



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0032058

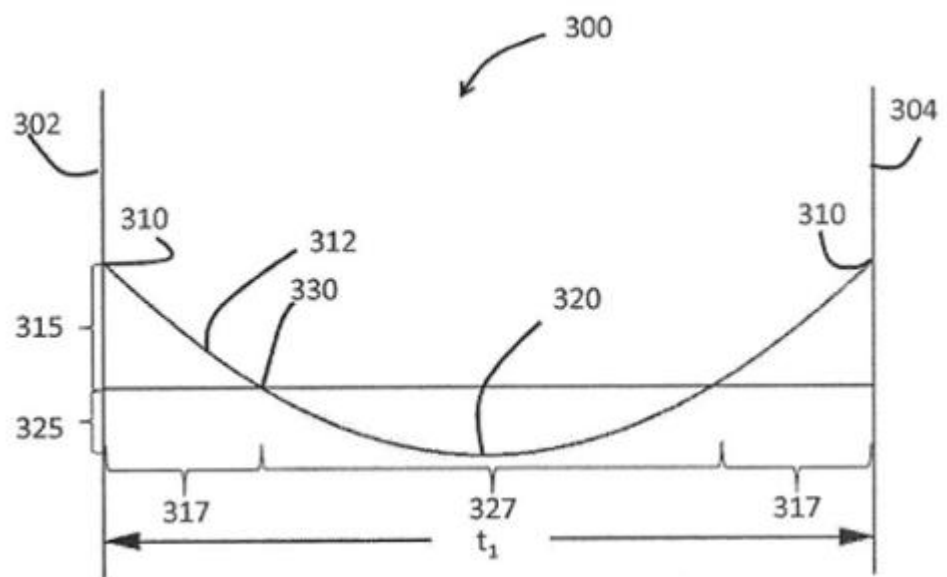
(51)⁸ C03C 21/00

(13) B

- (21) 1-2018-02916 (22) 09/12/2016
(86) PCT/US2016/065932 09/12/2016 (87) WO2017/100646 15/06/2017
(30) 62/266,411 11/12/2015 US; 62/320,095 08/04/2016 US; 62/364,687 20/07/2016 US;
62/365,534 22/07/2016 US
(45) 25/05/2022 410 (43) 25/10/2018 367A
(73) CORNING INCORPORATED (US)
1 Riverfront Plaza, Corning, New York 14831, the United States of America
(72) GROSS, Timothy Michael (US); HU, Guangli (CN); ROUSSEV, Rostislav Vatchev
(BG); SMITH, Charlene Marie (US); TANG, Zhongzhi (CN); TIETJE, Steven Alvin
(US).
(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) VẬT PHẨM TRÊN CƠ SỞ THỦY TINH CÓ THỂ ĐƯỢC TẠO RA BẰNG CÁCH
NUNG CHẤY CÓ GRADIENT NỒNG ĐỘ OXIT KIM LOẠI VÀ THIẾT BỊ BAO
GỒM NỀN PHỦ CHỨA VẬT LIỆU TRÊN CƠ SỞ THỦY TINH NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định rõ độ dày (t) khoảng 3 millimet hoặc nhỏ hơn (ví dụ, khoảng 1 millimet hoặc nhỏ hơn), và biên dạng ứng suất, trong đó tất cả các điểm của biên dạng ứng suất giữa phạm vi độ dày nằm trong khoảng từ $0 \cdot t$ đến $0,3 \cdot t$ và từ lớn hơn khoảng $0,7 \cdot t$ đến t , bao gồm tiếp tuyến với độ dốc có trị số tuyệt đối lớn hơn khoảng 0,1 MPa/micromet. Theo một số phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm nồng độ oxit kim loại khác 0 mà thay đổi dọc theo ít nhất một phần của độ dày (ví dụ, $0 \cdot t$ đến khoảng $0,3 \cdot t$) và ứng suất kéo trung tâm tối đa thấp hơn khoảng $71,5/\sqrt{t}$ (MPa). Theo một số phương án, nồng độ oxit kim loại hoặc oxit kim loại kiềm giảm từ bề mặt thứ nhất đến điểm giữa bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai và tăng từ điểm giữa này đến bề mặt thứ hai. Nồng độ oxit kim loại này có thể là khoảng 0,05% mol hoặc lớn hơn hoặc khoảng 0,5% mol hoặc lớn hơn trên suốt độ dày. Sáng chế cũng đề cập đến thiết bị bao gồm nền phủ chứa vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được tạo ra bằng cách nung chảy có độ bền chống hư hỏng được cải thiện, có độ bền chống nứt vỡ được cải thiện và cụ thể hơn, đề cập đến các vật phẩm thủy tinh và gốm thủy tinh có thể được tạo ra bằng cách nung chảy có gradient nồng độ oxit kim loại khác 0 hoặc nồng độ thay đổi theo một phần độ dày đáng kể.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thường bị các va chạm mà có thể tạo ra các vết rạn lớn trên bề mặt của các vật phẩm này. Các vết rạn này có thể kéo dài đến độ sâu tới khoảng 200 micromet (micron, hoặc μm) tính từ bề mặt. Theo truyền thống, thủy tinh tôi nhiệt đã được sử dụng để ngăn chặn hư hại do sự tạo ra các vết rạn như vậy ở thủy tinh, vì thủy tinh tôi nhiệt thường có các lớp ứng suất nén lớn (CS) (ví dụ, xấp xỉ 21% tổng độ dày của thủy tinh), các lớp này có thể ngăn ngừa các vết rạn lan rộng thêm vào trong thủy tinh và do đó, có thể ngăn ngừa sự hư hỏng. Ví dụ về biên dạng ứng suất được tạo ra bởi sự tôi nhiệt được thể hiện trên Fig.1. Trên Fig. 1, vật phẩm thủy tinh xử lý nhiệt 100 bao gồm bề mặt thứ nhất 101, độ dày t_1 , và ứng suất nén bề mặt 110. Vật phẩm thủy tinh xử lý nhiệt 100 thể hiện ứng suất nén giảm từ bề mặt thứ nhất 101 tới độ sâu nén 130, như được xác định ở đây, tại độ sâu này, ứng suất thay đổi từ ứng suất nén thành ứng suất kéo và đạt ứng suất kéo trung tâm (CT) tối đa 120.

