



(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)



1-0038276

(51)<sup>2020.01</sup> C03C 21/00

(13) B

(21) 1-2020-02687

(22) 17/10/2018

(86) PCT/US2018/056234 17/10/2018

(87) WO2019/079411 25/04/2019

(30) 62/574,994 20/10/2017 US

(45) 25/01/2024 430

(43) 26/04/2021 397

(73) CORNING INCORPORATED (US)

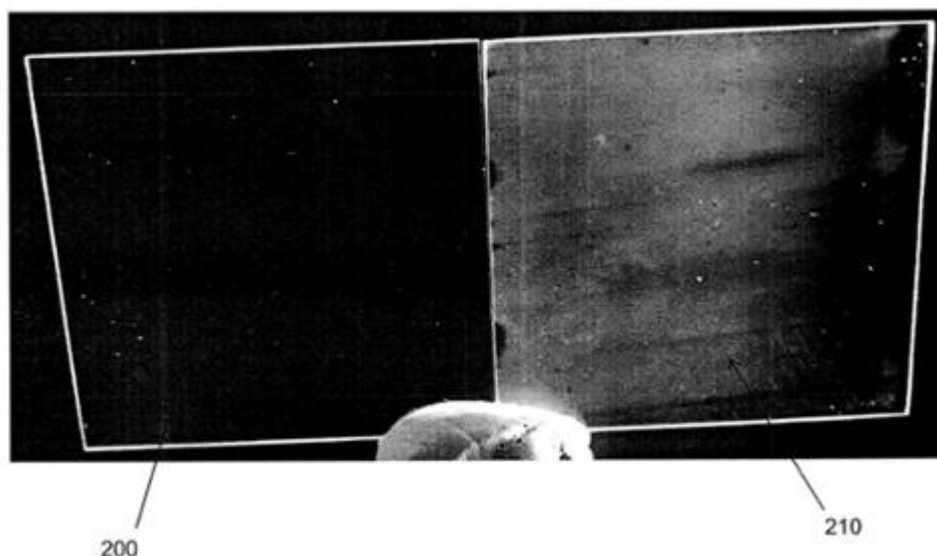
1 Riverfront Plaza, Corning, New York 14831, United States of America

(72) FU, Qiang (US); SMITH, Kristy Lynn (US).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

#### (54) PHƯƠNG PHÁP TRAO ĐỔI ION CÁC CHẤT NỀN GỐC THỦY TINH

(57) Sáng chế đề cập đến các phương pháp trao đổi ion các chất nền gốc thủy tinh, các vật phẩm gốc thủy tinh và các sản phẩm điện tử tiêu dùng. Hiệu suất của các quá trình trao đổi ion được tăng bằng cách tăng nồng độ của các muối nitrua trong bể muối nóng chảy. Việc tăng nồng độ muối nitrua có thể đạt được bằng cách bổ sung muối nitrua vào bể muối nitrat nóng chảy, giả hóa bể muối nitrat nóng chảy, hoặc sự kết hợp của chúng. Các vật phẩm gốc thủy tinh được sản xuất có sử dụng các bể được sửa đổi có lớp phủ mờ giảm và độ bền uốn tăng.



### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập đến các phương pháp trao đổi ion các chất nền gốc thủy tinh để tạo ra các vật phẩm được trao đổi ion gốc thủy tinh, và các vật phẩm gốc thủy tinh được tạo ra bởi các phương pháp này.

### **Tình trạng kỹ thuật của sáng chế**

Công bố đơn sáng chế Mỹ số 2016/0225396 A1 bộc lộ thủy tinh dùng cho chất nền của phương tiện ghi từ. Thủy tinh có thể được gia cường hóa học.

Patent Mỹ số 3,218,220 bộc lộ vật phẩm thủy tinh được gia cường và phương pháp chế tạo vật phẩm thủy tinh được gia cường. Phương pháp bao gồm bước gia cường hóa học bề mặt của vật phẩm thủy tinh để tạo ra ứng suất nén.

Patent Mỹ số 4,710,430 bộc lộ các phương pháp để thay đổi màu sắc được tạo ra trong thủy tinh quang sắc chứa bạc halogen. Phương pháp bao gồm bước trao đổi ion các ion liti và kali ở bề mặt thủy tinh với các ion natri từ nguồn bên ngoài.

Công bố đơn sáng chế Mỹ số 2012/0210749 A1 bộc lộ phương pháp gia cường hóa học vật phẩm thủy tinh có lớp phủ chống phản xạ trong đó độ phản xạ của lớp phủ không suy giảm đáng kể nhờ gia cường hóa học.

### **Bản chất kỹ thuật của sáng chế**

Theo khía cạnh (1), phương pháp được đề xuất. Phương pháp bao gồm các bước: nhúng chất nền gốc thủy tinh trong bể muối nóng chảy để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh, trong đó trước bước nhúng chất nền gốc thủy tinh bất kỳ trong bể muối nóng chảy, bể muối nóng chảy bao gồm: muối nitrat, và muối nitrua theo lượng lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,01 % khối lượng.

Theo khía cạnh (2), phương pháp theo khía cạnh (1) được đề xuất, trong đó muối nitrua bao gồm ít nhất một trong số  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{LiNO}_2$ ,  $\text{KNO}_2$ ,  $\text{RbNO}_2$ , và  $\text{AgNO}_2$ .

Theo khía cạnh (3), phương pháp theo khía cạnh (1) được đề xuất, trong đó muối nitrua bao gồm ít nhất một trong số  $\text{NaNO}_2$ , hoặc  $\text{KNO}_2$ .

Theo khía cạnh (4), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (1) đến (3) được đề xuất, trong đó muối nitrat bao gồm ít nhất một trong số  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{LiNO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{RbNO}_3$ , và  $\text{AgNO}_3$ .

Theo khía cạnh (5), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (1) đến (4) được đề xuất, trong đó muối nitrat bao gồm  $\text{NaNO}_3$ .

Theo khía cạnh (6), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (1) đến (5) được đề xuất, trong đó phương pháp còn bao gồm bước bổ sung muối nitrua vào bể muối nóng chảy trước khi nhúng chất nền gốc thủy tinh.

Theo khía cạnh (7), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (1) đến (6) được đề xuất, trong đó phương pháp còn bao gồm già hóa bể muối nóng chảy ở nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng khoảng  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  trong thời gian lớn hơn hoặc bằng khoảng 6 giờ trước khi nhúng chất nền gốc thủy tinh.

Theo khía cạnh (8), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (1) đến (7) được đề xuất, trong đó bể muối nóng chảy chứa muối nitrua theo lượng bằng khoảng lớn hơn hoặc bằng 0,1 % khối lượng.

Theo khía cạnh (9), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (1) đến (8) được đề xuất, trong đó bể muối nóng chảy chứa muối nitrua theo lượng nhỏ hơn hoặc bằng 1,0 wt%.

Theo khía cạnh (10), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (1) đến (9) được đề xuất, trong đó ít nhất khoảng 99% bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh không có lớp phủ mờ.

Theo khía cạnh (11), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (1) đến (10) được đề xuất, trong đó ít nhất khoảng 99% bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh hầu như không có các kết tủa chứa magie và canxi.

Theo khía cạnh (12), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (1) đến (11) được đề xuất, trong đó chất nền gốc thủy tinh bao gồm thủy tinh gồm.

Theo khía cạnh (13), phương pháp theo khía cạnh (12) được đề xuất, trong đó thủy tinh gồm bao gồm pha tinh thể petalit.

Theo khía cạnh (14), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (1) đến (13) được đề xuất, trong đó chất nền gốc thủy tinh bao gồm ít nhất một trong số  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , và  $\text{Rb}_2\text{O}$ .

Theo khía cạnh (15), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (1) đến (14) được đề xuất, trong đó chất nền gốc thủy tinh bao gồm thủy tinh silicat natri canxi.

Theo khía cạnh (16), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (1) đến (15) được đề xuất, trong đó vật phẩm gốc thủy tinh có độ bền uốn lớn hơn hoặc bằng khoảng 500 MPa.

Theo khía cạnh (17), vật phẩm gốc thủy tinh được sản xuất theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (16) được đề xuất.

Theo khía cạnh (18), sản phẩm điện tử tiêu dùng được đề xuất. Sản phẩm điện tử tiêu dùng bao gồm: vỏ có bề mặt trước, bề mặt sau và các bề mặt bên; các thành phần điện được bố trí ít nhất một phần bên trong vỏ, các thành phần điện bao gồm ít nhất bộ điều khiển, bộ nhớ, và màn hiển thị, màn hiển thị được bố trí ở hoặc liền kề bề mặt trước của vỏ; và kính che được bố trí trên màn hiển thị, trong đó ít nhất một phần của ít nhất một trong số vỏ hoặc kính che bao gồm vật phẩm gốc thủy tinh theo khía cạnh (17).

Theo khía cạnh (19), phương pháp được đề xuất. Phương pháp bao gồm các bước: già hóa bể muối nitrat nóng chảy ở nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng khoảng 300 °C trong thời gian lớn hơn hoặc bằng khoảng 6 giờ để tạo ra bể muối nitrat nóng chảy già hóa; và nhúng chất nền gốc thủy tinh trong bể muối nitrat nóng chảy già hóa để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh, trong đó bước già hóa xảy ra trước bước nhúng chất nền gốc thủy tinh bất kỳ trong bể muối nóng chảy.

Theo khía cạnh (20), phương pháp theo khía cạnh (19) được đề xuất, trong đó bể muối nitrat nóng chảy bao gồm ít nhất một trong số  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{LiNO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{RbNO}_3$ , và  $\text{AgNO}_3$ .

