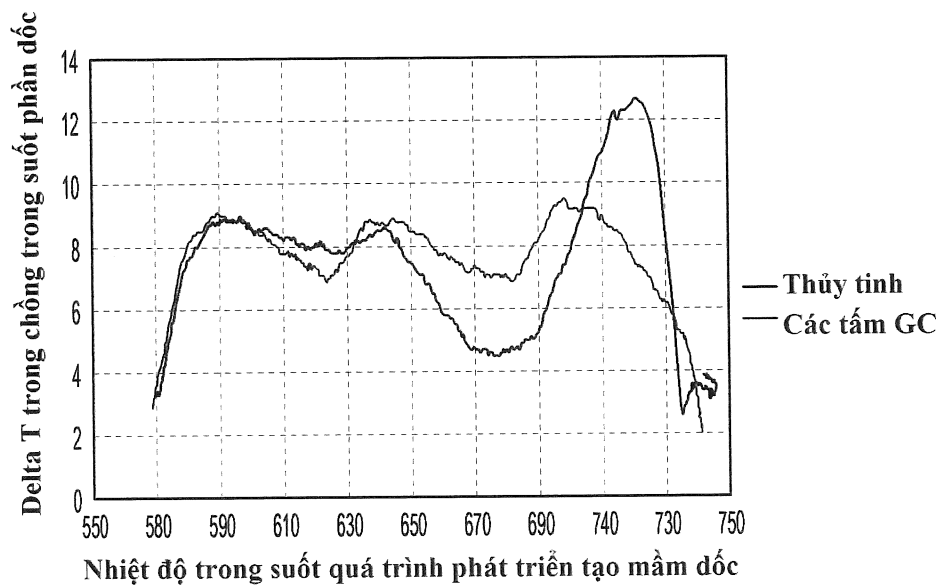


FIG. 26

26/ 80

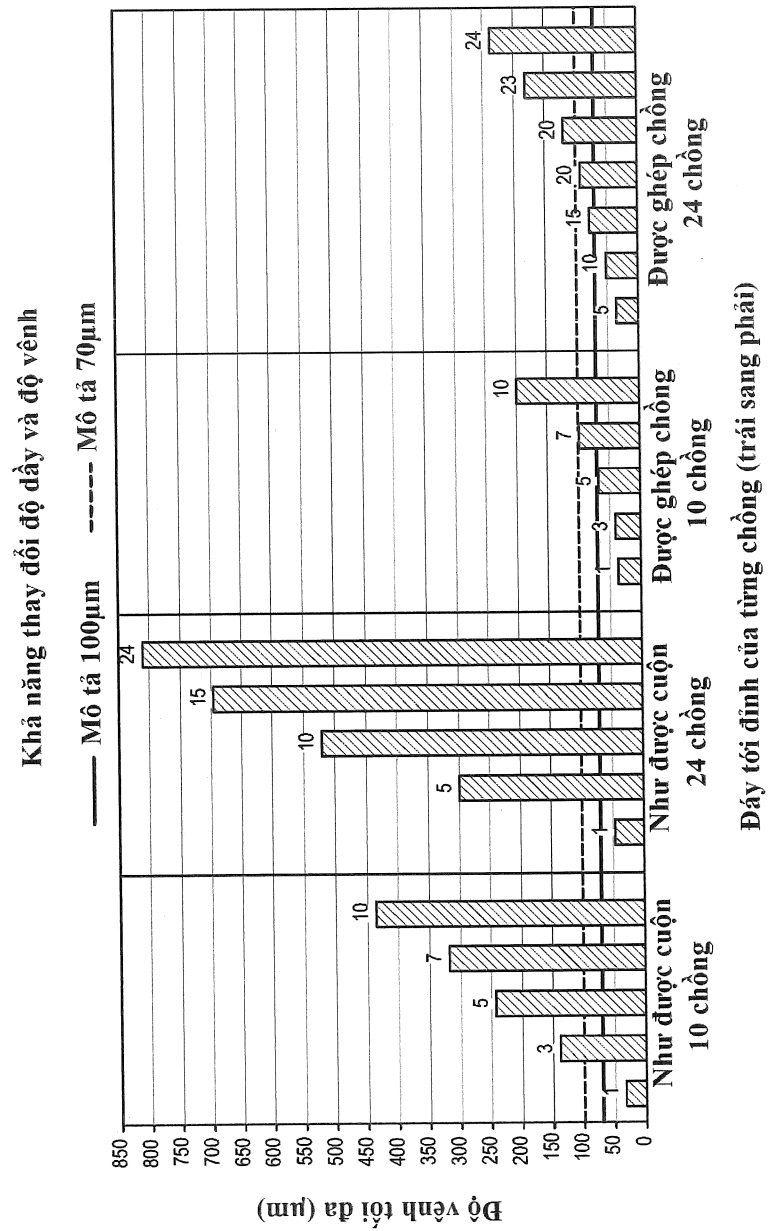
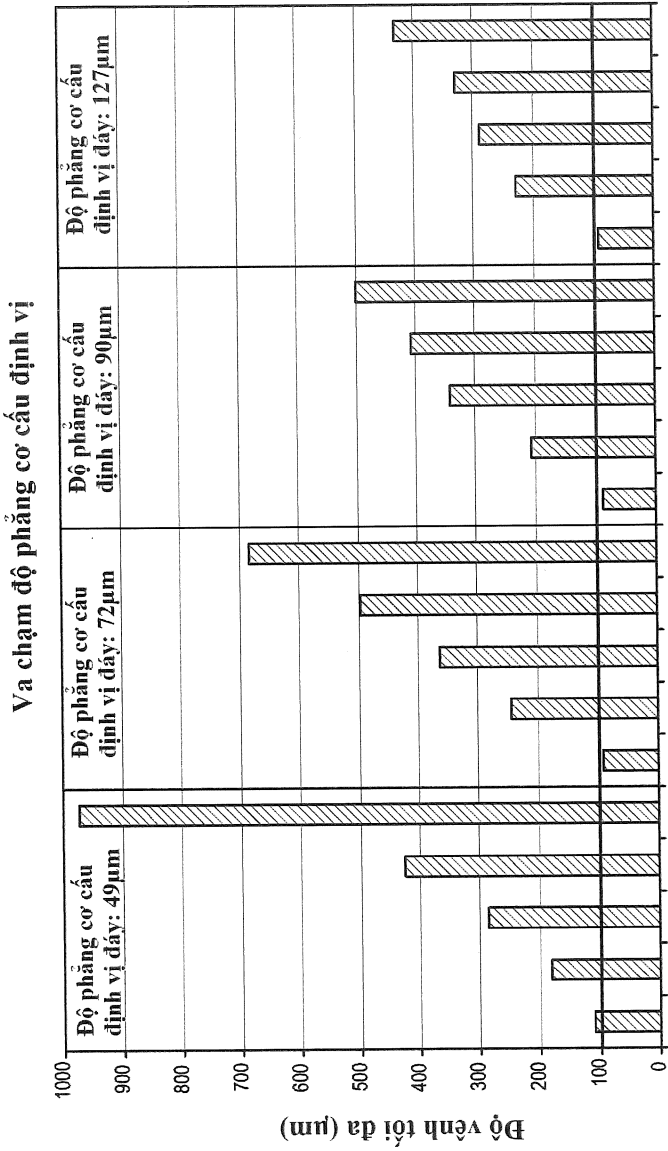


FIG. 27

27 / 80



Đáy tới đỉnh của chồng (trái sang phải)

FIG. 28

28 / 80

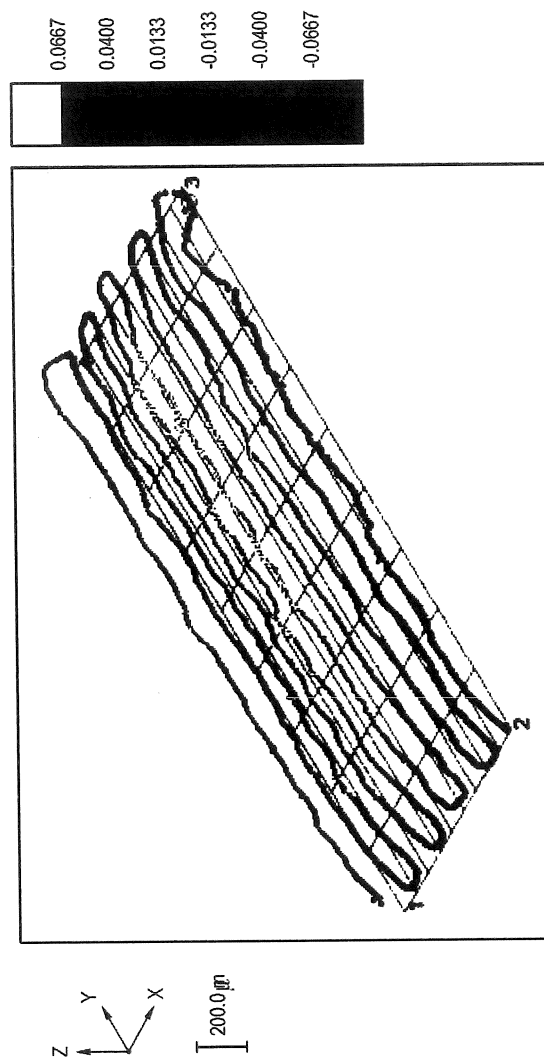


FIG. 29A

29 / 80

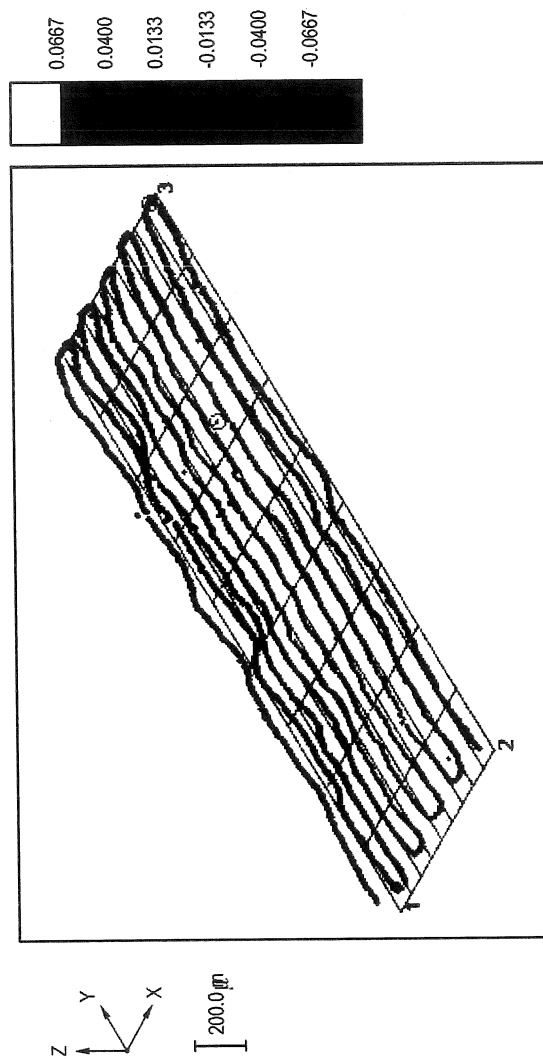


FIG. 29B

30 / 80

ID phần Thang đo 10nm
với hạt



ID phần Thang đo 10nm
với hạt

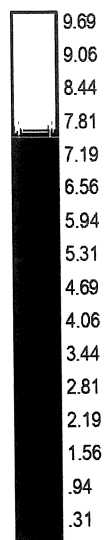
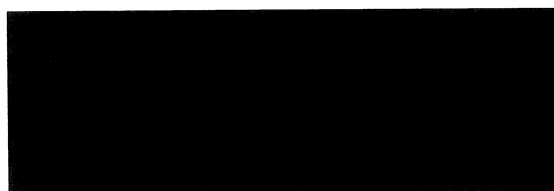


FIG. 30

31 / 80

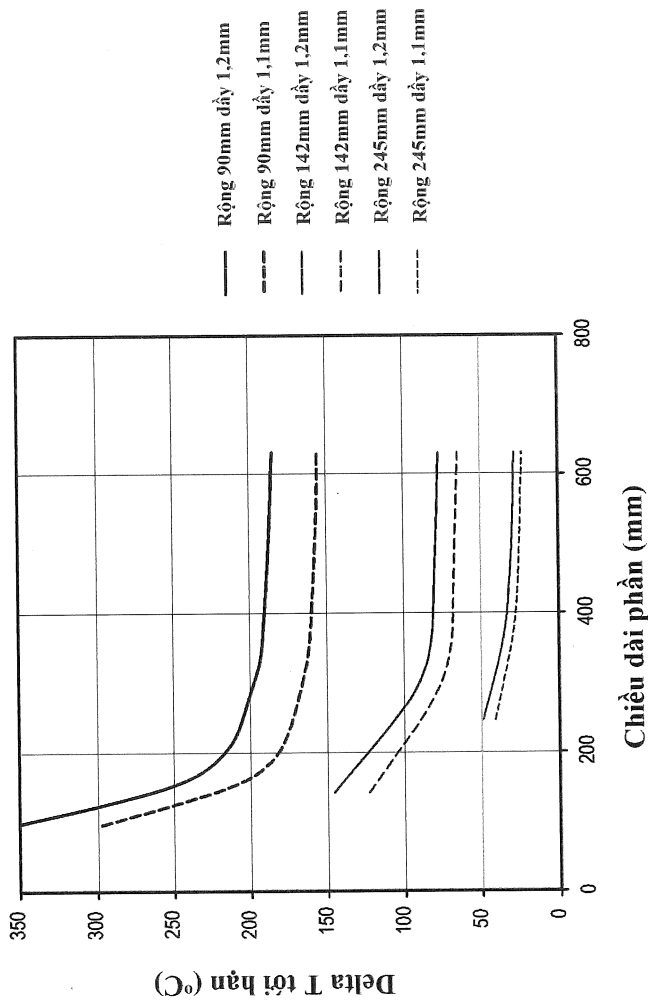
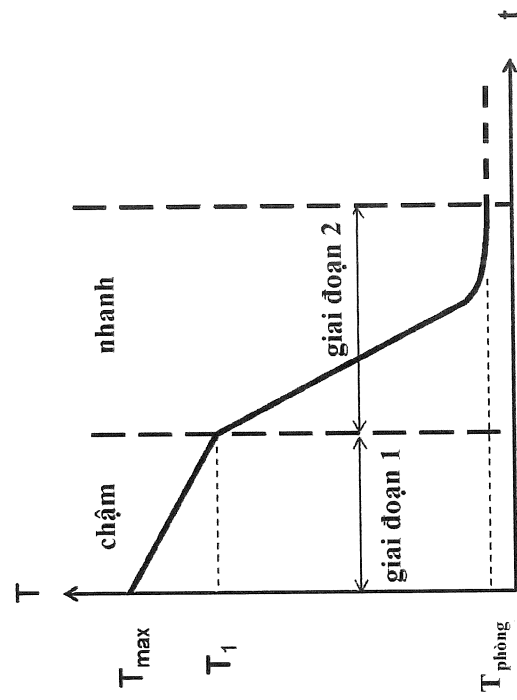