Việc tôi nhiệt hiện nay chỉ giới hạn ở các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh dày (tức là, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có độ dày t_1 khoảng 3 milimet hoặc lớn hơn) vì, để đạt được sự gia cường nhiệt và đạt được các ứng suất dư mong muốn, gradien nhiệt đủ phải được tạo ra giữa phần lõi của các vật phẩm này và phần bề mặt. Các vật phẩm dày như vậy là không mong muốn hoặc không thiết thực trong nhiều ứng dụng như màn hiển thị (ví dụ, các thiết bị điện tử dân dụng, bao gồm điện thoại di động, máy tính bảng, máy vi tính, hệ thống điều hướng, và tương tự), trong kiến trúc (ví dụ, cửa

sổ, panen vôi hoa sen, các bề mặt ốp, v.v.), trong giao thông (ví dụ, ô tô, tàu hỏa, máy bay, tàu biển, v.v.), trong các thiết bị hoặc bất kỳ ứng dụng nào đòi hỏi độ bền chống nứt vỡ ưu việt nhưng là các vật phẩm mỏng và có trọng lượng nhẹ.

Mặc dù sự gia cường hóa học không bị giới hạn bởi độ dày của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo cách tương tự như tôi nhiệt, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gia cường hóa học đã biết không thể hiện biên dạng ứng suất của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tôi nhiệt. Ví dụ về biên dạng ứng suất tạo ra bằng cách gia cường hóa học (ví dụ, bằng quy trình trao đổi ion), được thể hiện trong Fig. 2. Trên Fig. 2, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gia cường hóa học 200 bao gồm bề mặt thứ nhất 201, độ dày t_2 và ứng suất nén bề mặt 210. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 200 thể hiện ứng suất nén mà giảm từ bề mặt thứ nhất 201 đến DOC 230, như được định nghĩa ở đây, tại độ sâu này, ứng suất thay đổi từ ứng suất nén thành ứng suất kéo và đạt đến ứng suất kéo trung tâm tối đa 220. Như được thể hiện trên Fig. 2, các biên dạng như vậy thể hiện vùng CT gần như bằng phẳng hoặc vùng CT có ứng suất kéo không đổi hoặc gần như không đổi dọc theo ít nhất một phần của vùng CT. Thường thì các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gia cường hóa học đã biết thể hiện giá trị CT tối đa thấp hơn, khi so với giá trị trung tâm tối đa được thể hiện trên Fig. 1.