Theo khía cạnh (21), phương pháp theo khía cạnh (19) được đề xuất, trong đó bể muối nitrat nóng chảy bao gồm  $\text{NaNO}_3$ .

Theo khía cạnh (22), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (19) đến (21) được đề xuất, trong đó bước già hóa được thực hiện ở nhiệt độ nhỏ hơn hoặc bằng khoảng  $600^\circ\text{C}$ .

Theo khía cạnh (23), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (19) đến (22) được đề xuất, trong đó bước già hóa được thực hiện ở nhiệt độ bằng khoảng  $390^\circ\text{C}$  đến khoảng  $480^\circ\text{C}$ .

Theo khía cạnh (24), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (19) đến (23) được đề xuất, trong đó bước già hóa được thực hiện trong thời gian nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 240 giờ.

Theo khía cạnh (25), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (19) đến (24) được đề xuất, trong đó bể muối nitrat nóng chảy già hóa bao gồm nồng độ muối nitrua cao hơn so với bể muối nitrat nóng chảy.

Theo khía cạnh (26), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (19) đến (25) được đề xuất, trong đó ít nhất khoảng 99% bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh không có lớp phủ mờ.

Theo khía cạnh (27), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (19) đến (26) được đề xuất, trong đó ít nhất khoảng 99% bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh hầu như không có các kết tủa chứa magie và canxi.

Theo khía cạnh (28), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (19) đến (27) được đề xuất, trong đó chất nền gốc thủy tinh bao gồm thủy tinh gồm.

Theo khía cạnh (29), phương pháp theo khía cạnh (28) được đề xuất, trong đó thủy tinh gồm bao gồm pha tinh thể petalit.

Theo khía cạnh (30), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (19) đến (29) được đề xuất, trong đó chất nền gốc thủy tinh bao gồm ít nhất một trong số  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , và  $\text{Rb}_2\text{O}$ .

Theo khía cạnh (31), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (19) đến (30) được đề xuất, trong đó chất nền gốc thủy tinh bao gồm thủy tinh silicat natri canxi.

Theo khía cạnh (32), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (19) đến (31) được đề xuất, trong đó vật phẩm gốc thủy tinh có độ bền uốn lớn hơn hoặc bằng khoảng 500 MPa.

Theo khía cạnh (33), vật phẩm gốc thủy tinh được sản xuất theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (19) đến (32) được đề xuất.

Theo khía cạnh (34), sản phẩm điện tử tiêu dùng được đề xuất. Sản phẩm điện tử tiêu dùng bao gồm: vỏ có bề mặt trước, bề mặt sau và các bề mặt bên; các thành phần điện được bố trí ít nhất một phần bên trong vỏ, các thành phần điện bao gồm ít nhất bộ điều khiển, bộ nhớ, và màn hiển thị, màn hiển thị được bố trí ở hoặc liền kề bề mặt trước của vỏ; và kính che được bố trí trên màn hiển thị, trong đó ít nhất một phần của ít nhất một trong số vỏ hoặc kính che bao gồm vật phẩm gốc thủy tinh theo khía cạnh (33).

Các khía cạnh, các hiệu quả, và các dấu hiệu khác biệt này và các khía cạnh, các hiệu quả, và các dấu hiệu khác biệt khác sẽ trở nên rõ ràng từ phần mô tả chi tiết dưới đây, các hình vẽ kèm theo, và các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo.

### **Mô tả vắn tắt các hình vẽ**

FIG.1A là hình chiếu bằng của thiết bị điện tử làm ví dụ kết hợp vật phẩm bất kỳ trong số các vật phẩm gốc thủy tinh được bộc lộ ở đây;

FIG.1B là hình vẽ phối cảnh của thiết bị điện tử làm ví dụ trên FIG.1A.

FIG.2 là ảnh chụp của vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion trong bể chứa muối nitrua và vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion trong bể không có nitrua.

FIG.3 là hình ảnh kính hiển vi điện tử quét (SEM: scanning electron microscope) của vật phẩm gốc thủy tinh sau khi trao đổi ion trong bể không già hóa bao gồm các kết tủa bề mặt và các vùng sạch.

FIG.4 là phân tích phổ phân tán năng lượng (EDS) của kết tủa trên FIG.3.

FIG.5 là phân tích EDS của vùng sạch trên FIG.3.

FIG.6 là đồ thị thể hiện tác dụng của các điều kiện bể trao đổi ion lên độ bền uốn của các vật phẩm thủy tinh được trao đổi ion.

FIG.7 là hình vẽ thể hiện sơ lược thiết bị thử nghiệm vòng trên vòng (RoR: ring-on-ring) .

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Trong phần mô tả dưới đây, các ký tự viện dẫn giống nhau biểu thị các phần giống nhau hoặc tương ứng trong suốt các hình được thể hiện trên các hình vẽ. Cũng cần hiểu rằng, trừ khi có quy định khác, các thuật ngữ như “đỉnh”, “đáy”, “hướng ra ngoài”, “hướng vào trong”, và các từ tương tự là các từ dùng cho thuận tiện và không được hiểu là các thuật ngữ giới hạn. Ngoài ra, bất kỳ khi nào một nhóm được mô tả dưới dạng chứa ít nhất một yếu tố trong nhóm các yếu tố và các tổ hợp của chúng, thì phải cần hiểu rằng, nhóm này có thể chứa, về cơ bản là gồm, hoặc gồm một số các yếu tố bất kỳ trong số các yếu tố được nêu, hoặc là riêng rẽ hoặc kết hợp với nhau. Tương tự, bất kỳ khi nào một nhóm được mô tả dưới dạng chứa ít nhất một yếu tố trong nhóm các yếu tố hoặc các tổ hợp của chúng, thì phải cần hiểu rằng, nhóm này có thể bao gồm một số yếu tố bất kỳ trong số các yếu tố được nêu, hoặc là riêng rẽ hoặc kết hợp với nhau. Trừ khi được chỉ rõ theo cách khác, phạm vi của các trị số, khi được nêu, bao gồm cả giới hạn trên và dưới trong phạm vi này, cũng như các phạm vi bất kỳ ở giữa. Như được sử dụng ở đây, các mạo từ không xác định số lượng có nghĩa là “ít nhất một” hoặc “một hoặc nhiều”, trừ khi có quy định khác. Cũng cần hiểu rằng, các dấu hiệu khác nhau được bộc lộ trong bản mô tả và các hình vẽ có thể được sử dụng trong kết hợp bất kỳ và tất cả các kết hợp.

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “gốc thủy tinh” được sử dụng theo nghĩa rộng nhất của nó để bao gồm bất kỳ các đối tượng được chế tạo toàn bộ hoặc một phần bằng thủy tinh, bao gồm gốm thủy tinh (mà bao gồm pha tinh thể và pha thủy tinh vô định hình còn dư). Trừ khi có mô tả cụ thể khác, tất cả các hợp phần của các thủy tinh đã được mô tả ở đây được thể hiện theo mol% (mol%), và các thành phần được cung cấp theo cơ sở oxit. Trừ khi có quy định khác, tất cả các nhiệt độ được biểu thị theo độ C (°C).

Lưu ý là, các thuật ngữ "hầu như" và "khoảng" có thể được sử dụng ở đây để biểu thị mức độ không chắc chắn vốn có mà có thể là thuộc tính của sự so sánh định lượng, trị số, số đo, hoặc sự biểu thị khác. Các thuật ngữ này cũng được sử dụng ở đây để biểu thị mức độ mà qua đó sự biểu thị định lượng có thể thay đổi so với tham chiếu được nêu mà không dẫn đến sự thay đổi về chức năng cơ sở của đối tượng ở vấn đề đó. Ví dụ, thủy tinh mà "hầu như không chứa  $K_2O$ " là thủy tinh trong đó  $K_2O$  không được bổ sung chủ động hoặc được tạo mề vào thủy tinh, nhưng có thể có mặt theo các lượng rất nhỏ dưới dạng tạp chất, như theo các lượng nhỏ hơn khoảng 0,01 mol%.

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả một cách chi tiết với các phương án thực hiện khác nhau, ví dụ về các phương án này được minh họa trong các ví dụ và hình vẽ kèm theo.

Các vật phẩm được gia cường gốc thủy tinh có thể được tạo ra bằng gia cường hóa học. Các vật phẩm gốc thủy tinh được gia cường có độ bền cơ học và độ tin cậy cải thiện. Trong một phương pháp của gia cường hóa học, các chất nền gốc thủy tinh được trao đổi ion để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh được gia cường. các vật phẩm gốc thủy tinh Như được sử dụng ở đây, “vật phẩm gốc thủy tinh” đề cập đến ion được trao đổi vật phẩm gốc thủy tinh, và “chất nền gốc thủy tinh” đề cập đến tiền chất gốc thủy tinh mà được gia cường hóa học để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh.

Quá trình trao đổi ion có thể bao gồm nhúng chất nền gốc thủy tinh trong bể muối kiềm nóng chảy để trao đổi các ion kiềm từ bể muối cho các ion kiềm mà có mặt trong chất nền gốc thủy tinh. Bể muối kiềm nóng chảy có thể được duy trì ở nhiệt độ



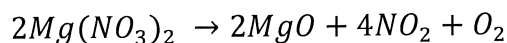
thấp hơn nhiệt độ chuyển tiếp thủy tinh của chất nền gốc thủy tinh. Trong đó các ion được trao đổi từ bể muối nóng chảy vào chất nền gốc thủy tinh có bán kính ion lớn hơn so với các ion mà chúng thay thế trong chất nền gốc thủy tinh, vật phẩm gốc thủy tinh được sản xuất bao gồm lớp ứng suất nén ở bề mặt. Lớp ứng suất nén này gia cường vật phẩm gốc thủy tinh, và làm giảm khả năng xảy ra vỡ do đưa các vết rạn bề mặt vào vật phẩm gốc thủy tinh. Nay các vật phẩm được gia cường gốc thủy tinh được sử dụng phổ biến trong các ứng dụng trong đó khả năng chống xước, chống mài mòn, và nứt vỡ là mong muốn.