FIG. 31

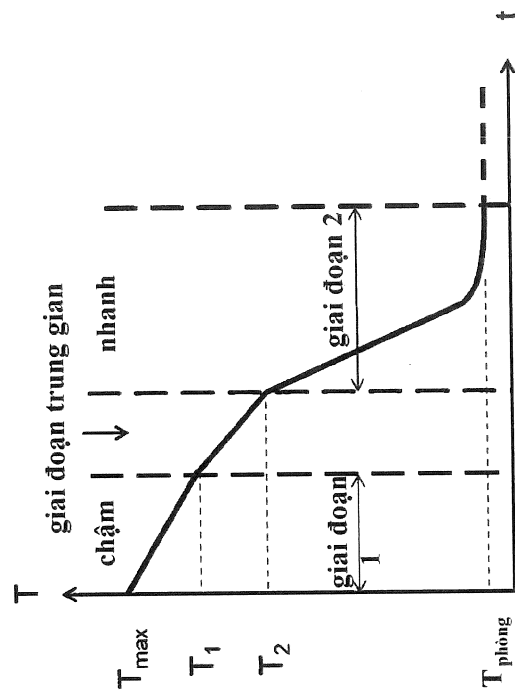
32/ 80

FIG. 32



33/80

FIG. 33



34 / 80

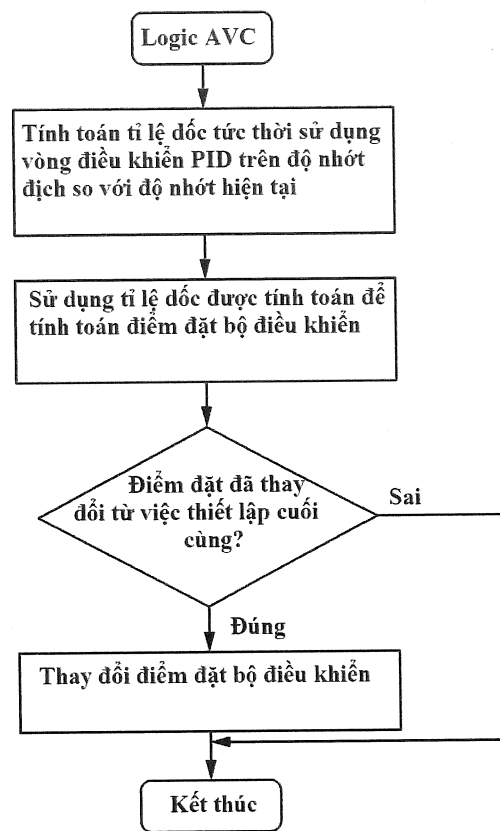


FIG. 34

35 / 80

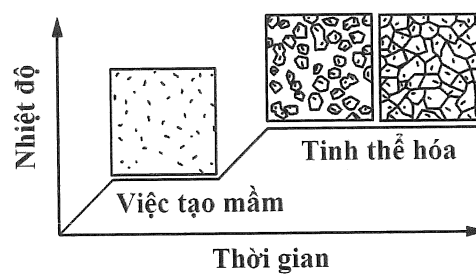


FIG. 35A

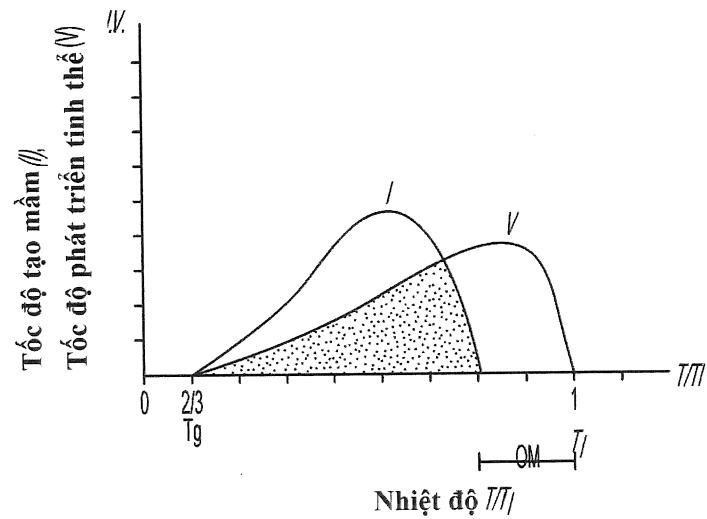


FIG. 35B

36/80

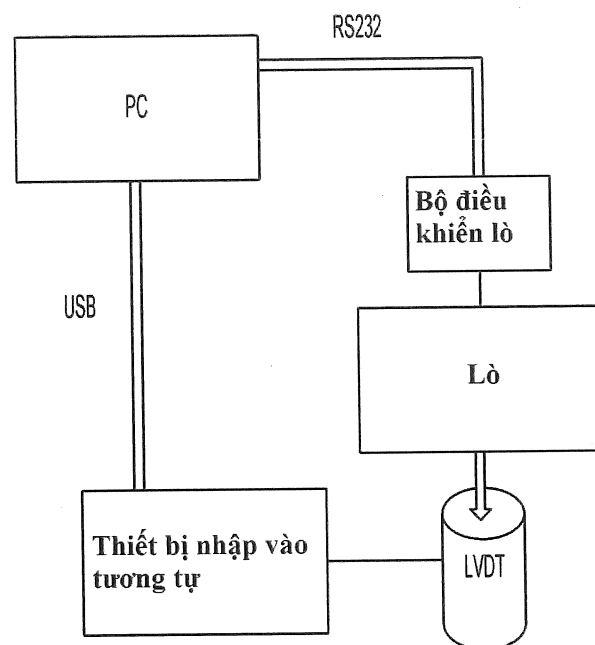
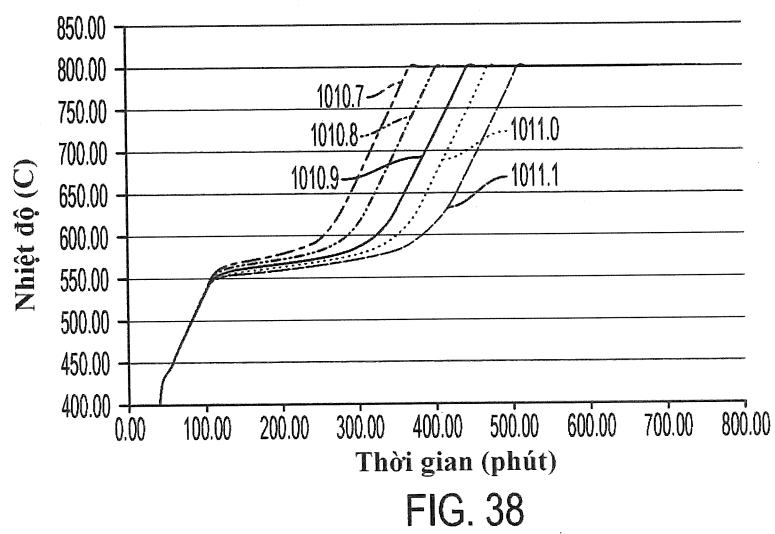
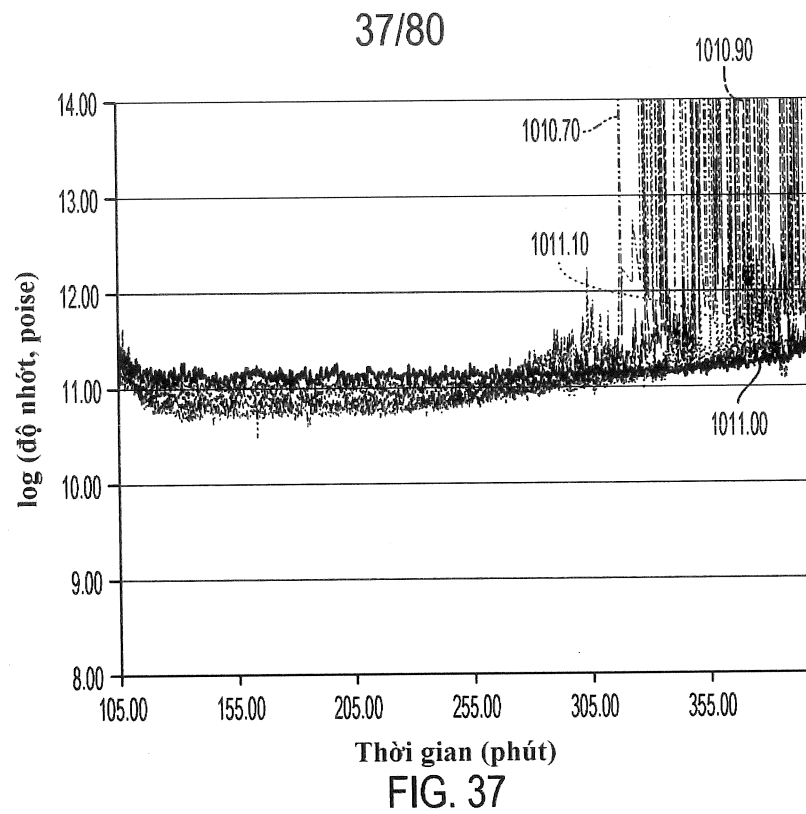