Do đó, cần tìm ra các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh mỏng mà có độ bền chống nứt vỡ được cải thiện.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Khía cạnh thứ nhất của sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định rõ độ dày (t) tính theo milimet (mm), nồng độ của oxit kim loại mà vừa khác 0 và vừa thay đổi dọc theo phạm vi độ dày nằm trong khoảng từ $0 \cdot t$ đến khoảng $0,3 \cdot t$; và vùng ứng suất kéo trung tâm (CT) bao gồm ứng suất kéo trung tâm tối đa thấp hơn khoảng $71,5/\sqrt{t}$ (MPa). Theo một hoặc nhiều phương án, khi vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bị rạn nứt, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh rạn nứt thành nhiều nhất là 2 mảnh/inso² khi được xác định bằng “thử nghiệm đánh giá tính dễ rạn vỡ”, như được mô tả bởi Z. Tang, et al. *Automated Apparatus for Measuring the Frangibility and Fragmentation of Strengthened Glass*. Experimental Mechanics (2014) 54:903-912. Số mảnh được chia

bởi diện tích mẫu đang được thử nghiệm (tính theo inso vuông), trong đó kích thước mẫu sử dụng là hình vuông kích thước 5 cm x 5 cm (2 inso x 2 inso).

Theo một hoặc nhiều phương án, nồng độ của oxit kim loại là khác 0 và thay đổi dọc theo toàn bộ độ dày. Theo một hoặc nhiều phương án, oxit kim loại sinh ra ứng suất dọc theo phạm vi độ dày. Ion hóa trị một của oxit kim loại có thể có đường kính ion lớn nhất trong số tất cả các ion hóa trị một của các oxit kim loại trong vật liệu nền trên cơ sở thủy tinh. Nồng độ của oxit kim loại có thể giảm từ bề mặt thứ nhất tới điểm ở giữa bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai và gia tăng từ điểm này tới bề mặt thứ hai. Ví dụ, nồng độ của oxit kim loại tại bề mặt thứ nhất có thể gấp khoảng 1,5 lần (hoặc hơn) so với nồng độ của oxit kim loại ở độ sâu tương đương khoảng $0,5 \cdot t$. Trong một số tình huống, nồng độ của oxit kim loại là khoảng 0,05% mol hoặc cao hơn trong suốt toàn bộ độ dày (ví dụ, nằm trong phạm vi từ khoảng 1% mol đến khoảng 15% mol). Trong một số tình huống, nồng độ của oxit kim loại có thể giảm từ bề mặt thứ nhất tới giá trị tại điểm ở giữa bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai và gia tăng từ giá trị này đến bề mặt thứ hai. Oxit kim loại có thể bao gồm một hoặc nhiều oxit kim loại bất kỳ trong số Li_2O , Na_2O , K_2O , Rb_2O , và Cs_2O . Theo một hoặc nhiều phương án, gradient nồng độ oxit kim loại có thể có mặt ở vùng CT của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có biên dạng ứng suất kéo dài dọc theo độ dày, trong đó tất cả các điểm của biên dạng ứng suất giữa phạm vi độ dày nằm trong khoảng từ $0 \cdot t$ đến $0,3 \cdot t$ và từ lớn hơn khoảng $0,7 \cdot t$ đến t , bao gồm đường tiếp tuyến có độ dốc với giá trị tuyệt đối lớn hơn khoảng 0,1 MPa/micromet (tức là, đường tiếp tuyến có độ dốc với giá trị tuyệt đối nhỏ hơn khoảng -0,1 MPa/micromet hoặc lớn hơn khoảng 0,1 MPa/micromet). Theo một số phương án, đường tiếp tuyến có thể được mô tả và sử dụng thay đổi lẫn nhau với “độ nghiêng tại chỗ”, nó được xác định là sự thay đổi về độ lớn ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu, khi số gia độ sâu đạt tới 0. Theo một số phương án, biên dạng ứng suất bao gồm CS tối đa, DOC và ứng suất kéo trung tâm tối đa thấp hơn khoảng $71,5/\sqrt{t}$ (MPa), trong đó tỷ lệ của CT tối đa trên giá trị tuyệt đối của CS tối đa nằm trong phạm vi từ khoảng 0,01 đến khoảng 0,2 và trong đó DOC là khoảng $0,1 \cdot t$ hoặc lớn hơn.

Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh mô tả ở đây thể hiện đặc tính rạn nứt nhất định. Ví dụ, theo một hoặc nhiều phương án, khi vật

phẩm trên cơ sở thủy tinh bị rạn nứt bởi một sự kiện đơn (tức là, một va chạm như bị rơi hoặc bị va chạm một lần với dụng cụ), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh rạn nứt thành nhiều nhất là 2 mảnh/inso², trong đó kích thước mẫu sử dụng là hình vuông kích thước 5 cm x 5 cm (2 inso x 2 inso).