Hợp phần bể muối nóng chảy được sử dụng trong các quá trình trao đổi ion ảnh hưởng đến hiệu suất và hiệu quả trao đổi ion, và từ đó tác động đến các đặc tính của các vật phẩm gốc thủy tinh được tạo ra bằng cách trao đổi ion. Các tạp chất trong bể muối nóng chảy có thể là bất lợi cho quá trình trao đổi ion. Trong một số các trường hợp, các tạp chất có thể tạo ra lớp vô cơ trên bề mặt của chất nền gốc thủy tinh mà hạn chế trao đổi ion, từ đó làm giảm độ bền cơ học của vật phẩm gốc thủy tinh tạo thành. Vấn đề lớp vô cơ "chặn" này đặc biệt phổ biến đối với các chất nền gốc thủy tinh mà chứa các silicat natri canxi. Cũng quan sát được rằng lớp vô cơ có thể được tạo ra ở bề mặt của các chất nền gốc thủy tinh mà chứa liti và/hoặc natri. Lớp vô cơ có thể góp phần vào hình thành lớp phủ mờ của vật phẩm gốc thủy tinh, vốn không mong muốn. Các tạp chất mà có thể có mặt trong bể muối nóng chảy và góp phần vào sự hình thành của lớp vô cơ bao gồm magie và canxi. Để tránh sự hình thành của vô cơ lớp, bể muối nóng chảy tinh khiết cao có thể được sử dụng mà bao gồm các tạp chất ở mức bên dưới một phần triệu. Tuy nhiên, các bể muối nóng chảy tinh khiết cao có ảnh hưởng đến chi phí tăng thêm vốn là không mong muốn.

Các phương pháp được mô tả ở đây xử lý vấn đề hình thành lớp vô cơ trên các vật phẩm gốc thủy tinh do sự có mặt của các tạp chất trong bể muối nóng chảy, mà không cần sử dụng bể muối nóng chảy tinh khiết cao. Ngoài ra, các phương pháp được mô tả ở đây cho phép tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh mà hầu như không có hoặc không có lớp phủ mờ mà không cần hoạt động đánh bóng sau khi trao đổi ion hoặc loại bỏ vô cơ lớp.

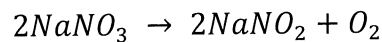
Các phương pháp đã được mô tả ở đây ngăn không cho hoặc giảm thiểu tối đa sự hình thành của lớp vô cơ trên các vật phẩm gốc thủy tinh bằng cách tăng sự có mặt của muối nitrua trong các bể muối nitrat nóng chảy. Việc tăng nồng độ muối nitrua có thể đạt được bởi hai cơ chế riêng biệt. Theo phương án thứ nhất, bể muối nitrat nóng chảy mới có thể được già hóa ở các nhiệt độ nâng lên để tạo ra muối nitrua trong bể. Theo phương án thứ hai, muối nitrua có thể được bổ sung vào bể muối nitrat nóng chảy mới. Ngoài ra, hai phương án này có thể được kết hợp, sao cho muối nitrua được bổ sung vào bể muối nitrat nóng chảy và bể muối nitrat nóng chảy được già hóa ở nhiệt độ được nâng lên. Như được sử dụng ở đây, “bể muối nitrat nóng chảy mới” là bể trong đó không có các chất nền gốc thủy tinh được nhúng nhằm mục đích trao đổi ion.

Mặc dù không muốn bị giới hạn bởi nguyên lý bất kỳ, nồng độ muối nitrua tăng trong bể muối nitrat nóng chảy có thể ngăn sự lắng phủ của các tạp chất trong bể muối nóng chảy dưới dạng các oxit trong lớp vô cơ trên bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh. Sự lắng phủ xảy ra khi các loại oxit của tạp chất có mặt trong bể muối nóng chảy. Các tạp chất thường có mặt ban đầu trong bể muối nóng chảy dưới dạng các muối nitrat. Sau đó các muối nitrat này có thể phân hủy để tạo ra oxit của tạp chất cũng như các thành phần khí nitơ dioxit và oxy. Phản ứng phân hủy xảy ra ở các nhiệt độ nâng lên, như cao hơn khoảng 300°C đối với  $Mg(NO_3)_2$ , tạo ra các thành phần oxit tạp chất trong bể muối nóng chảy. Phản ứng phân hủy được biểu diễn bởi phương trình sau đây, trong đó magie được sử dụng làm tạp chất có tính đại biểu:



Theo đó, độ tăng về nồng độ nitrua trong bể muối nóng chảy hạn chế phản ứng phân hủy (chuyển trạng thái cân bằng về bên trái ở phương trình nêu trên), ngăn sự hình thành của các oxit trong bể muối nóng chảy. Oxit tạp chất có mặt trong bể được thể hiện để dính lên bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh trong quá trình trao đổi ion. Các kết tủa tạo thành có thể tạo ra lớp phủ mờ và lớp vô cơ thuộc loại đã được mô tả trên đây mà làm giảm độ bền cơ học của các vật phẩm gốc thủy tinh. Do vậy, việc làm giảm oxit tạp chất có mặt trong bể muối nóng chảy sẽ làm giảm sự hình thành của lớp phủ mờ và tạo ra các vật phẩm gốc thủy tinh với độ bền tăng.

Theo một số phương án thực hiện, phương pháp tăng thành phần muối nitrua ( $\text{NO}_2$ ) của bể muối nitrat ( $\text{NO}_3$ ) nóng chảy bao gồm bước già hóa các bể muối nitrat nóng chảy mới. Như được sử dụng ở đây, “già hóa” là nói đến việc duy trì bể muối nitrat nóng chảy ở nhiệt độ được nâng lên trong khoảng thời gian cụ thể. Bước già hóa bể muối nitrat nóng chảy cho phép phân hủy muối nitrat để tạo ra muối nitrua và khí oxy. Phản ứng phân hủy muối nitrat được biểu diễn bởi phương trình sau đây, trong đó natri được sử dụng làm muối nitrat có tính đại biểu:



Do vậy, bước già hóa bể muối nitrat nóng chảy mới ở nhiệt độ được nâng lên sẽ tạo ra độ tăng về nồng độ muối nitrua trong bể. Ngoài ra, bước già hóa bể muối nitrat nóng chảy sẽ tạo ra sự hình thành của bể muối nitrat nóng chảy chứa muối nitrua ngay cả khi không có muối nitrua được bổ sung vào bể muối nitrat nóng chảy.

Bước già hóa bể muối nitrat nóng chảy có thể tiếp tục trong khoảng thời gian bất kỳ và ở nhiệt độ thích hợp bất kỳ để tạo ra nồng độ bể muối nitrua mong muốn. Theo một số phương án thực hiện, bước già hóa bể muối nitrat nóng chảy có thể thực hiện ở nhiệt độ bằng ít nhất khoảng  $300^\circ\text{C}$ , như nhiệt độ bằng khoảng  $300^\circ\text{C}$  đến khoảng  $600^\circ\text{C}$ , khoảng  $310^\circ\text{C}$  đến khoảng  $580^\circ\text{C}$ , khoảng  $320^\circ\text{C}$  đến khoảng  $570^\circ\text{C}$ , khoảng  $330^\circ\text{C}$  đến khoảng  $550^\circ\text{C}$ , khoảng  $340^\circ\text{C}$  đến khoảng  $530^\circ\text{C}$ , khoảng  $350^\circ\text{C}$  đến khoảng  $520^\circ\text{C}$ , khoảng  $360^\circ\text{C}$  đến khoảng  $510^\circ\text{C}$ , khoảng  $370^\circ\text{C}$  đến khoảng  $500^\circ\text{C}$ , khoảng  $380^\circ\text{C}$  đến khoảng  $490^\circ\text{C}$ , khoảng  $390^\circ\text{C}$  đến khoảng  $480^\circ\text{C}$ , hoặc các khoảng con bất kỳ được chứa bên trong các điểm đầu này. Theo một số phương án thực hiện, bước già hóa bể muối nitrat nóng chảy có thể thực hiện ở nhiệt độ bằng ít nhất khoảng  $300^\circ\text{C}$ , như nhiệt độ bằng ít nhất khoảng  $310^\circ\text{C}$ , ít nhất khoảng  $320^\circ\text{C}$ , ít nhất khoảng  $330^\circ\text{C}$ , ít nhất khoảng  $340^\circ\text{C}$ , ít nhất khoảng  $350^\circ\text{C}$ , ít nhất khoảng  $360^\circ\text{C}$ , ít nhất khoảng  $370^\circ\text{C}$ , ít nhất khoảng  $380^\circ\text{C}$ , ít nhất khoảng  $390^\circ\text{C}$ , ít nhất khoảng  $400^\circ\text{C}$ , ít nhất khoảng  $410^\circ\text{C}$ , ít nhất khoảng  $420^\circ\text{C}$ , ít nhất khoảng  $430^\circ\text{C}$ , ít nhất khoảng  $440^\circ\text{C}$ , ít nhất khoảng  $450^\circ\text{C}$ , ít nhất khoảng  $460^\circ\text{C}$ , ít nhất khoảng  $470^\circ\text{C}$ , hoặc hơn. Theo một số phương án thực hiện, bước già hóa bể muối nitrat nóng chảy có thể thực hiện ở nhiệt độ nhỏ hơn khoảng  $600^\circ\text{C}$ , như nhiệt độ nhỏ hơn khoảng  $580^\circ\text{C}$ , nhỏ hơn khoảng  $570^\circ\text{C}$ , nhỏ hơn khoảng  $550^\circ\text{C}$ , nhỏ hơn khoảng  $530^\circ\text{C}$ , nhỏ