FIG. 36



38/80

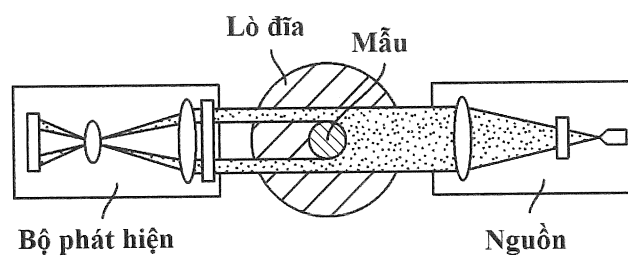


FIG. 39

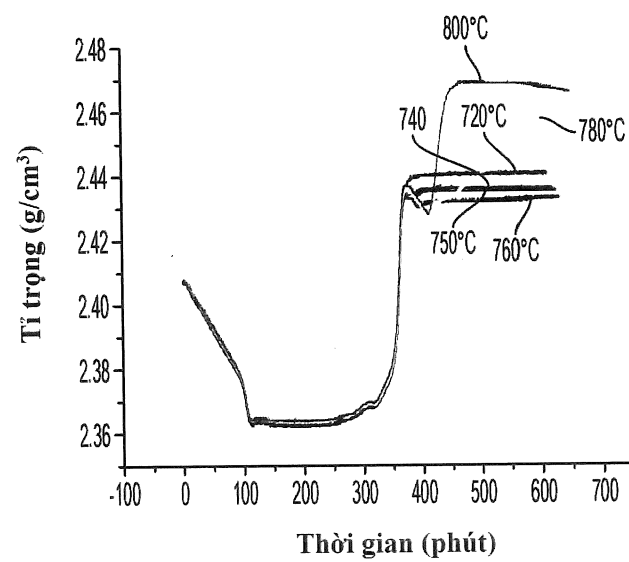


FIG. 40

39/80

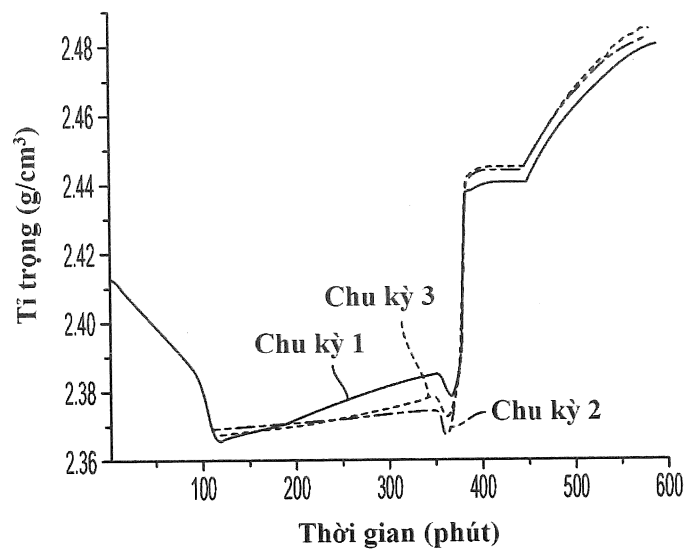


FIG. 41

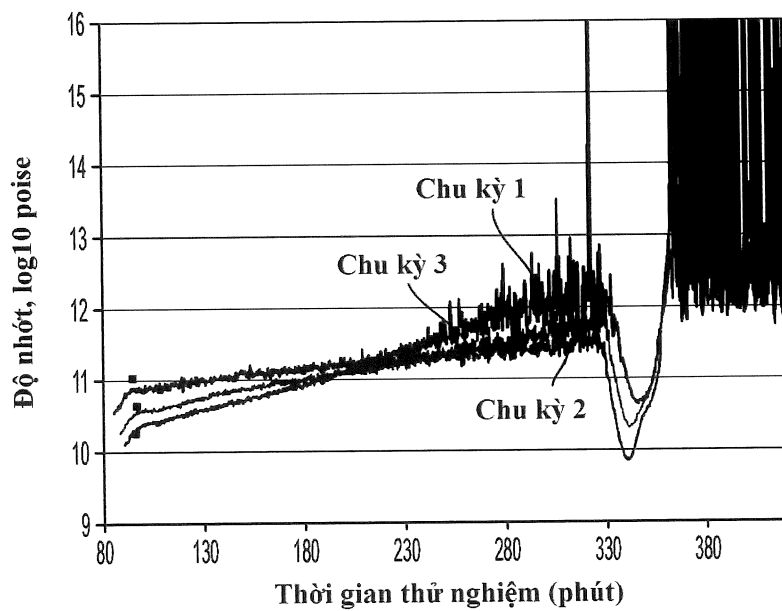


FIG. 42

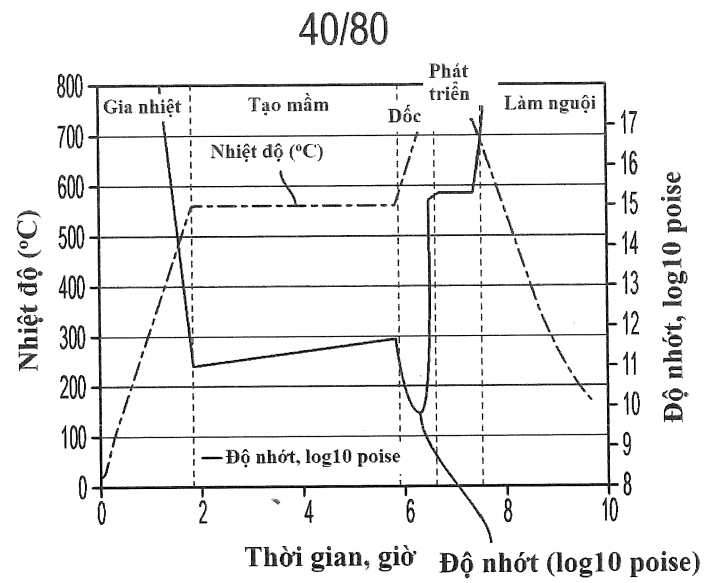


FIG. 43

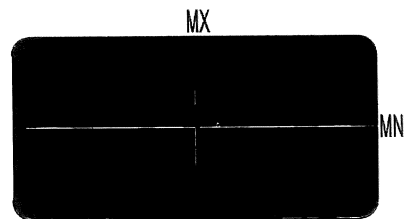


FIG. 44A

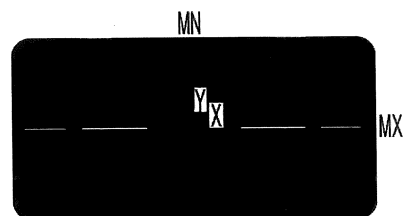


FIG. 44B

41/80

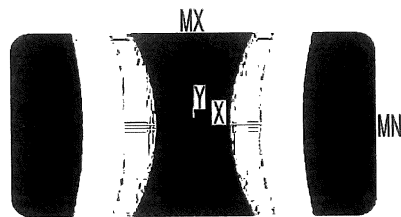


FIG. 44C

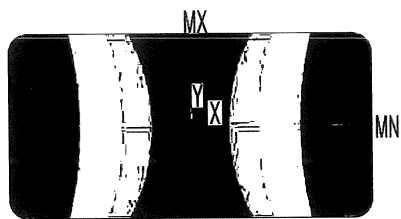


FIG. 45A

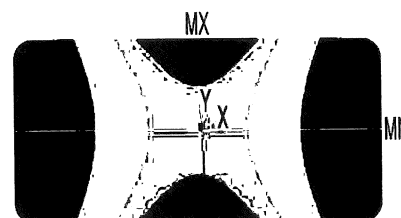


FIG. 45B

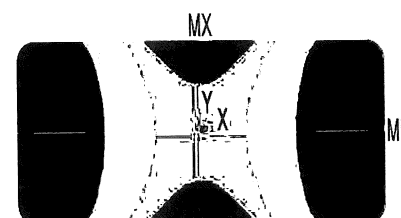


FIG. 45C

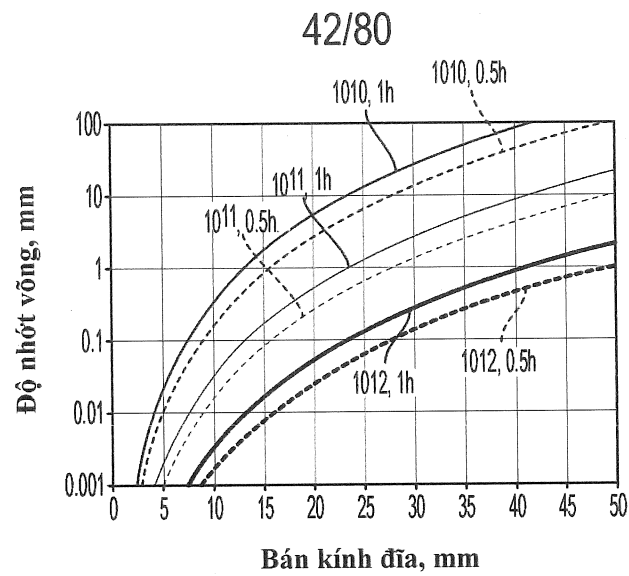


FIG. 46

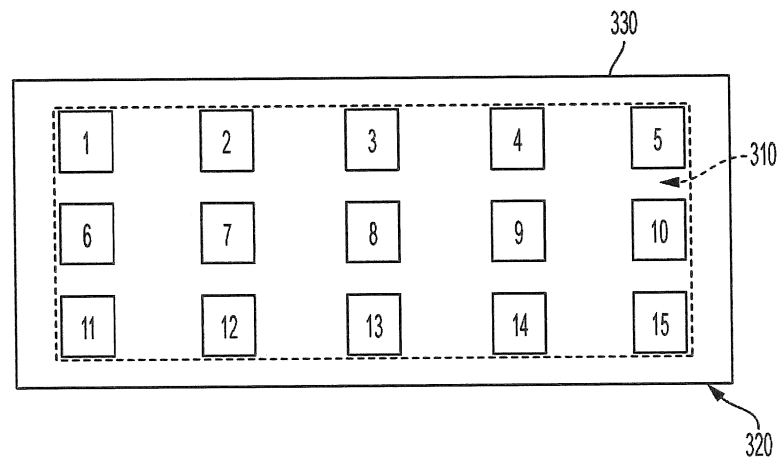


FIG. 47A

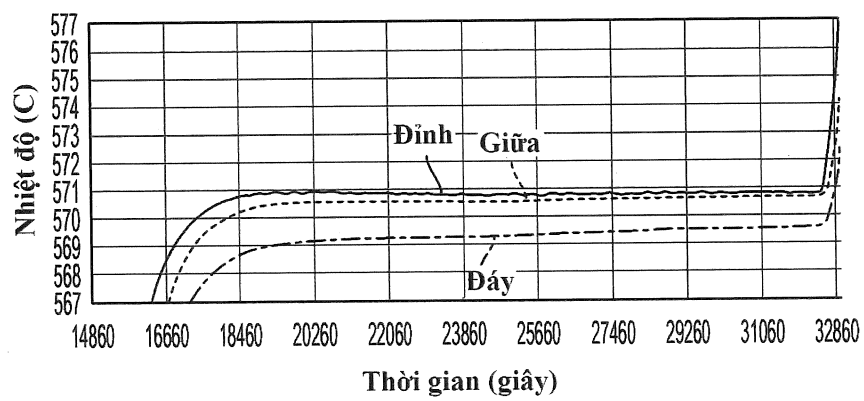
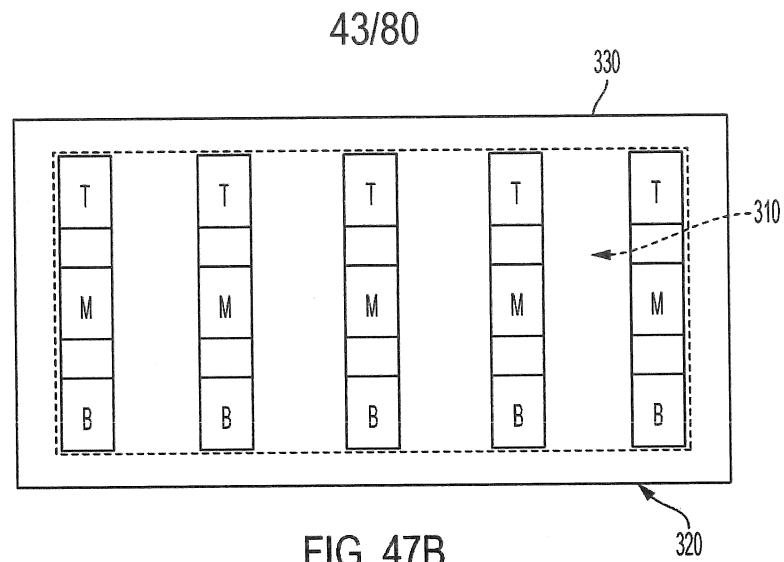