hơn khoảng 520°C, nhỏ hơn khoảng 510°C, nhỏ hơn khoảng 500°C, nhỏ hơn khoảng 490°C, nhỏ hơn khoảng 480°C, hoặc thấp hơn. Theo một số phương án thực hiện, già hóa nhiệt độ có thể bằng nhiệt độ của bể trong quá trình trao đổi ion. Theo một số phương án thực hiện khác, già hóa nhiệt độ có thể cao hơn hoặc thấp hơn nhiệt độ của bể trong quá trình trao đổi ion. Theo một số phương án thực hiện, bước già hóa bể muối nitrat nóng chảy có thể kéo dài trong ít nhất khoảng 6 giờ, như khoảng 6 giờ đến khoảng 240 giờ, khoảng 7 giờ đến khoảng 220 giờ, khoảng 8 giờ đến khoảng 200 giờ, khoảng 9 giờ đến khoảng 180 giờ, khoảng 10 giờ đến khoảng 160 giờ, khoảng 11 giờ đến khoảng 140 giờ, khoảng 12 giờ đến khoảng 120 giờ, khoảng 13 giờ đến khoảng 100 giờ, khoảng 14 giờ đến khoảng 90 giờ, khoảng 15 giờ đến khoảng 80 giờ, khoảng 16 giờ đến khoảng 70 giờ, khoảng 17 giờ đến khoảng 60 giờ, khoảng 18 giờ đến khoảng 50 giờ, khoảng 19 giờ đến khoảng 40 giờ, khoảng 20 giờ đến khoảng 30 giờ, hoặc các khoảng con bất kỳ được chứa bên trong các điểm đầu này.

Thành phần muối nitrua mong muốn của bể muối nitrat nóng chảy sau khi già hóa là lượng bất kỳ thích hợp để làm giảm và/hoặc loại bỏ sự hình thành của các oxit tạp chất trong bể. Theo một số phương án thực hiện, bể muối nitrat nóng chảy già hóa có thể bao gồm muối nitrua theo lượng bằng ít nhất khoảng 0,01 wt%, như khoảng 0,01 wt% đến khoảng 10 wt%, khoảng 0,1 wt% đến khoảng 9 wt%, khoảng 0,2 wt% đến khoảng 8 wt%, khoảng 0,3 wt% đến khoảng 7 wt%, khoảng 0,4 wt% đến khoảng 6 wt%, khoảng 0,5 wt% đến khoảng 5 wt%, khoảng 0,6 wt% đến khoảng 4 wt%, khoảng 0,7 wt% đến khoảng 3 wt%, khoảng 0,8 wt% đến khoảng 2 wt%, khoảng 0,9 wt% đến khoảng 1 wt%, hoặc các khoảng con bất kỳ được chứa bên trong các điểm đầu này. Ngoài ra, bể muối nitrat nóng chảy già hóa chứa nồng độ muối nitrua cao hơn so với bể muối nitrat nóng chảy trước khi già hóa.

Theo một số phương án thực hiện, phương pháp tăng thành phần muối nitrua ( $\text{-NO}_2$ ) của bể muối nitrat ( $\text{-NO}_3$ ) nóng chảy bao gồm bổ sung muối nitrua một cách trực tiếp vào bể. Muối nitrua có thể được bổ sung vào bể theo lượng thích hợp bất kỳ để làm giảm và/hoặc loại bỏ sự hình thành của các oxit tạp chất trong bể. Theo một số phương án thực hiện, bể muối nitrat nóng chảy có thể bao gồm muối nitrua theo lượng bằng ít nhất khoảng 0,01 wt%, như khoảng 0,01 wt% đến khoảng 10 wt%, khoảng 0,1

wt% đến khoảng 9 wt%, khoảng 0,2 wt% đến khoảng 8 wt%, khoảng 0,3 wt% đến khoảng 7 wt%, khoảng 0,4 wt% đến khoảng 6 wt%, khoảng 0,5 wt% đến khoảng 5 wt%, khoảng 0,6 wt% đến khoảng 4 wt%, khoảng 0,7 wt% đến khoảng 3 wt%, khoảng 0,8 wt% đến khoảng 2 wt%, khoảng 0,9 wt% đến khoảng 1 wt%, khoảng 0,01 wt% đến khoảng 1 wt%, hoặc các khoảng con bất kỳ được chứa bên trong các điểm đầu này. Theo một số phương án thực hiện, muối nitrua được bổ sung vào bể theo lượng bằng khoảng 0,5 wt%.

Theo một số phương án thực hiện, muối nitrua mà được bổ sung vào bể muối nitrat nóng chảy có thể là muối có thành phần giống với muối nitrat. Ví dụ, natri nitrua có thể được bổ sung vào bể muối nóng chảy chứa natri nitrat. Theo một số phương án thực hiện, muối nitrua mà được bổ sung vào bể muối nitrat nóng chảy có thể là muối có thành phần giống với muối nitrat chiếm ưu thế chứa trong bể. Ví dụ, kali nitrua có thể được bổ sung vào bể muối nóng chảy mà chứa hỗn hợp của kali nitrat và natri nitrat, với kali nitrat có mặt với nồng độ lớn hơn. Theo một số phương án thực hiện, nhiều muối nitrua có thể được bổ sung vào bể muối nitrat nóng chảy. Theo một số phương án thực hiện, muối nitrua mà được bổ sung vào bể muối nitrat nóng chảy có thể ít nhất là một trong số natri nitrua và liti nitrua. Theo một số phương án thực hiện, muối nitrua có thể là một hoặc nhiều trong số  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{LiNO}_2$ ,  $\text{KNO}_2$ ,  $\text{RbNO}_2$ , và  $\text{AgNO}_2$ .

Các phương án già hóa và bổ sung muối nitrua có thể được sử dụng kết hợp. Theo một số phương án thực hiện, muối nitrua có thể được bổ sung vào bể muối nitrat nóng chảy trước khi hoặc sau khi bể muối nitrat nóng chảy được già hóa ở nhiệt độ được nâng lên. Theo các phương án thực hiện này, có thể thực hiện bước già hóa bể muối nitrat nóng chảy trong các khoảng thời gian ngắn hơn so với trong các trường hợp mà ở đó bước già hóa được sử dụng riêng biệt để tăng nồng độ muối nitrua trong bể muối nitrat nóng chảy.

Bể muối nitrat nóng chảy được sử dụng làm bắt đầu điểm đối với phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp tăng nồng độ nitrua nêu trên có thể là bất kỳ bể muối nitrat nóng chảy thích hợp cho trao đổi ion. Theo một số phương án thực hiện, bể muối nitrat nóng chảy có thể bao gồm ít nhất một trong số  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{LiNO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{RbNO}_3$ ,

và  $\text{AgNO}_3$ . Theo một số phương án thực hiện, bể muối nitrat nóng chảy có thể bao gồm hỗn hợp của các nitrat, như natri nitrat và kali nitrat. Hợp phần của bể muối nitrat nóng chảy có thể được chọn dựa trên hợp phần của chất nền gốc thủy tinh và các đặc tính biên dạng ứng suất mong muốn.

Các bể muối nitrat nóng chảy chứa muối nitrua được tạo ra bởi phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp được mô tả bên trên có thể được sử dụng để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh được gia cường. Các vật phẩm gốc thủy tinh được tạo ra bằng cách nhúng chất nền gốc thủy tinh trong bể muối nóng chảy chứa muối nitrua. Các vật phẩm gốc thủy tinh tạo thành có lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh đến chiều sâu nén.

Các vật phẩm gốc thủy tinh có thể có độ bền uốn bằng ít nhất khoảng 500 MPa, như ít nhất khoảng 550 MPa, ít nhất khoảng 600 MPa, ít nhất khoảng 650 MPa, ít nhất khoảng 700 MPa, ít nhất khoảng 750 MPa, ít nhất khoảng 800 MPa, ít nhất khoảng 850 MPa, ít nhất khoảng 900 MPa, hoặc hơn.

Các vật phẩm gốc thủy tinh có thể hầu như không có hoặc không có lớp phủ mờ. Theo một số phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh có thể có bề mặt mà có ít nhất 99% không có lớp phủ mờ. Nói theo cách khác, ít nhất 99% của bề mặt hai chiều của các vật phẩm gốc thủy tinh có thể không có lớp phủ mờ. Theo một số phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh không có lớp phủ mờ.

Các vật phẩm gốc thủy tinh có thể hầu như không có hoặc không có các kết tủa của magie và canxi. Theo một số phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh có thể có bề mặt mà có ít nhất 99% không có các kết tủa của magie và canxi. Nói theo cách khác, ít nhất 99% của bề mặt hai chiều của các vật phẩm gốc thủy tinh có thể không có các kết tủa của magie và canxi. Theo một số phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh không có các kết tủa của magie và canxi.

Các chất nền gốc thủy tinh được sử dụng để tạo ra các vật phẩm gốc thủy tinh đã được mô tả ở đây có thể là vật liệu thích hợp bất kỳ. Theo một số phương án thực hiện, các chất nền gốc thủy tinh là thủy tinh, như thủy tinh silicat natri canxi, thủy tinh silicat liti, hoặc thủy tinh silicat natri. Theo một số phương án thực hiện, chất nền gốc

thủy tinh có thể là thủy tinh gốm, như gốm thủy tinh chứa pha tinh thể petalit. Theo một số phương án thực hiện, chất nền gốc thủy tinh bao gồm ít nhất một chất trong số  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , và  $\text{Rb}_2\text{O}$ .

Các vật phẩm gốc thủy tinh được gia cường được bọc lộ ở đây có thể được kết hợp vào trong vật phẩm khác như vật phẩm với màn hiển thị (hoặc các sản phẩm màn hiển thị) (ví dụ, điện tử tiêu dùng, bao gồm điện thoại di động, máy tính bảng, máy tính, hệ thống điều hướng, các thiết bị có thể mặc (ví dụ, đồng hồ) và tương tự), các vật phẩm kiến trúc, các sản phẩm giao thông (ví dụ, ô tô, tàu hỏa, máy bay, tàu biển, v.v.), các sản phẩm gia dụng, hoặc vật phẩm bất kỳ đòi hỏi có một mức trong suốt, chống xước, chống mài mòn hoặc sự kết hợp của chúng. Vật phẩm làm ví dụ kết hợp vật phẩm bất kỳ trong số các các vật phẩm được gia cường được bọc lộ ở đây được thể hiện trên FIG.1A và Fig.1B. Cụ thể là, FIG.1A và Fig.1B thể hiện thiết bị điện tử tiêu dùng 100 bao gồm vỏ 102 có bề mặt trước 104, bề mặt sau 106, và các bề mặt bên 108; các thành phần điện (không được thể hiện trên các hình vẽ) nằm ít nhất một phần bên trong hoặc toàn bộ bên trong vỏ và bao gồm ít nhất bộ điều khiển, bộ nhớ, và màn hiển thị 110 ở hoặc liền kề với bề mặt trước của vỏ; và nền phủ 112 ở hoặc trên bề mặt trước của vỏ sao cho nó nằm trên màn hiển thị. Theo một số phương án thực hiện, ít nhất một trong số chất nền che 112 hoặc một phần của vỏ 102 có thể bao gồm bất kỳ của các vật phẩm được gia cường được bọc lộ ở đây.

Như một phương án làm ví dụ không giới hạn, 0,5 wt%  $\text{NaNO}_2$  được bổ sung vào bể muối nóng chảy  $\text{NaNO}_3$ . Chất nền gốm thủy tinh chứa pha tinh thể petalit được trao đổi ion trong bể chứa nitrua trong 4 giờ ở nhiệt độ bằng  $470^\circ\text{C}$ . Như một ví dụ so sánh, chất nền gốm thủy tinh chứa pha tinh thể petalit được trao đổi ion trong bể  $\text{NaNO}_3$  không chứa nitrua trong 4 giờ ở nhiệt độ  $470^\circ\text{C}$ . Bể không có nitrua không được già hóa trước khi trao đổi ion. Như được thể hiện trên FIG.2, vật phẩm gốm thủy tinh được sản xuất với bể chứa nitrua 200 không có lớp phủ mờ, mặc dù the vật phẩm gốm thủy tinh so sánh được trao đổi ion trong bể không có nitrua 210 có bề mặt mờ. Bề mặt của vật phẩm gốm thủy tinh được trao đổi ion trong bể không có nitrua 210 được đánh giá bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM), và các kết tủa không đồng đều 300 được phát hiện như được thể hiện trên FIG.3.

Một phần bề mặt của vật phẩm gốm thủy tinh được trao đổi ion trong bể không có nitrua 210 chứa kết tủa 300 được thực hiện phân tích phổ phân tán năng lượng (EDS: energy dispersive spectroscopy). Như được thể hiện trên FIG.4, phân tích EDS chỉ báo rằng kết tủa chứa magie. Theo độ tương phản, diện tích của bề mặt mà không chứa kết tủa không chứa magie, như được thể hiện trên FIG.5. Các kết quả này hỗ trợ cho kết luận rằng thể kết tủa và lớp phủ mờ sinh ra ít nhất một phần là do các tạp chất, như magie và canxi, có mặt trong bể muối nóng chảy.

Theo các phương án thực hiện làm ví dụ khác, các chất nền gốm thủy tinh chứa petalit được trao đổi ion trong các bể natri nitrat mà được già hóa ở nhiệt độ bằng 470°C trong 24 giờ và 48 giờ, dưới các điều kiện trao đổi ion giống nhau như ví dụ trước đó. Độ bền uốn của gốm thủy tinh được trao đổi ion trong bể (không có nitrua) không được già hóa, bể được bổ sung 0,5 wt%  $\text{NaNO}_2$ , bể được già hóa 24 giờ, và bể được già hóa 48 giờ sau đó được đo bằng thử nghiệm vòng trên vòng, như được mô tả dưới đây. Như được thể hiện trên FIG.6, bể (không có nitrua) không được già hóa được sản xuất vật phẩm gốm thủy tinh với độ bền uốn thấp đáng kể so với các vật phẩm gốm thủy tinh được tạo ra bằng các bể chứa nitrua thuộc loại đã được mô tả ở đây. FIG.6 là đồ thị weibull, trong đó mỗi điểm dữ liệu thể hiện tỷ lệ phần trăm của mẫu mà bị hỏng ở ứng suất uốn cho trước. Dữ liệu này còn chỉ báo rằng sự có mặt của lớp phủ mờ có liên quan đến độ bền uốn giảm trong các vật phẩm được trao đổi ion.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, sự tăng hoặc giảm về độ bền ở một mặt của chất nền gốc thủy tinh có thể được xác định bằng cách sử dụng thử nghiệm vòng trên vòng (ROR: ring on ring). Độ bền của vật liệu được xác định là ứng suất mà ở đó nứt vỡ xảy ra. Thử nghiệm RoR là phép đo độ bền bề mặt để thử nghiệm các mẫu thủy tinh phẳng, và ASTM C1499-09(2013), có tiêu đề "Standard Test Method for Monotonic Equibiaxial Flexural Strength of Advanced Ceramics at Ambient Temperature", có tác dụng làm cơ sở cho phương pháp luận thử nghiệm RoR đã được mô tả ở đây. Nội dung của ASTM C1499-09 được kết hợp vào đây bằng cách viện dẫn toàn bộ.

Đối với thử nghiệm RoR, vật phẩm gốc thủy tinh như được thể hiện trên Fig.8 được đặt giữa hai vòng đồng tâm có kích cỡ khác nhau để xác định độ bền uốn đẳng



lưỡng trục (tức là, ứng suất tối đa mà một vật liệu có khả năng trụ vững khi được cho tiến hành uốn giữa hai vòng đồng tâm). Trong cấu hình thử nghiệm RoR 400, vật phẩm gốc thủy tinh 410 được đỡ bởi vòng đỡ 420 có đường kính  $D_2$ . Lực  $F$  được tác động bởi ô tải trọng (không được thể hiện trên hình vẽ) lên bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh nhờ vòng tải trọng 430 có đường kính  $D_1$ .

Tỷ lệ của các đường kính của vòng tải và vòng đỡ  $D_1/D_2$  có thể nằm trong khoảng từ 0,2 đến 0,5. Theo một số phương án thực hiện,  $D_1/D_2$  bằng 0,5. Vòng tải 430 và vòng đỡ 420 cần được căn thẳng đồng tâm để nằm trong 0,5% của đường kính vòng đỡ  $D_2$ . Ô tải trọng được sử dụng cho thử nghiệm nên là chính xác để nằm trong  $\pm 1\%$  ở tải trọng bất kỳ trong phạm vi được chọn. Thử nghiệm được thực hiện ở nhiệt độ  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  và độ ẩm tương đối  $40 \pm 10\%$ .

Đối với thiết kế bộ phận treo, bán kính  $r$  của bề mặt nhô của vòng tải 430 nằm trong khoảng từ  $h/2 \leq r \leq 3h/2$ , trong đó  $h$  là chiều dày của vật phẩm gốc thủy tinh 410. Vòng tải 430 và vòng đỡ 420 được làm bằng thép cứng với độ cứng  $\text{HRC} > 40$ . Các bộ phận treo RoR có bán sẵn.

Cơ chế nứt vỡ được dự tính cơ chế hoặc thử nghiệm RoR là để quan sát sự nứt vỡ của vật phẩm gốc thủy tinh 410 xuất phát từ bề mặt 430a bên trong vòng tải 430. Các nứt vỡ xảy ra ngoài vùng này – tức là, giữa vòng tải 430 và vòng đỡ 420 – được loại bỏ khỏi dữ liệu phân tích. Do chiều dày và độ bền cao của vật phẩm gốc thủy tinh 410, tuy nhiên, độ uốn lớn vượt quá  $\frac{1}{2}$  của chiều dày mẫu  $h$  đôi khi được thấy có xuất hiện. Do đó không thường quan sát thấy tỷ lệ lớn của các nứt vỡ xuất phát từ bên dưới vòng tải 430. Ứng suất không thể được tính toán một cách chính xác mà không có hiểu biết về sự phát triển ứng suất cả bên trong và bên dưới vòng (được thu thập thông qua phân tích biến dạng) và sự khởi đầu của nứt vỡ ở mỗi mẫu. Do đó thử nghiệm RoR tập trung vào tải trọng đỉnh ở nứt vỡ khi sự phản hồi được đo.

Độ bền của vật phẩm gốc thủy tinh tùy thuộc vào sự có mặt của các vết rạn bề mặt. Tuy nhiên, khả năng xảy ra khe nứt có kích cỡ định trước mà sẽ có mặt không thể được dự đoán chính xác, do độ bền của thủy tinh có bản chất thống kê. Do đó, khả năng phân bố có thể được sử dụng làm sự thể hiện thống kê của dữ liệu thu được.