FIG. 48

44/80

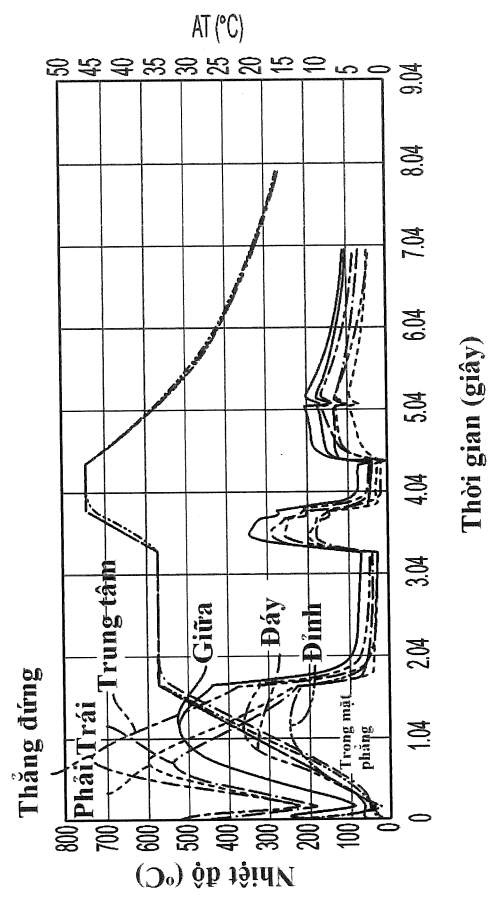


FIG. 49

FIG. 50

46/80

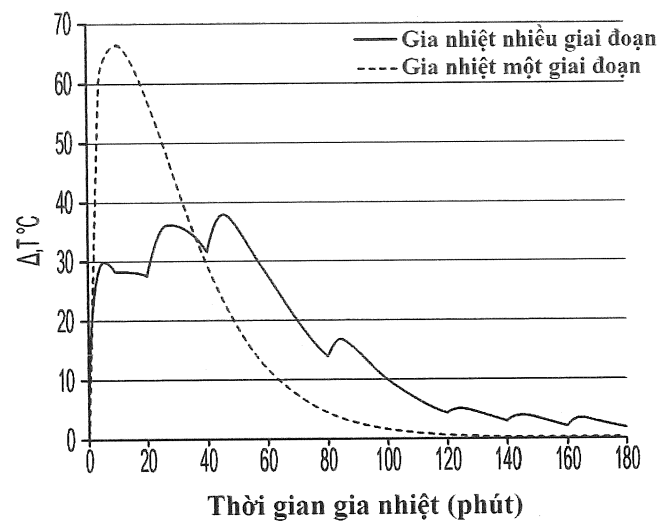


FIG. 51

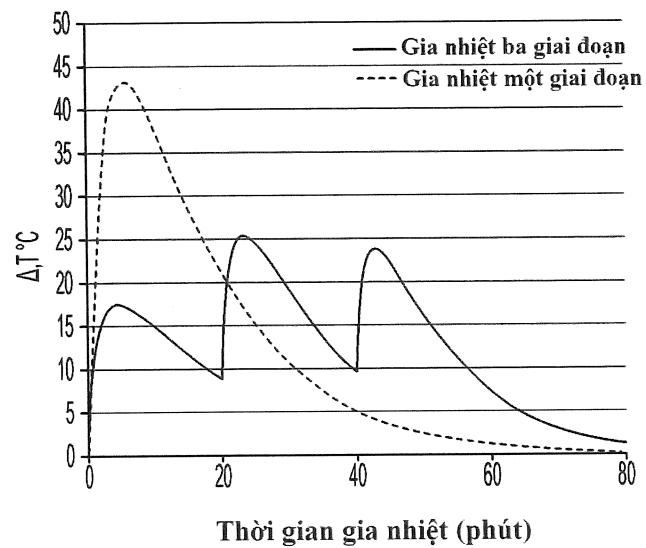


FIG. 52

47/80

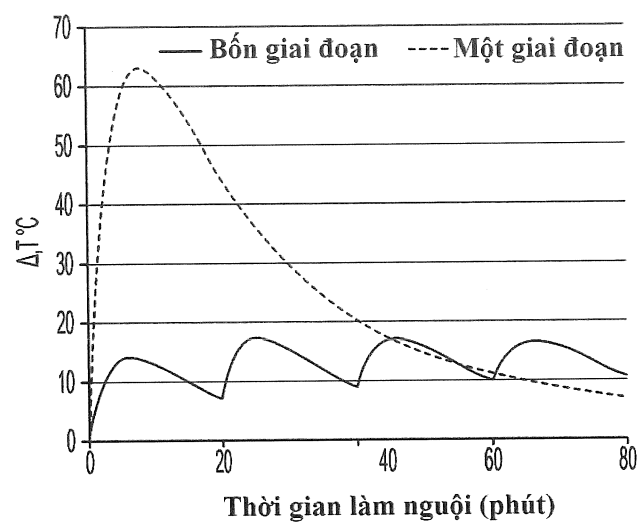


FIG. 53

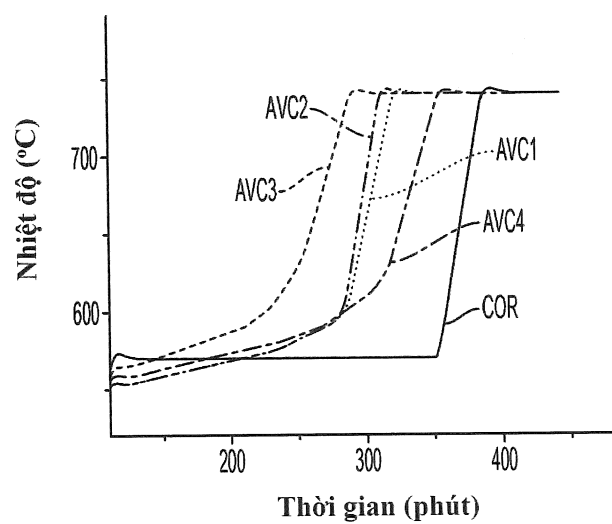


FIG. 54

48/80

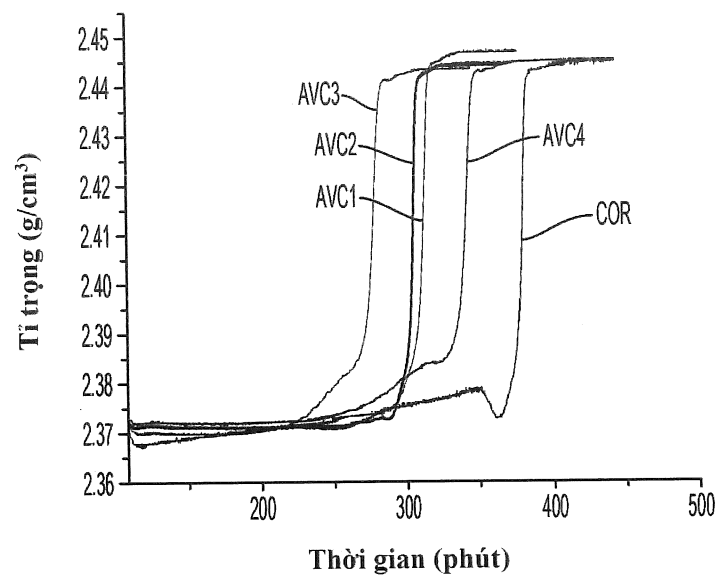


FIG. 55

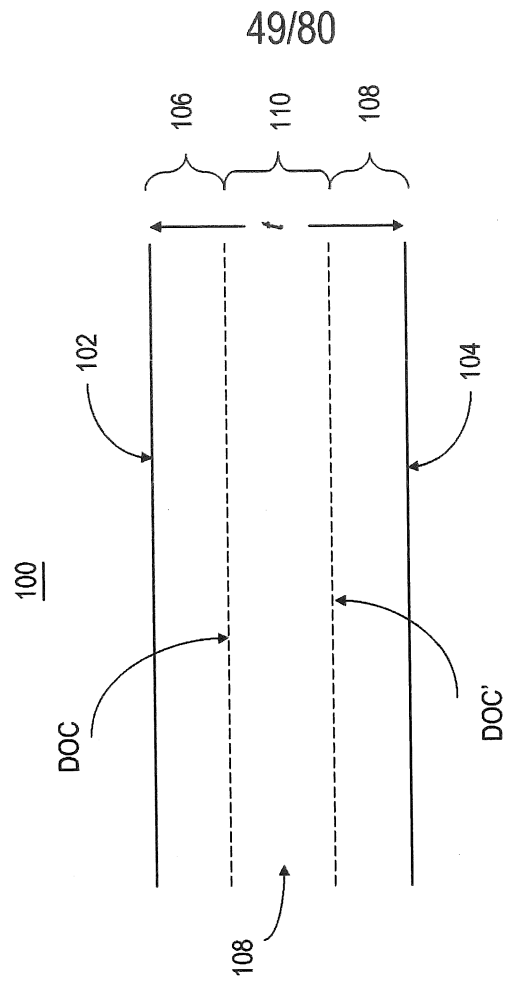


FIG. 56

50/80

FIG. 57A

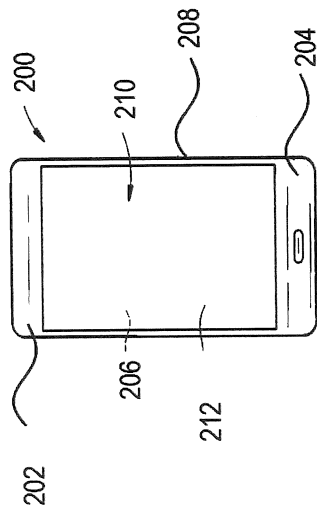


FIG. 57B

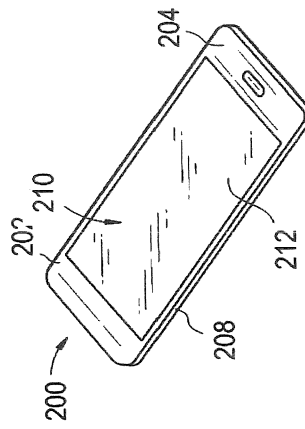
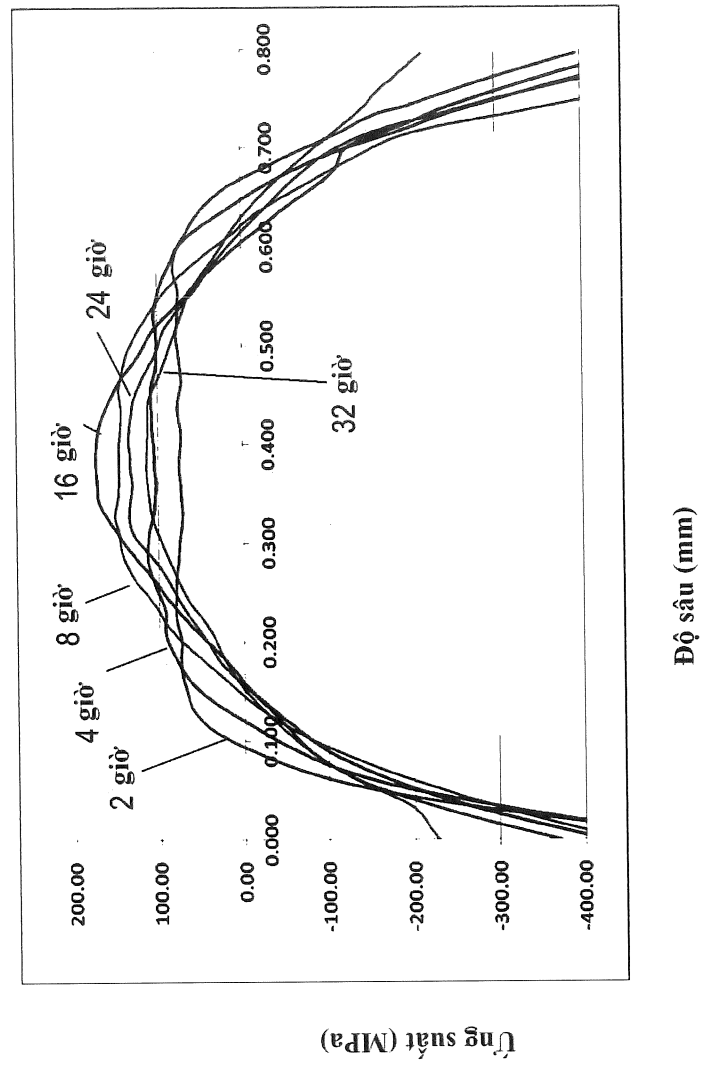
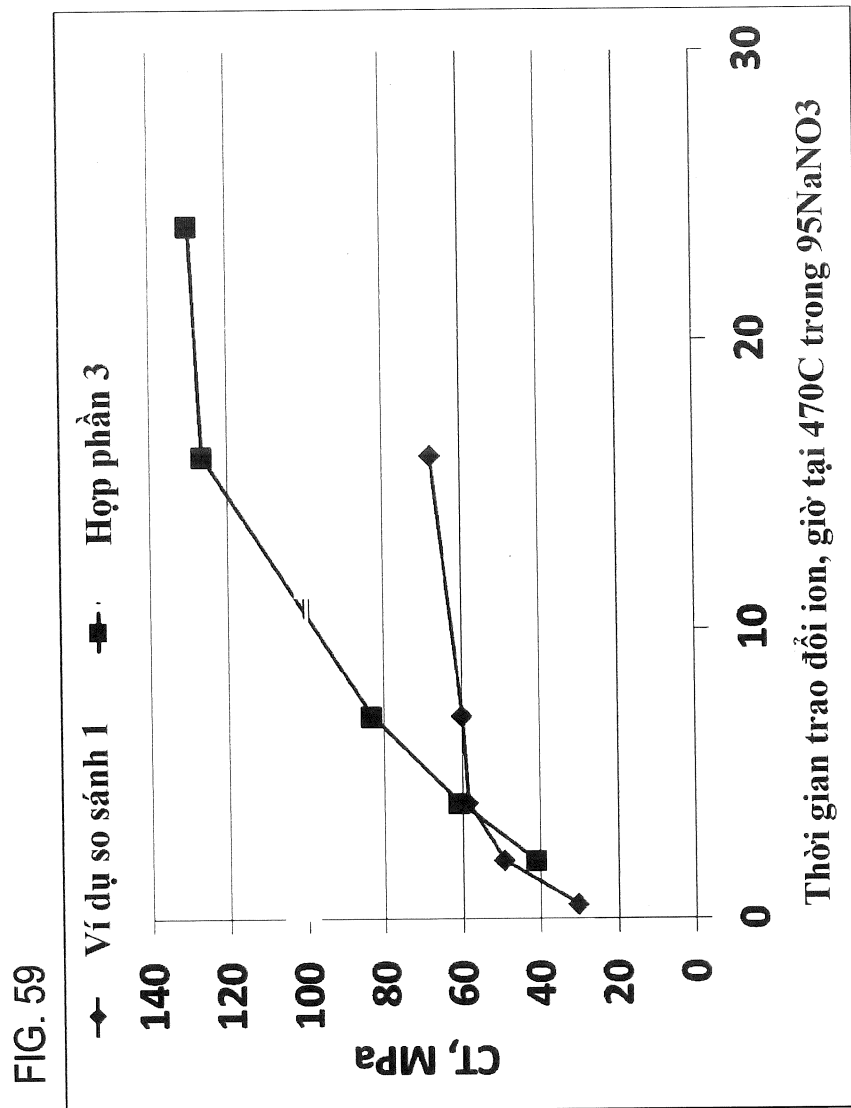