Mặc dù các phương án thực hiện tiêu biểu đã được mô tả trên đây nhằm mục đích minh họa, phần mô tả trên đây không nên được xem là sự giới hạn về phạm vi của sáng chế hoặc các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo. Theo đó, các biến thể khác nhau, các phương án thích ứng, và các phương án thay thế có thể xảy ra đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật mà không nằm ngoài ý tưởng và phạm vi của sáng chế hoặc các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo.

## YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp trao đổi ion các chất nền gốc thủy tinh bao gồm các bước:  
nhúng chất nền gốc thủy tinh trong bể muối nóng chảy để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh, trong đó chất nền gốc thủy tinh là chất nền gồm thủy tinh bao gồm pha tinh thể và pha thủy tinh dư,  
trong đó trước bước nhúng chất nền gốc thủy tinh bất kỳ trong bể muối nóng chảy, bể muối nóng chảy bao gồm:  
lớn hơn 1 ppm của ít nhất một trong số Mg và Ca;  
muối nitrat, và  
muối nitrua theo lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01 % theo khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,0 % theo khối lượng, trong đó muối nitrua bao gồm  $\text{NaNO}_2$ .
2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó muối nitrua còn bao gồm ít nhất một trong số  $\text{LiNO}_2$ ,  $\text{KNO}_2$ ,  $\text{RbNO}_2$ , và  $\text{AgNO}_2$ .
3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó muối nitrat bao gồm ít nhất một trong số  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{LiNO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{RbNO}_3$ , và  $\text{AgNO}_3$ .
4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp còn bao gồm bước bổ sung muối nitrua vào bể muối nóng chảy trước khi nhúng chất nền gốc thủy tinh.
5. Phương pháp theo điểm 4, trong đó phương pháp còn bao gồm bước già hóa bể muối nóng chảy ở nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng  $300^\circ\text{C}$  trong thời gian lớn hơn hoặc bằng 6 giờ trước khi nhúng chất nền gốc thủy tinh.
6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bể muối nóng chảy chứa muối nitrua theo lượng lớn hơn hoặc bằng 0,1 % khối lượng.
7. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ít nhất 99% bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh không có lớp phủ mờ.
8. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ít nhất 99% bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh hầu như không có các kết tủa chứa magie và canxi.

9. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chất nền gốc thủy tinh bao gồm ít nhất một chất trong số  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , và  $\text{Rb}_2\text{O}$ .
10. Phương pháp theo điểm 1, trong đó vật phẩm gốc thủy tinh có độ bền uốn lớn hơn hoặc bằng 500 MPa.
11. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chất nền gốc thủy tinh bao gồm  $\text{Li}_2\text{O}$ .
12. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chất nền gốc thủy tinh bao gồm petalit.
13. Phương pháp theo điểm 1, trong đó muối nitrat bao gồm  $\text{NaNO}_3$ .
14. Phương pháp theo điểm 1, trong đó muối nitrat hầu như không chứa  $\text{KNO}_3$ .

FIG. 1A

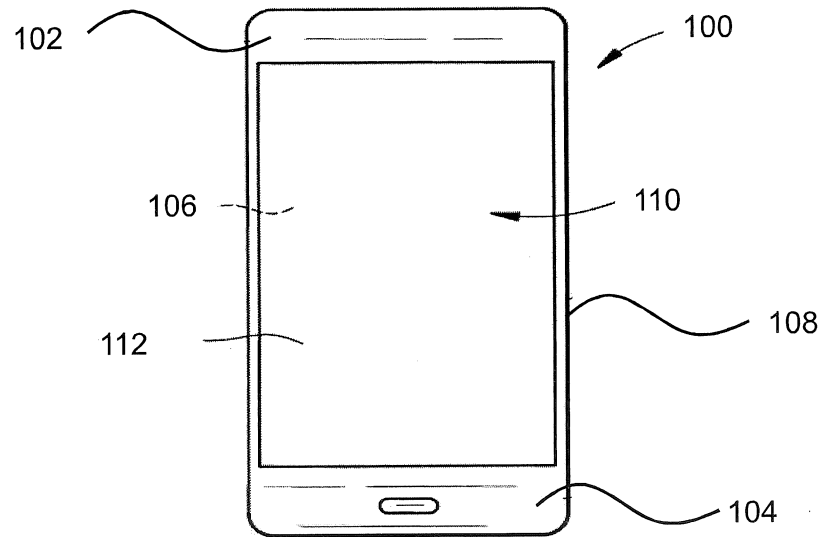
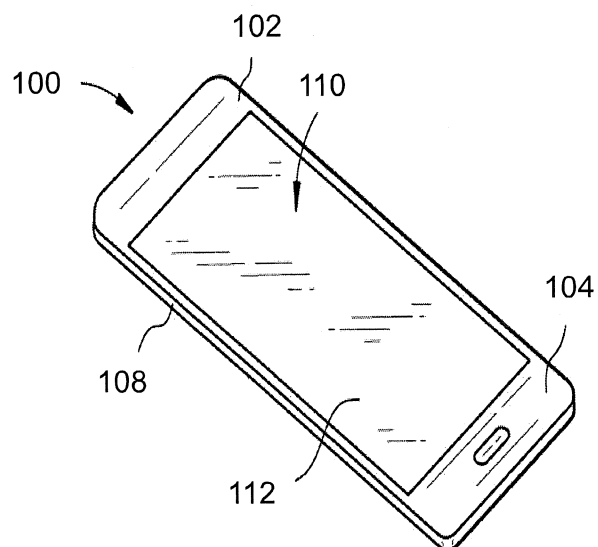