FIG. 58



52/80



53/80

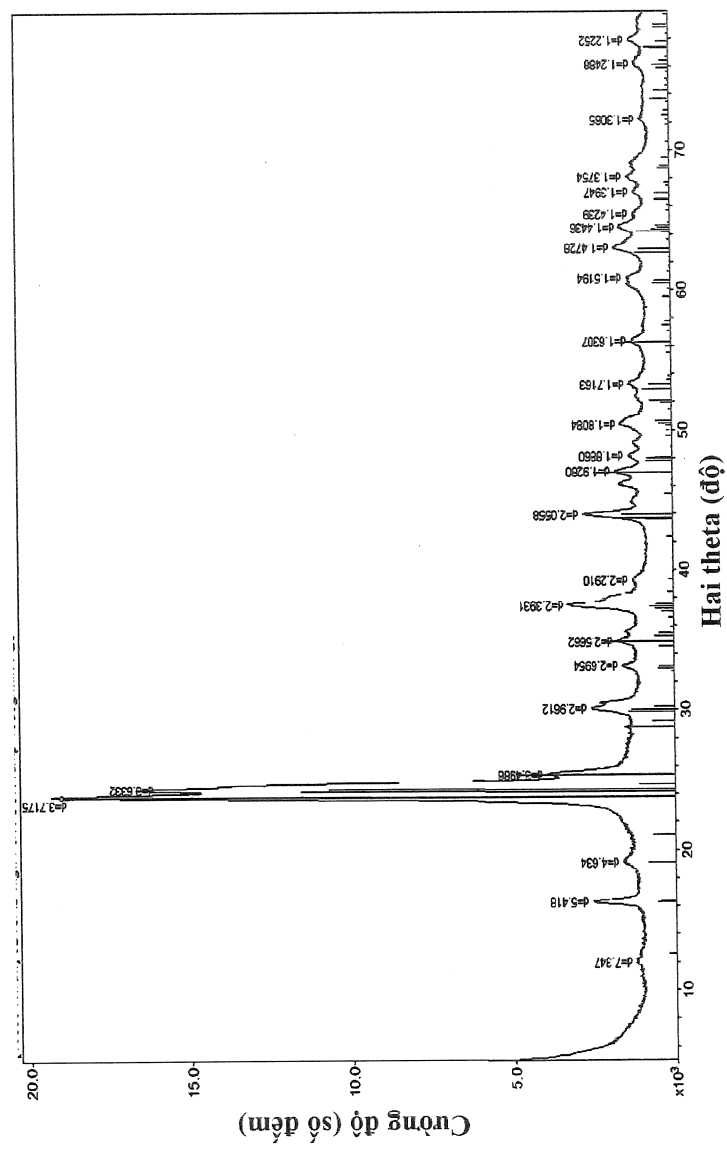


FIG. 60

54/80

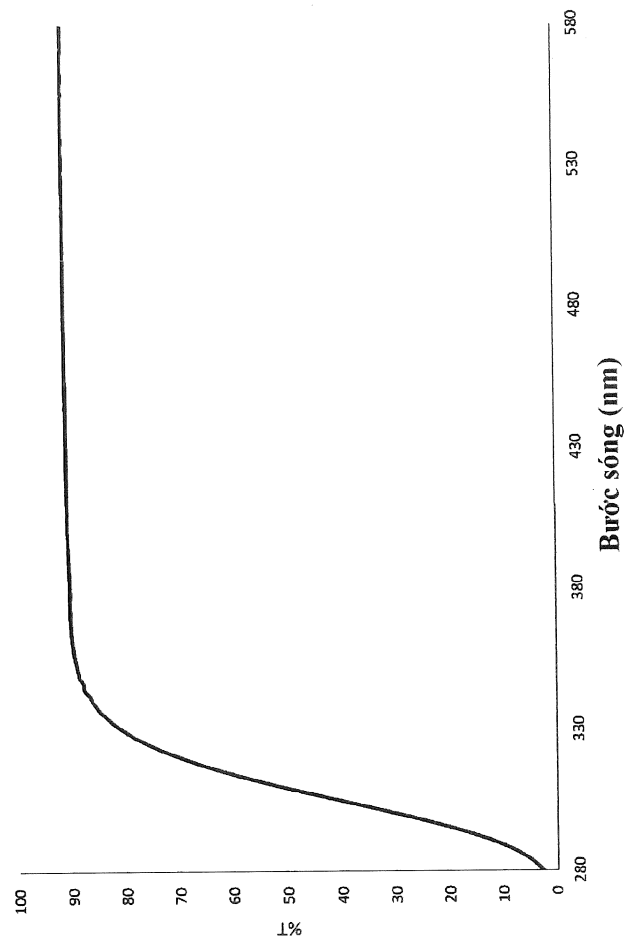


FIG. 61

55 / 80

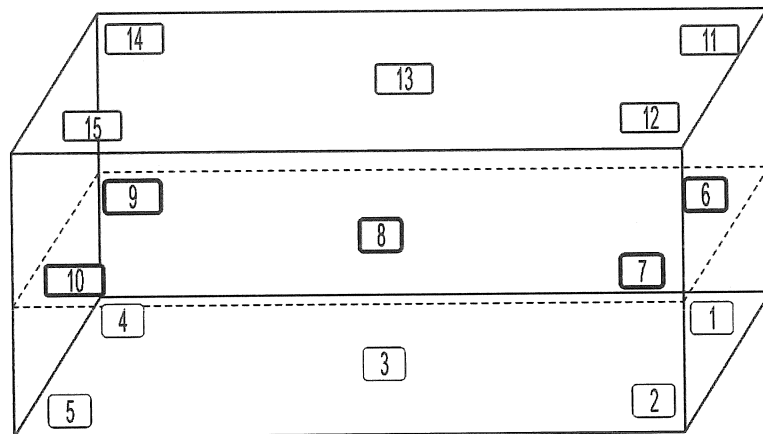


FIG. 62

	2	
4		6
7	8	9
	11	

FIG. 63

56 / 80

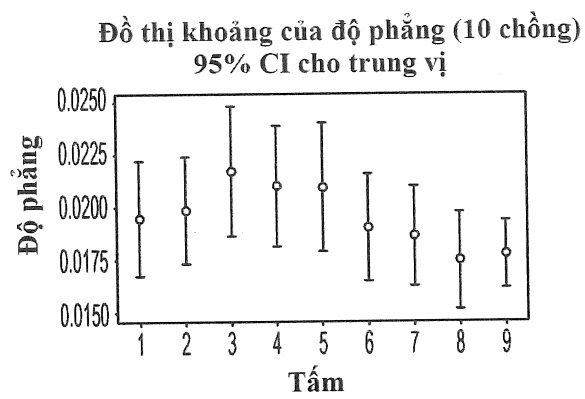


FIG. 64

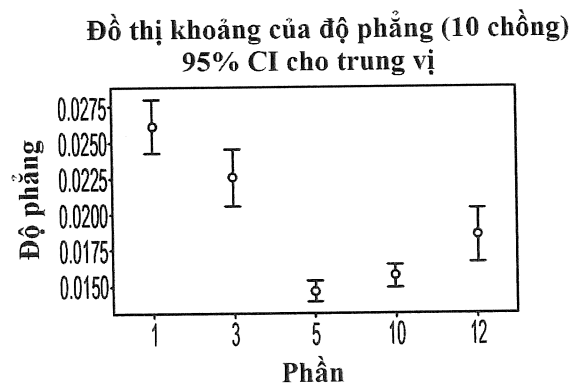


FIG. 65

57 / 80

Đồ thị khoảng của độ mờ đục
95% CI cho trung vị

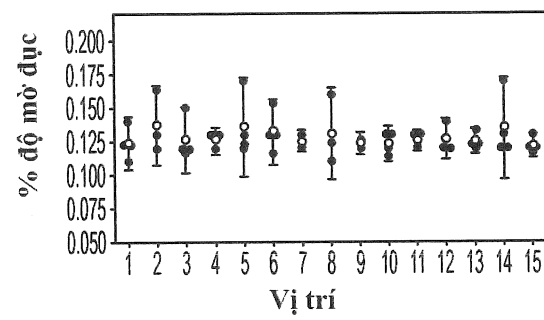


FIG. 66

Đồ thị khoảng của pha thủy tinh
95% CI của trung vị

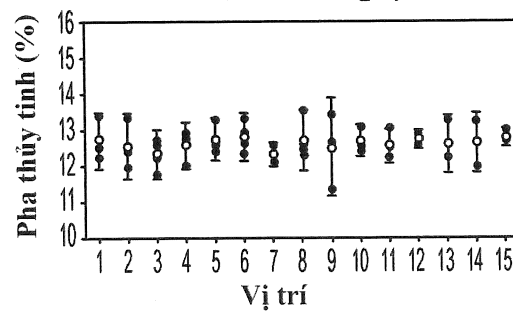


FIG. 67

58 / 80

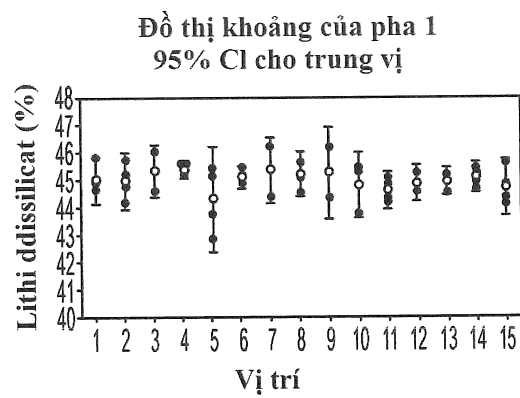


FIG. 68

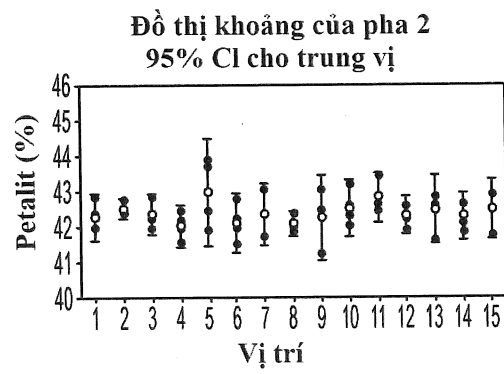


FIG. 69

59 / 80

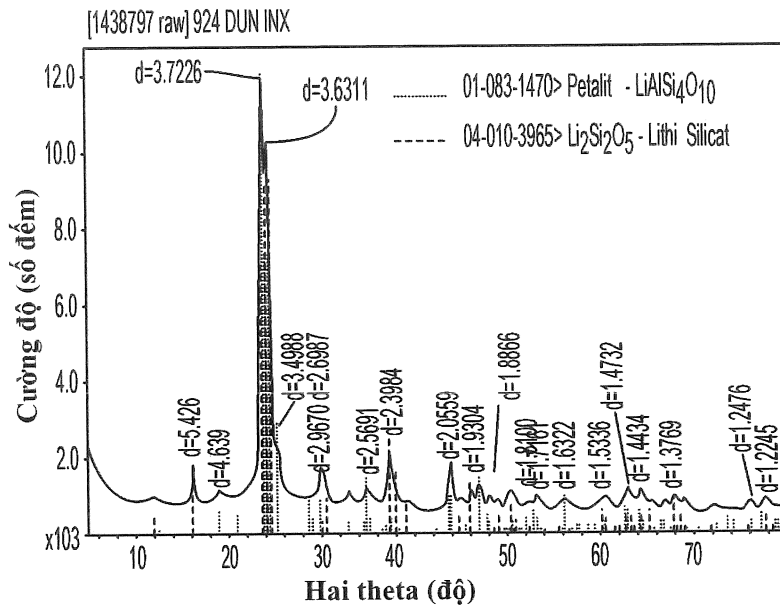