FIG. 1B



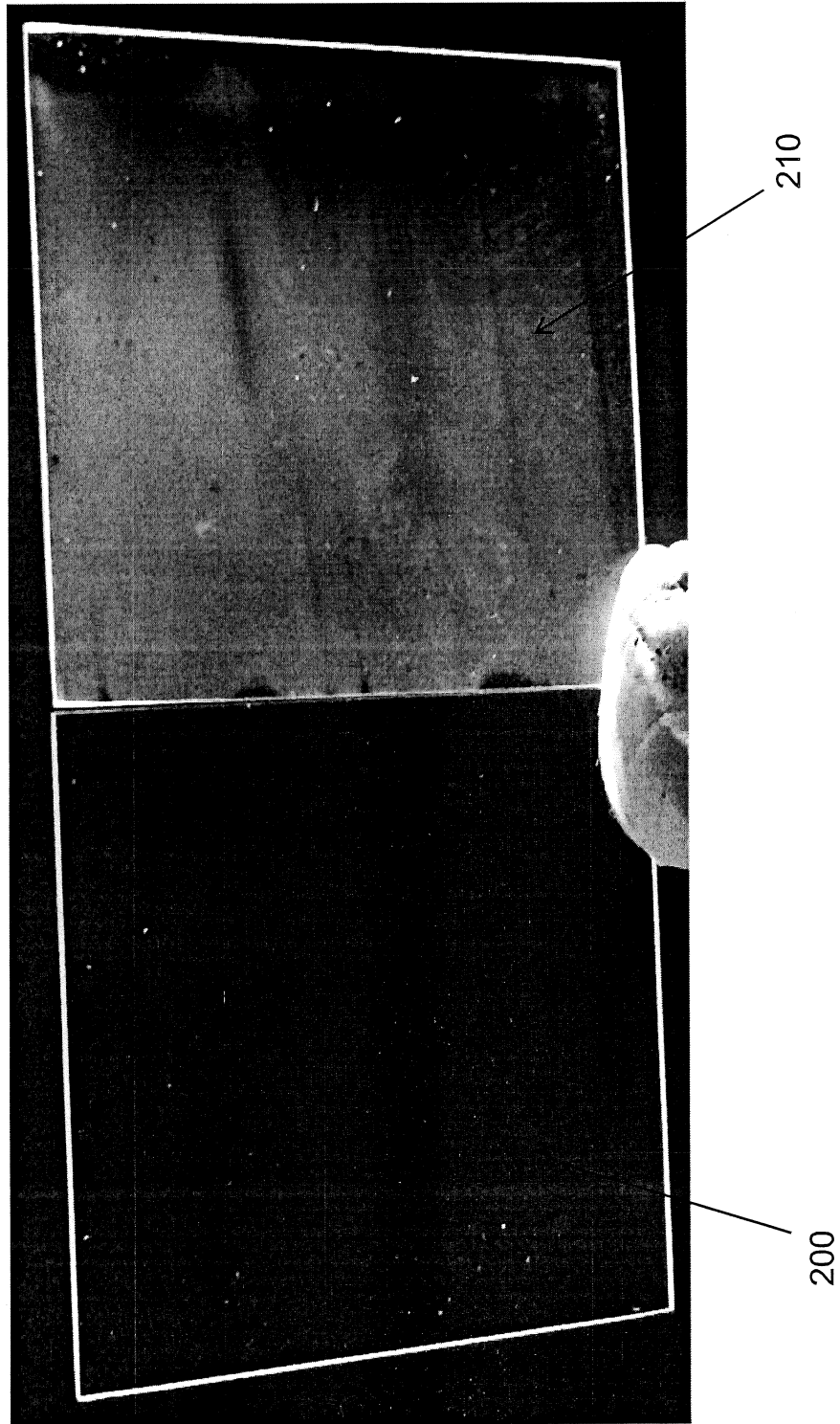


FIG. 2

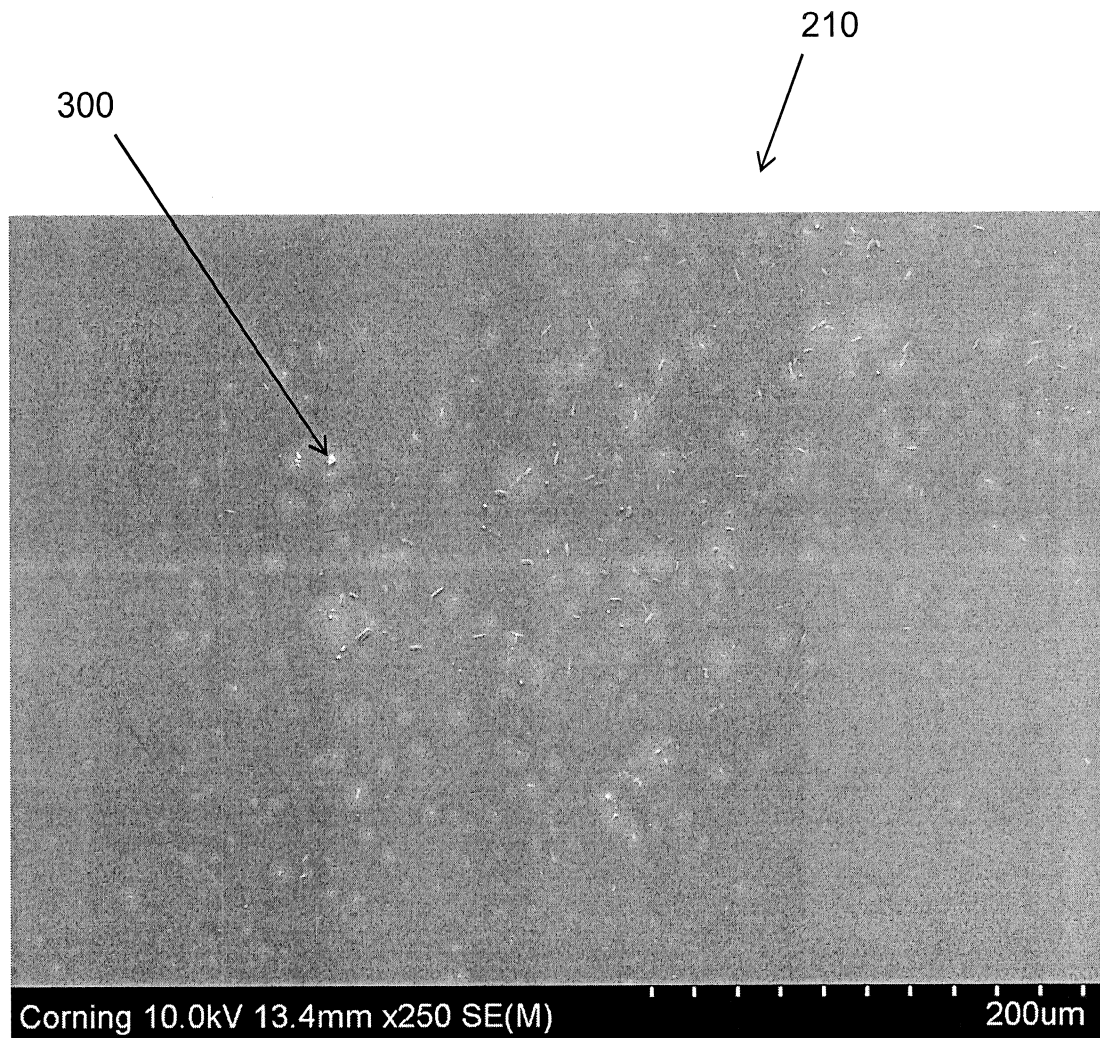


FIG. 3

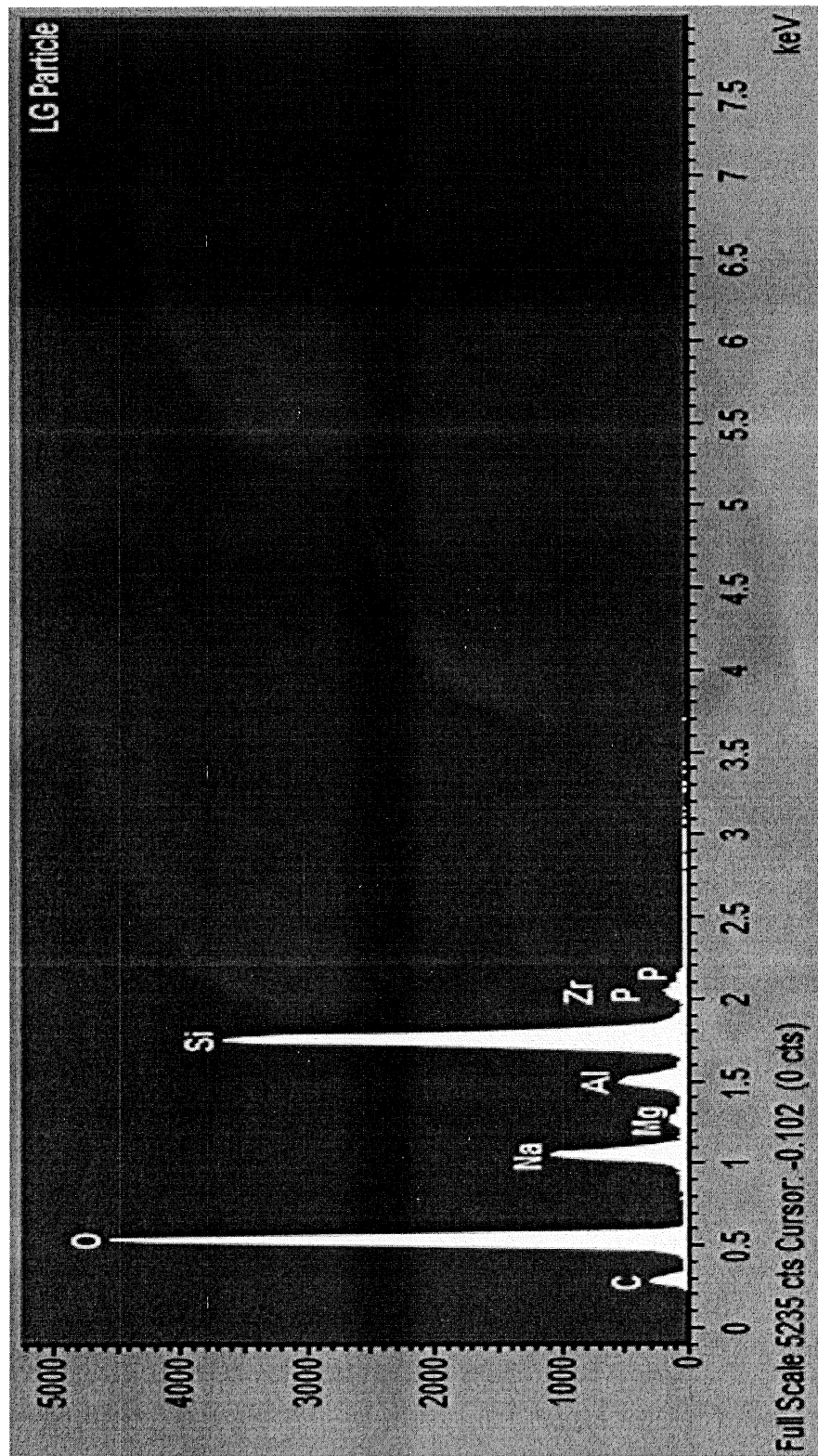