FIG. 70

Đồ thị khoảng của CS 95%
 CI cho trung vị

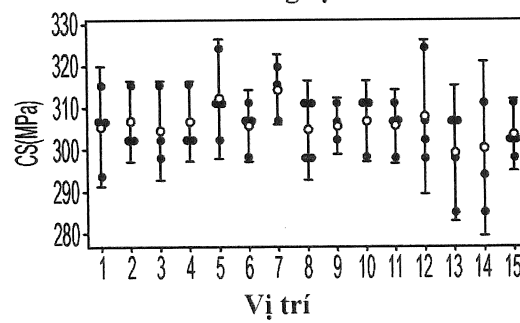


FIG. 71

60 / 80

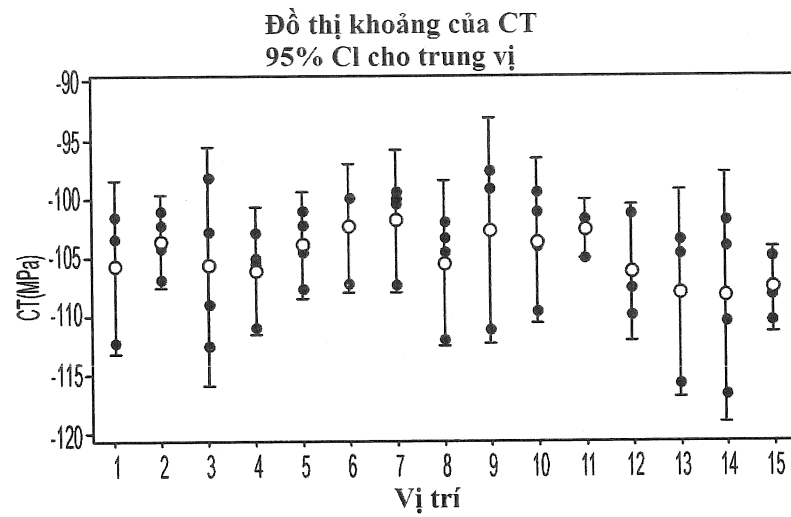


FIG. 72

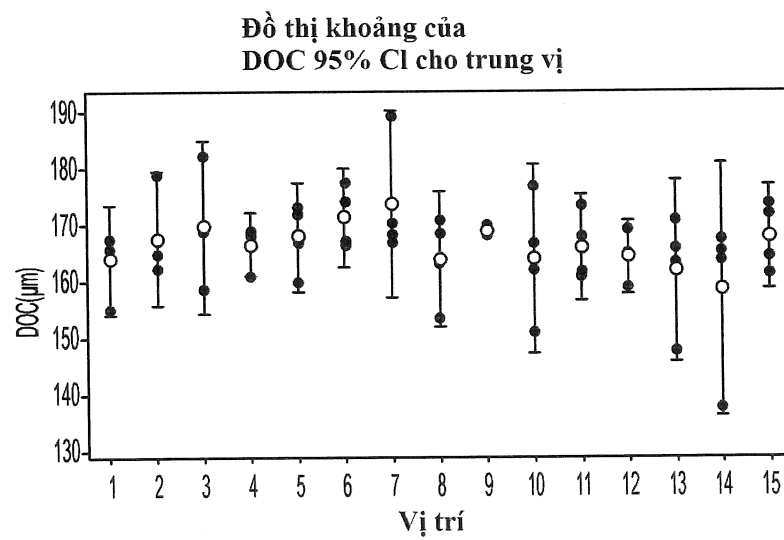


FIG. 73

61 / 80

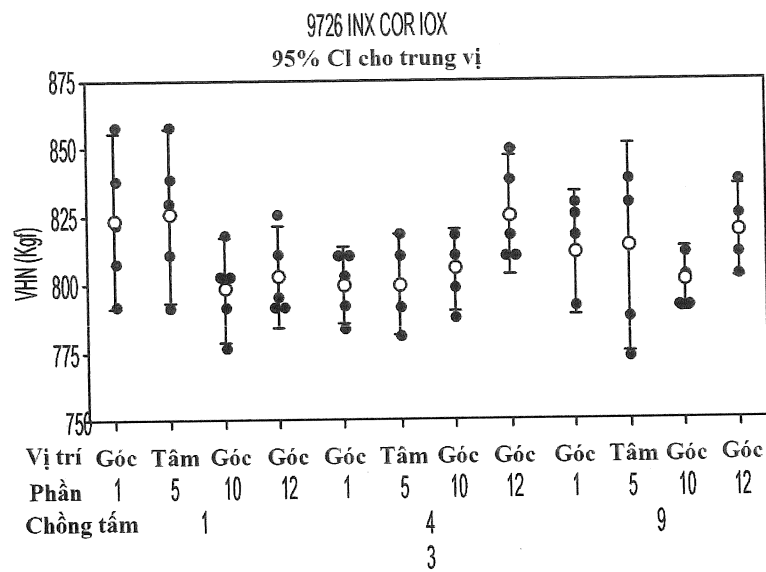


FIG. 74

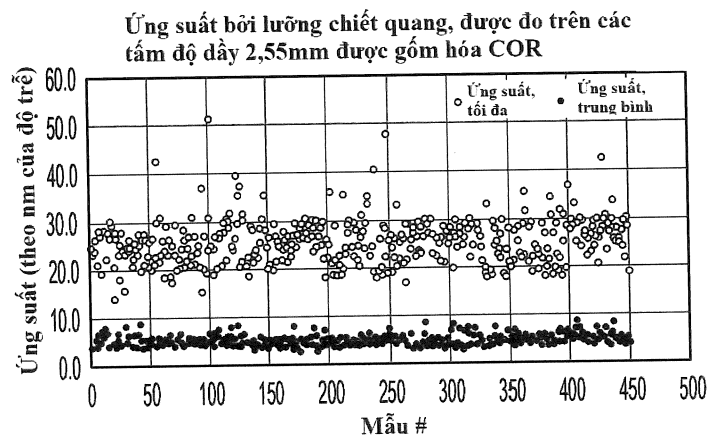


FIG. 75

62 / 80

Các chu kỳ gồm hóa

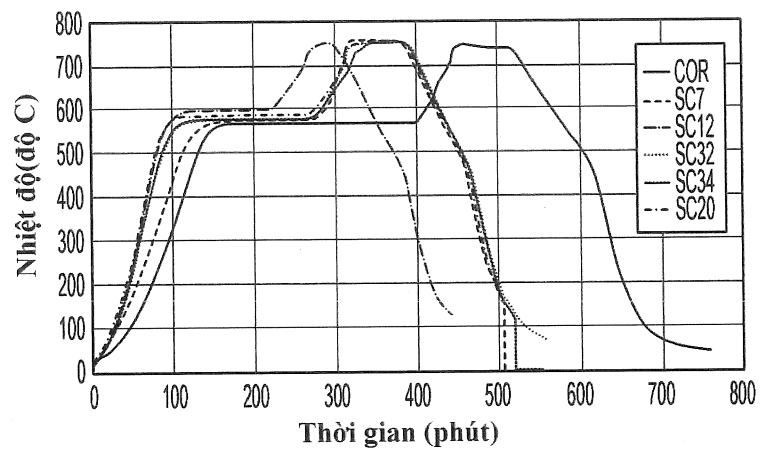


FIG. 76

Đồ thị khoảng của phần trăm độ mờ đục
95% CI cho trung vị

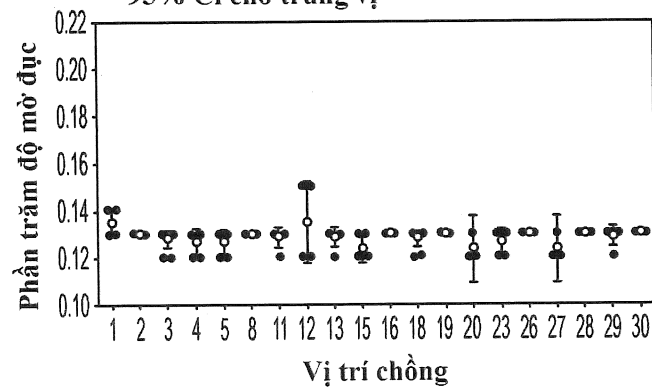


FIG. 77

63 / 80

Đồ thị khoảng của pha thủy tinh
95% CI cho trung vị

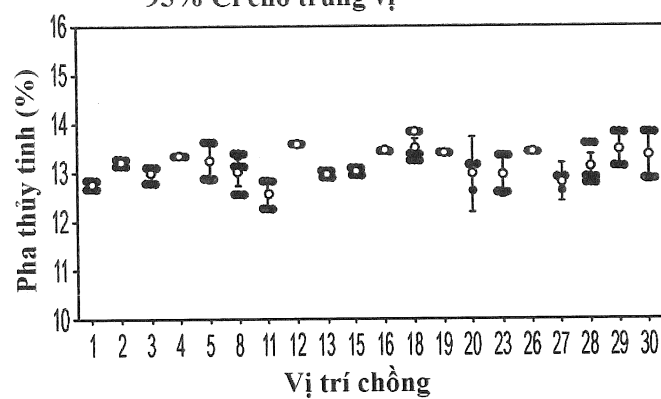


FIG. 78

Đồ thị khoảng của pha 1
95% CI cho trung vị

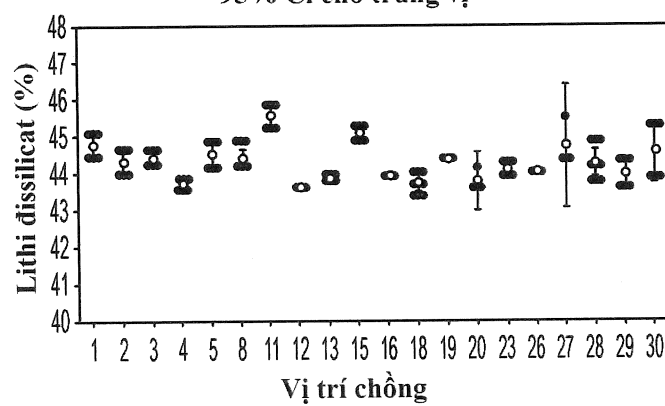


FIG. 79

64 / 80

Đồ thị khoảng của pha 2
95% CI cho trung vị

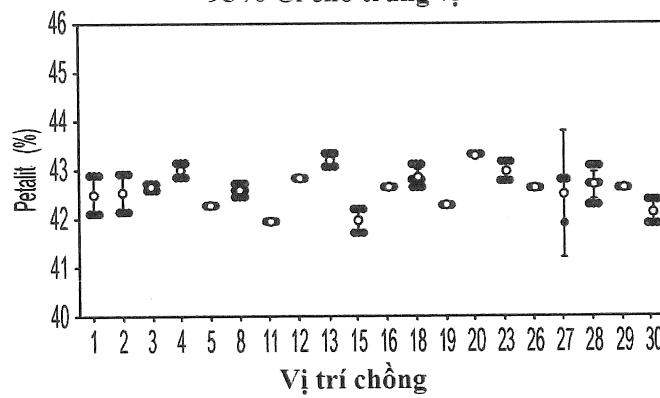


FIG. 80

95% CI cho trung vị

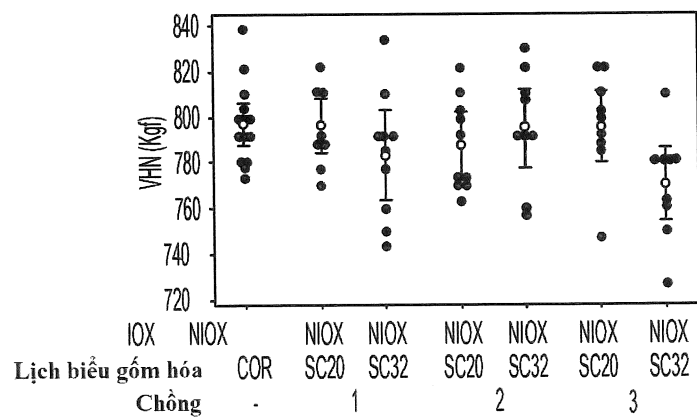


FIG. 81

95% CI cho trung vị



66 / 80

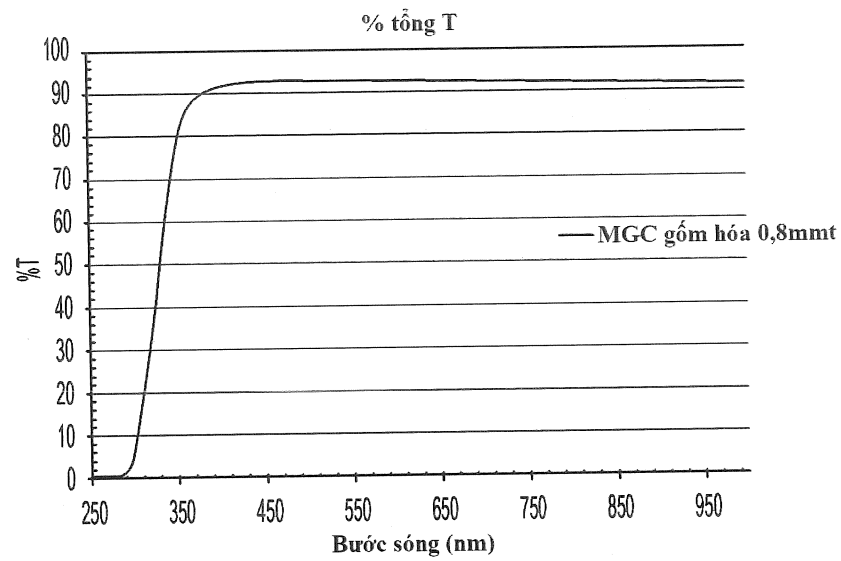


FIG. 84

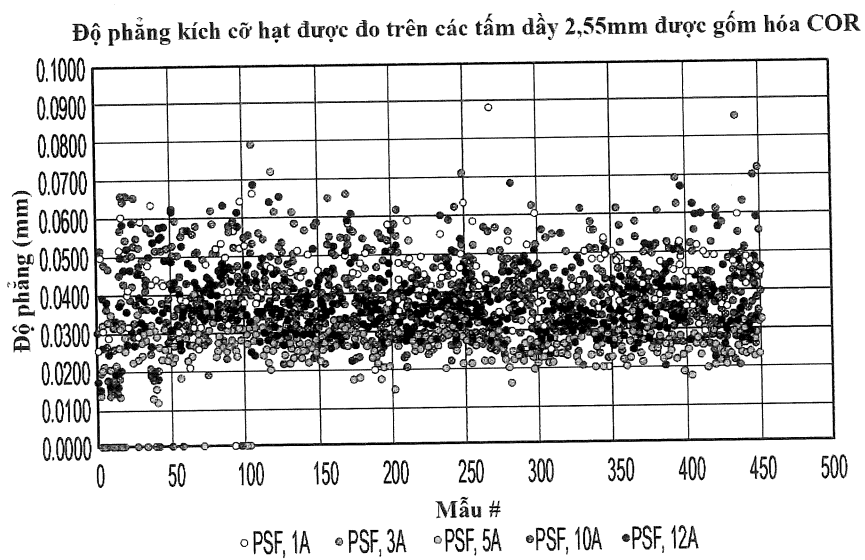


FIG. 85

67 / 80

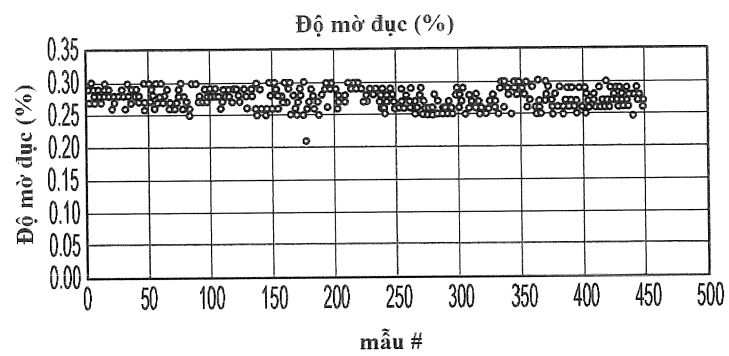


FIG. 86

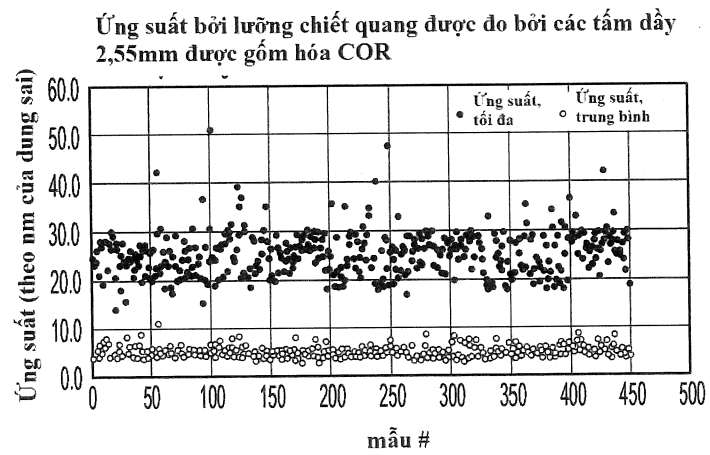


FIG. 87

68 / 80

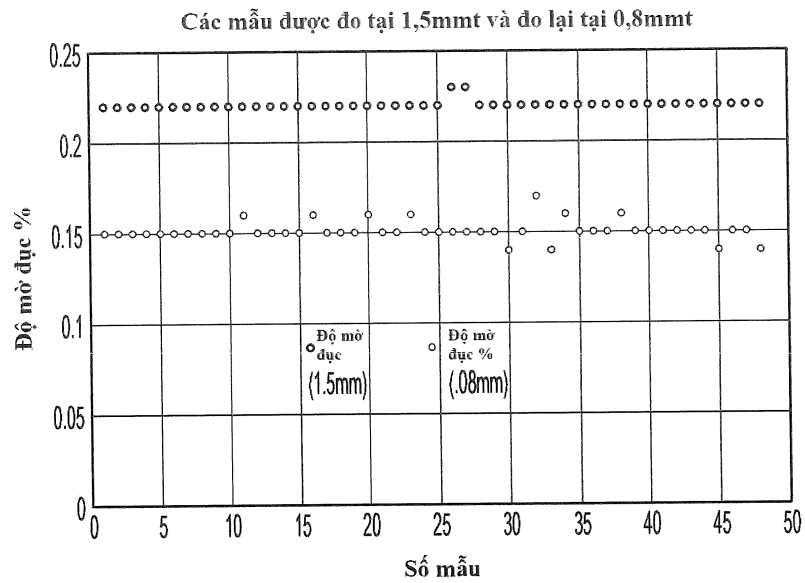


FIG. 88

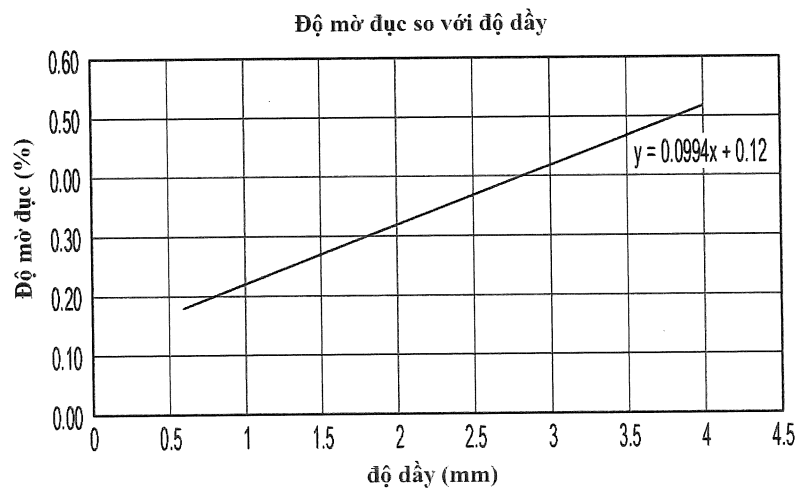


FIG. 89

69 / 80

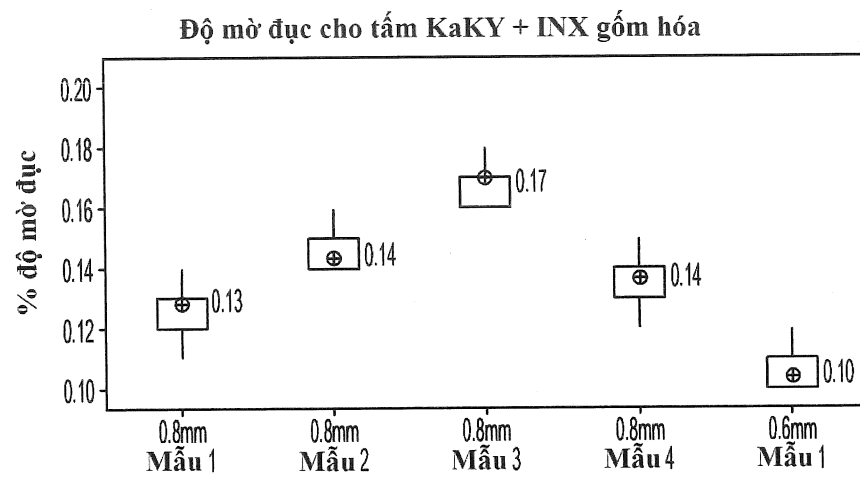


FIG. 90

70 / 80

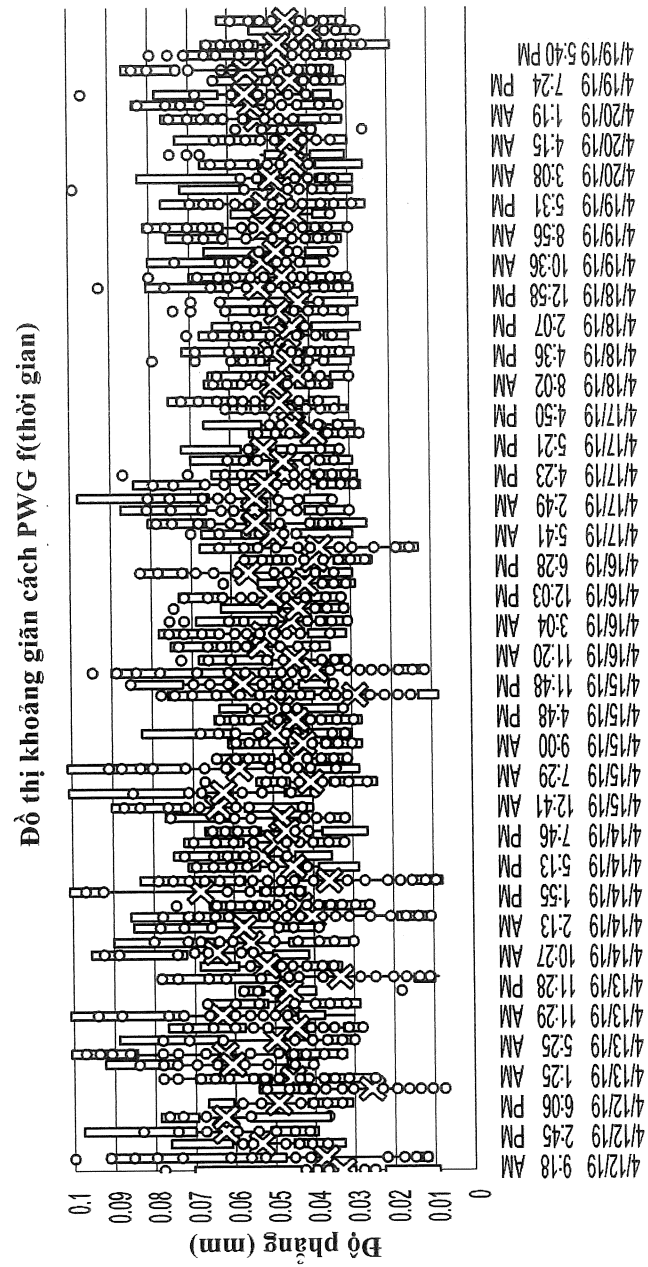
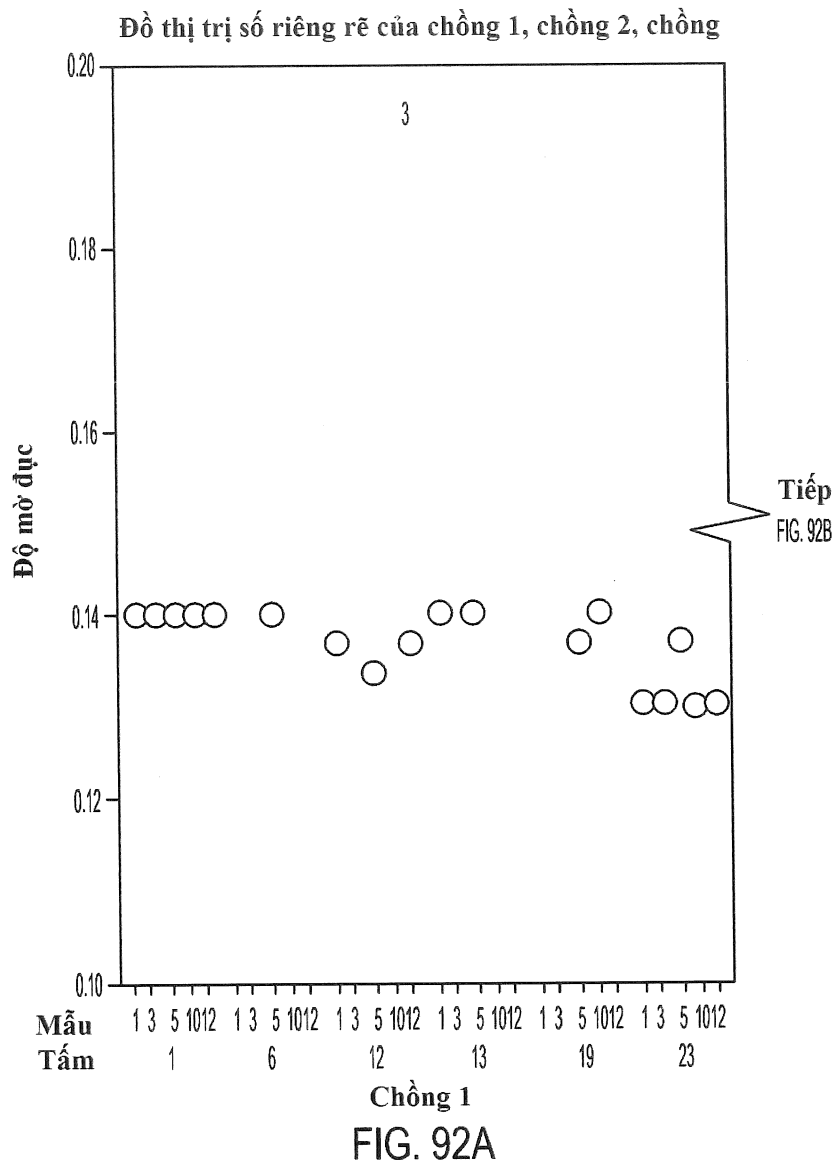