FIG. 4



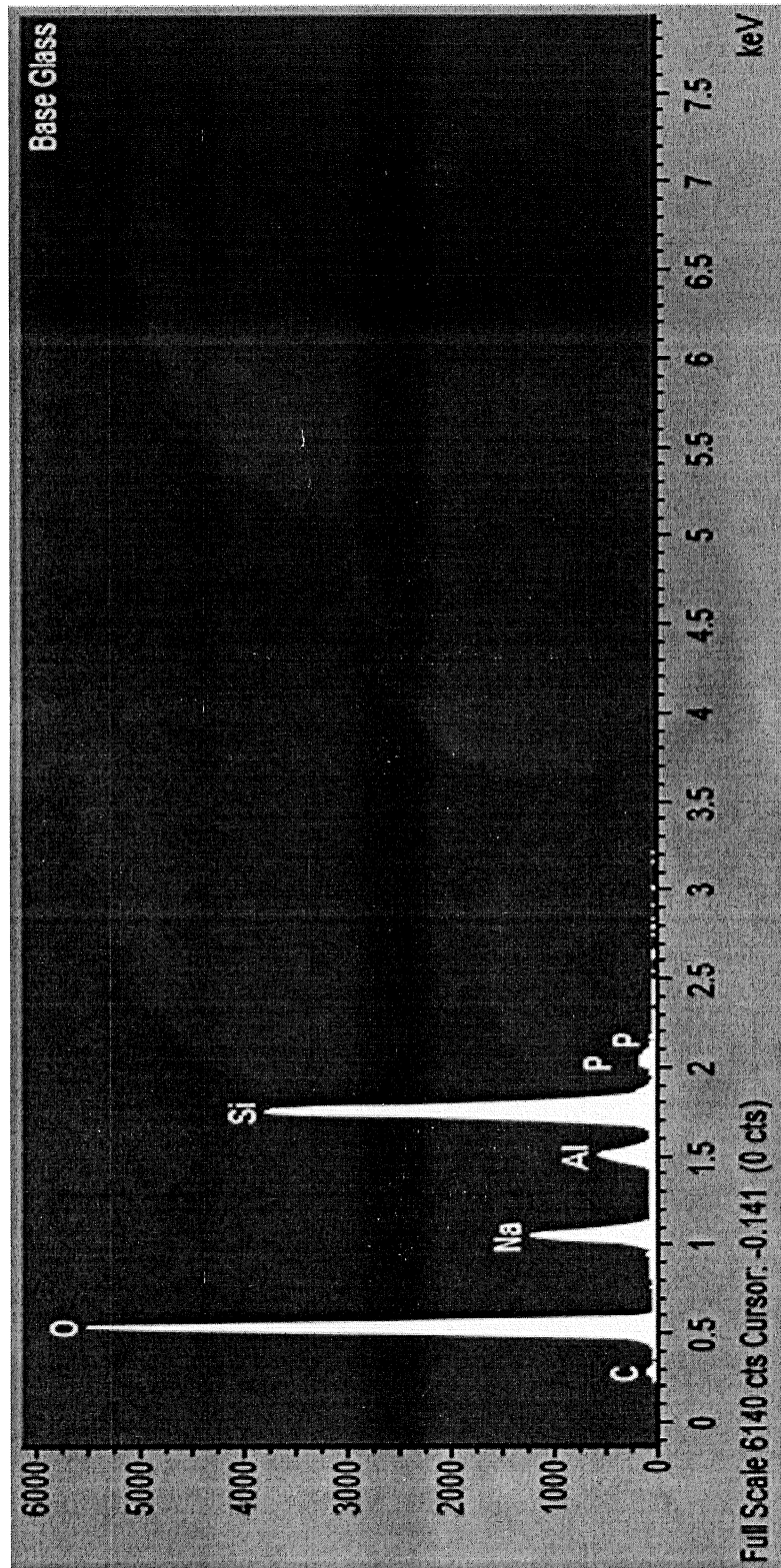


FIG. 5

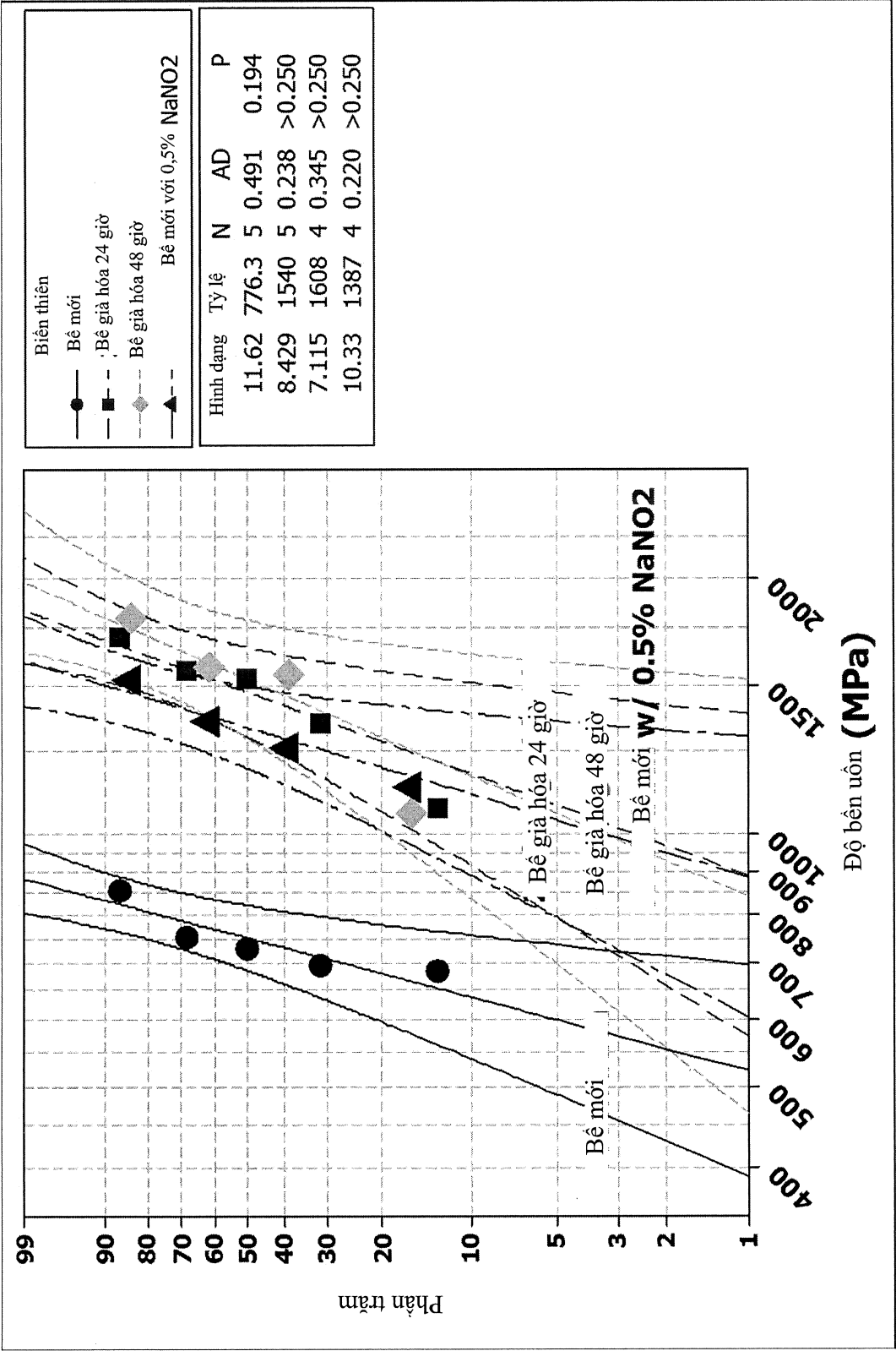


FIG. 6

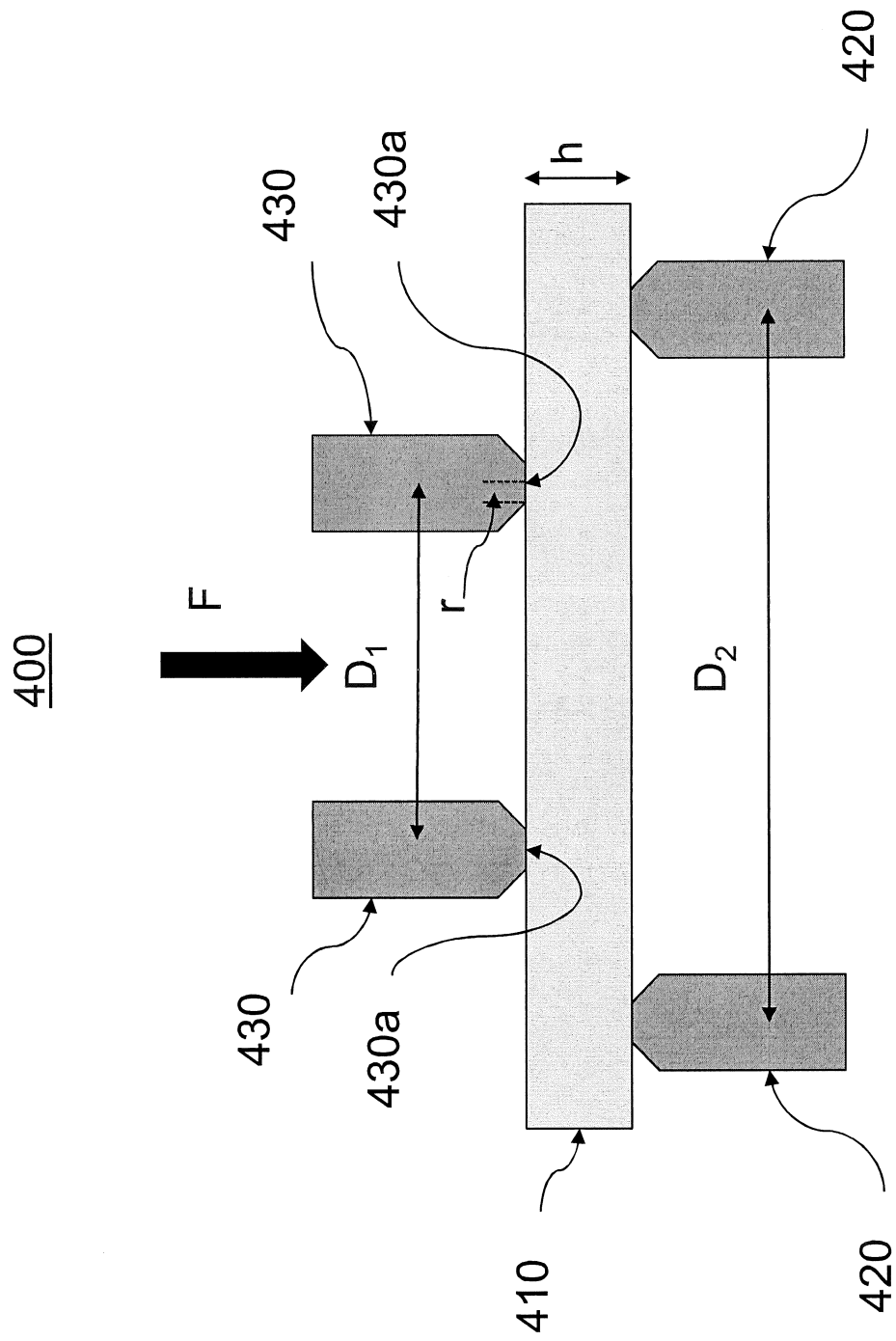


FIG. 7