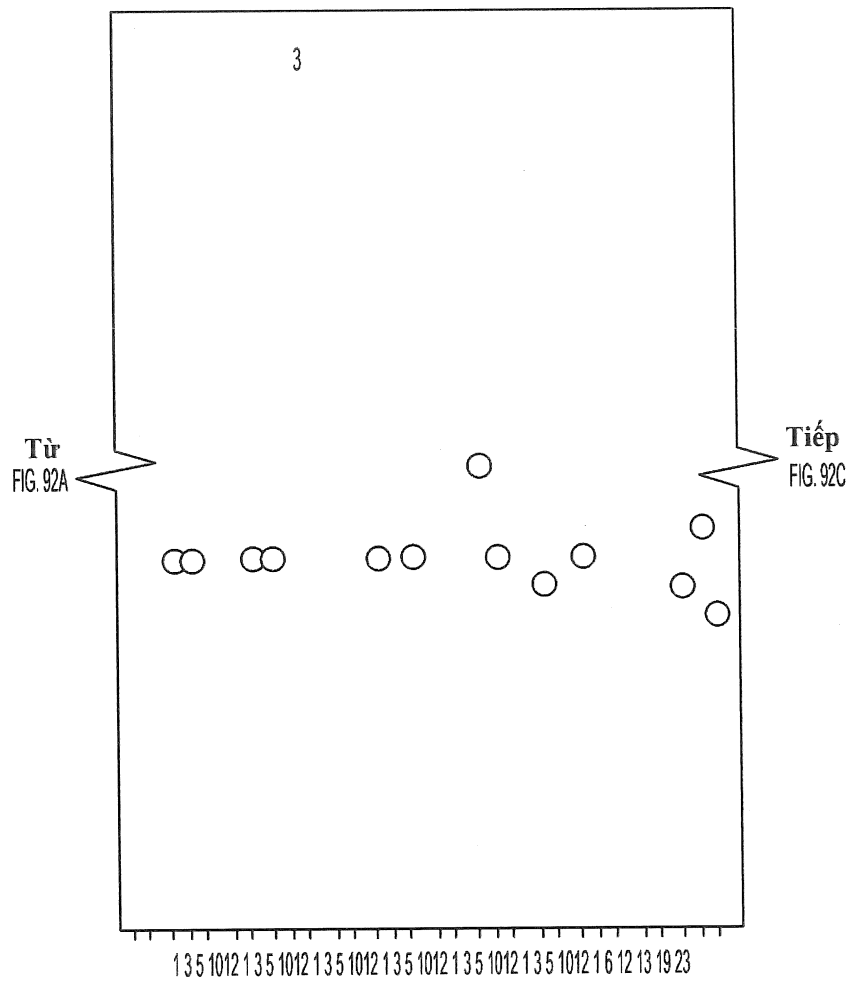
FIG. 91

71 / 80



72 / 80

Đồ thị trị số riêng rẽ của chồng 1, chồng 2, chồng

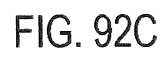


Từ
FIG. 92A

Tiếp
FIG. 92C

Chồng 2
FIG. 92B

Đồ thị trị số riêng rẽ của chồng 1, chồng 2, chồng



74 / 80

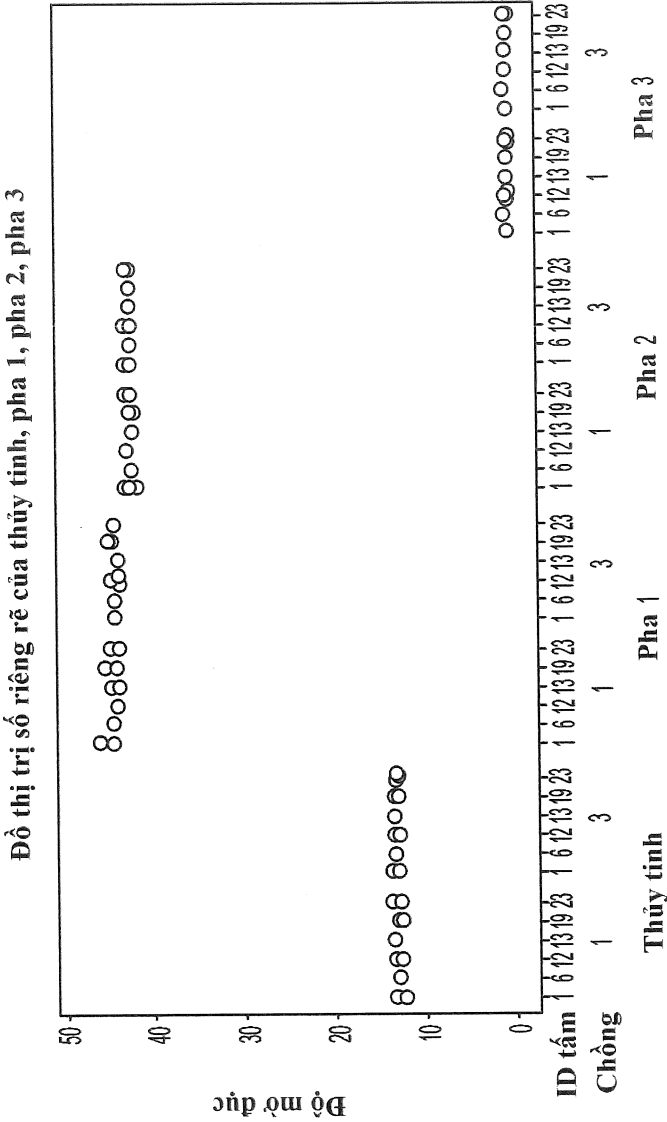
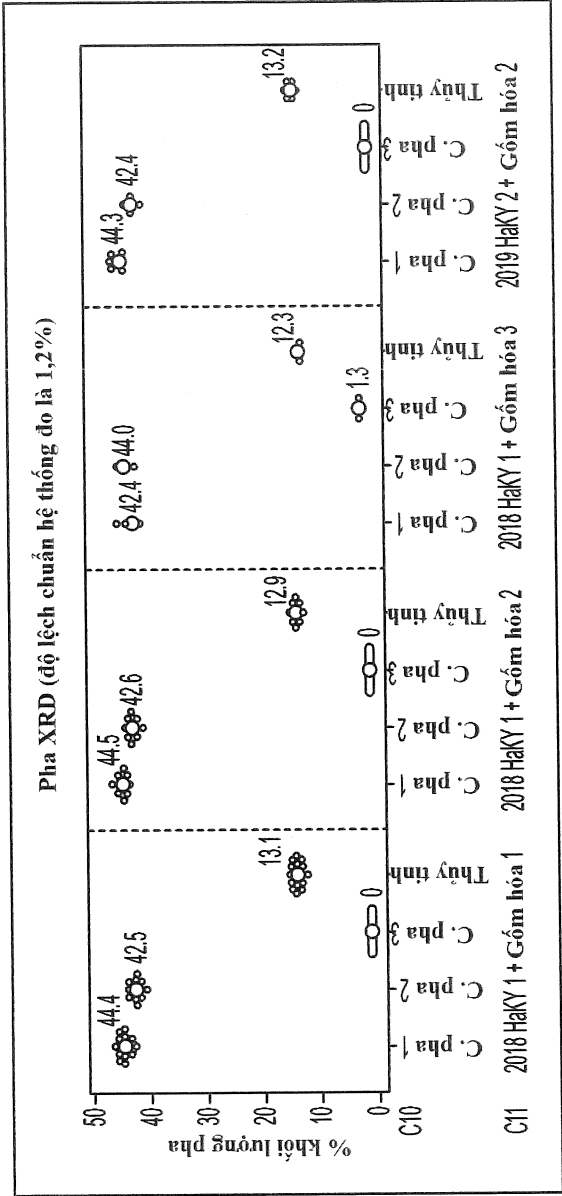


FIG. 93



Gốm hóa 1
COR

Gốm hóa 2
SC20, 32
0,4% thiếc oxit

Gốm hóa 3
SC 12

Gốm hóa 2
SC 34
Không có thiếc oxit theo mẻ

FIG. 94

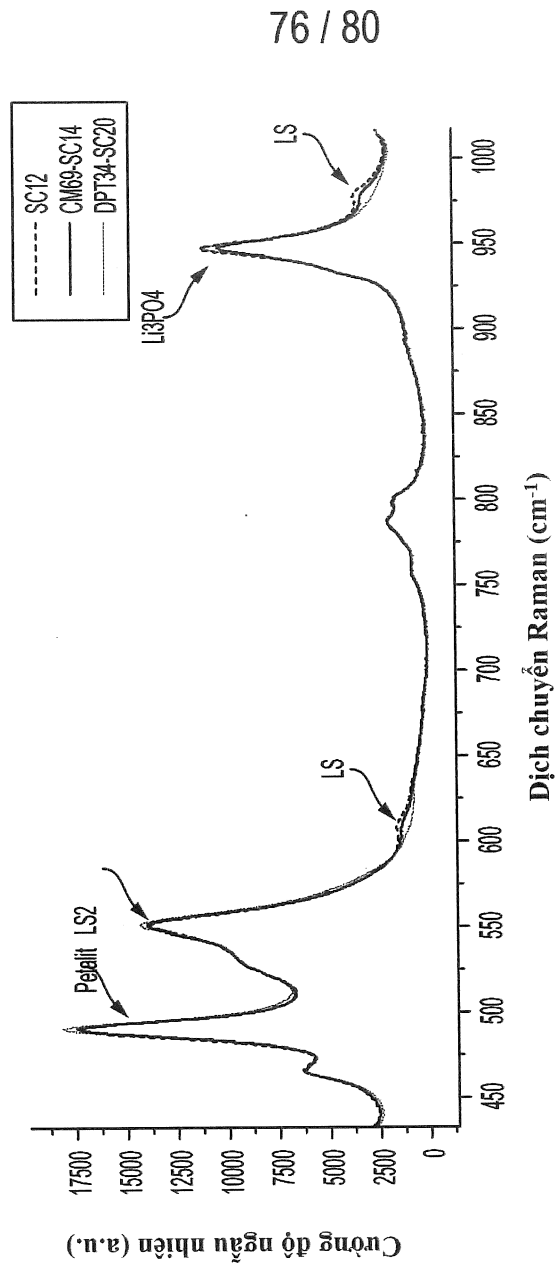


FIG. 95

77 / 80

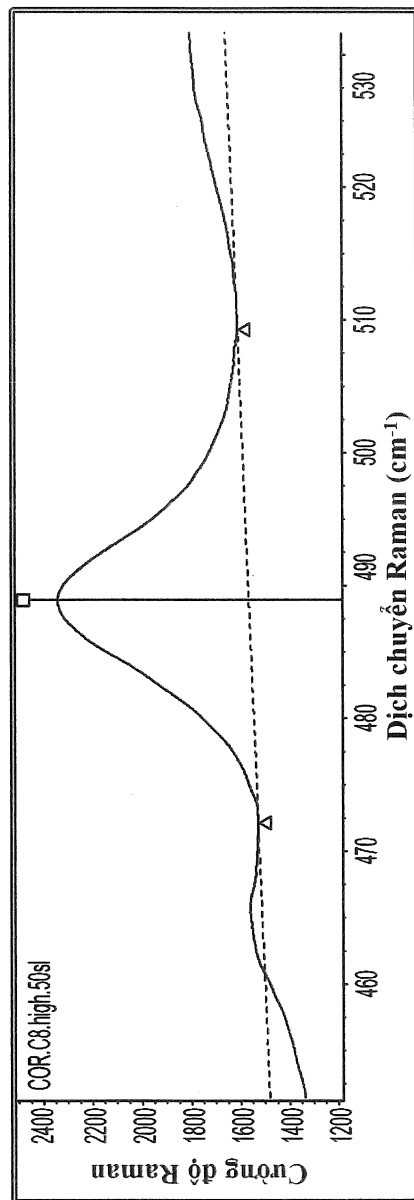


FIG. 96

78 / 80

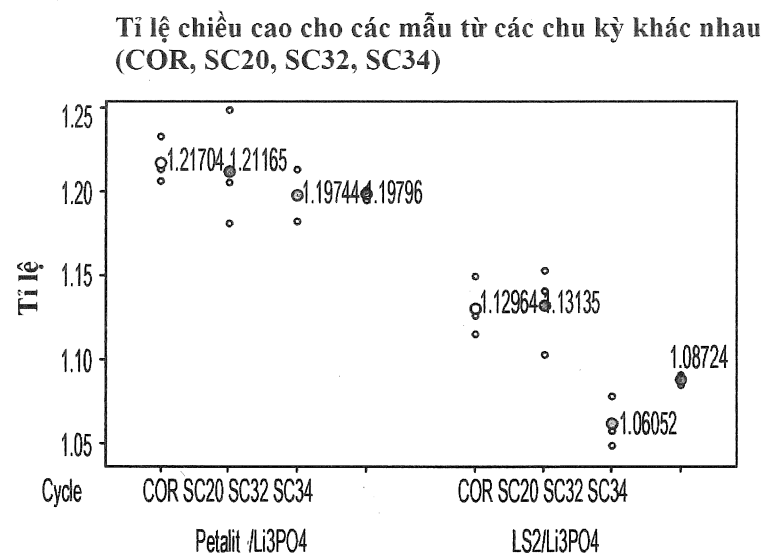


FIG. 97

79 / 80

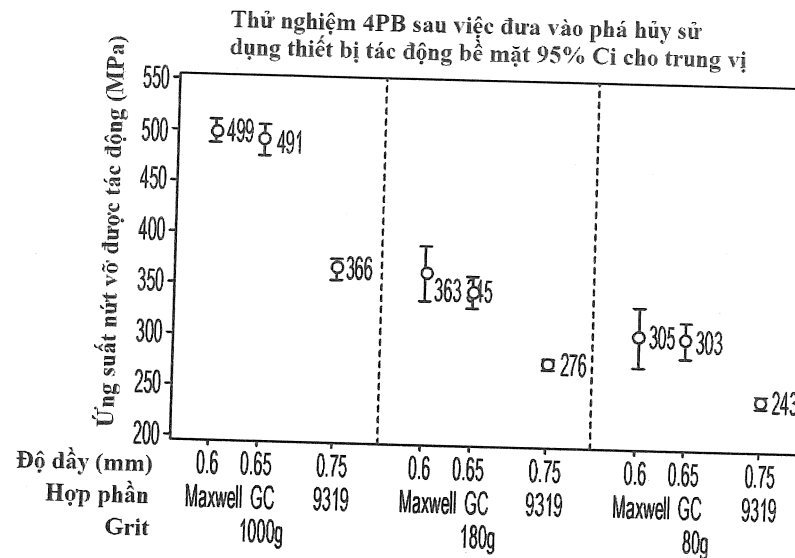


FIG. 98

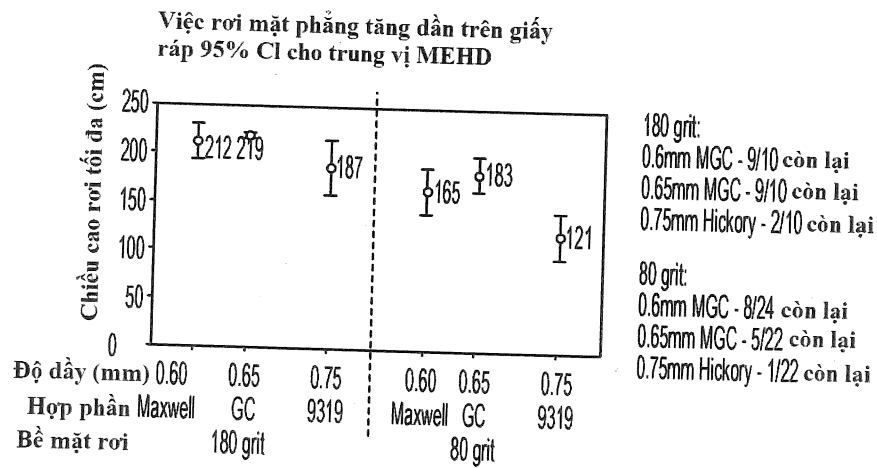


FIG. 99

80 / 80

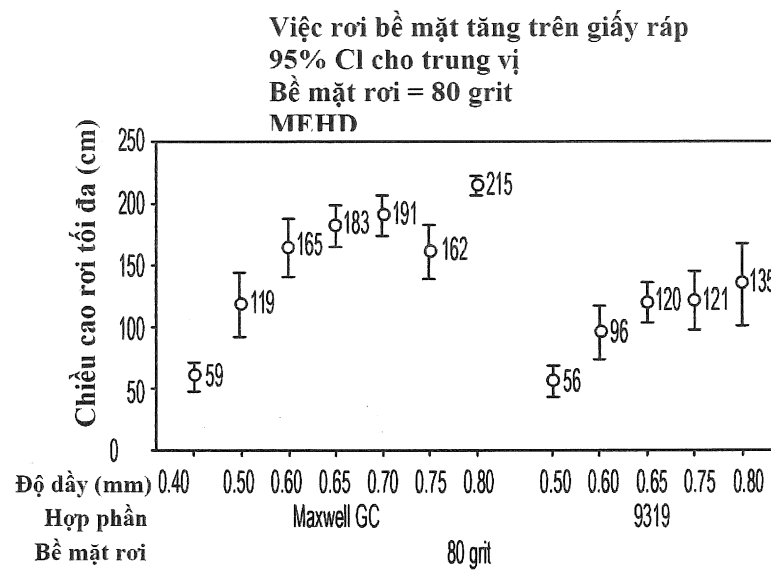


FIG. 100