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án có thể có ứng suất nén bề mặt (CS) khoảng 300 MPa hoặc lớn hơn, hoặc khoảng 400 MPa hoặc lớn hơn. Theo một số phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm ứng suất nén bề mặt khoảng 200 MPa hoặc lớn hơn và độ sâu hóa học của lớp là khoảng $0,4 \cdot t$ hoặc lớn hơn. Theo một hoặc nhiều phương án, CS có thể kéo dài từ bề mặt thứ nhất tới DOC, trong đó DOC là khoảng $0,1 \cdot t$ hoặc lớn hơn. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một số phương án thể hiện tỷ lệ của CT tối đa trên giá trị tuyệt đối của ứng suất nén bề mặt (giá trị này có thể bao gồm CS tối đa) nằm trong phạm vi từ khoảng 0,01 đến khoảng 0,2. Một cách tùy ý, ứng suất nén bề mặt là lớn hơn CT tối đa.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm nồng độ oxit kim loại thứ nhất và nồng độ oxit kim loại thứ hai, trong đó nồng độ oxit kim loại thứ nhất nằm trong phạm vi từ khoảng 0% mol đến khoảng 15% mol từ phạm vi độ dày thứ nhất nằm trong khoảng từ $0 \cdot t$ đến khoảng $0,5 \cdot t$, và trong đó nồng độ oxit kim loại thứ hai nằm trong phạm vi từ khoảng 0% mol đến khoảng 10% mol từ phạm vi độ dày thứ hai nằm trong khoảng từ 0 micromet đến khoảng 25 micromet. Một cách tùy ý, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm oxit kim loại thứ ba.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm nồng độ của oxit kim loại mà vừa khác 0 và vừa thay đổi dọc theo phạm vi độ dày nằm trong khoảng từ $0 \cdot t$ đến khoảng $0,3 \cdot t$ (hoặc từ khoảng $0 \cdot t$ đến khoảng $0,4 \cdot t$ hoặc từ khoảng $0 \cdot t$ đến khoảng $0,45 \cdot t$), ứng suất nén bề mặt lớn hơn khoảng 200MPa hoặc lớn hơn; và vùng CT có ứng suất kéo trung tâm tối đa thấp hơn khoảng $71,5/\sqrt{t}$ (MPa), trong đó “71,5” là tính theo đơn vị MPa • (mm)^{0,5}, và “t” là tính theo milimet (mm).

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có độ dày t khoảng 3 millimet hoặc nhỏ hơn hoặc khoảng 1 millimet hoặc nhỏ hơn. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có cấu trúc vô định hình, cấu trúc tinh thể hoặc kết hợp cả hai cấu trúc này. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể thể hiện hệ số truyền khoảng 88% hoặc lớn hơn theo bước sóng nằm trong phạm vi từ khoảng 380 nm đến khoảng 780 nm. Ngoài ra, theo một số

phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể biểu lộ hệ tọa độ không gian màu CIELAB, dưới nguồn sáng CIE F02, của các giá trị L^* khoảng 88 và lớn hơn, các giá trị a^* nằm trong phạm vi từ khoảng -3 đến khoảng +3, và các giá trị b^* nằm trong phạm vi từ khoảng -6 đến khoảng +6.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có mô đun Young nhỏ hơn 80 GPa. Giá trị mô đun Young nêu trong sáng chế này đề cập đến giá trị được đo bằng kỹ thuật quang phổ siêu âm cộng hưởng kiểu thông thường được trình bày trong ASTM E2001-13, với tiêu đề tại liệu là “Standard Guide for Resonant Ultrasound Spectroscopy for Defect Detection in Both Metallic and Non-metallic Parts.” Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có độ nhót đường lỏng khoảng 100 kilopoa (kP) hoặc lớn hơn.

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể bao gồm hợp phần có bất kỳ một hoặc nhiều: thành phần bao gồm lượng kết hợp của Al_2O_3 và Na_2O lớn hơn khoảng 15% mol, thành phần bao gồm lớn hơn khoảng 4% mol Na_2O , thành phần cơ bản không có B_2O_3 , ZnO , hoặc cả B_2O_3 và ZnO , và thành phần bao gồm lượng khác 0 của P_2O_5 .

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có độ khuếch tán của ion hóa trị một (ví dụ, ion natri hoặc ion kali) khoảng $450 \mu m^2/giờ$ hoặc lớn hơn ở nhiệt độ khoảng $460^\circ C$. Theo một hoặc nhiều phương án, độ khuếch tán của ion hóa trị một này được thể hiện kết hợp với và DOC lớn hơn khoảng $0,15 \cdot t$, và trong đó ứng suất nén bề mặt gấp 1,5 lần CT tối đa hoặc lớn hơn.

Theo một số phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có độ bền chống nứt vỡ (K_{IC}) khoảng $0,7 MPa \cdot m^{1/2}$ hoặc lớn hơn.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thể hiện năng lượng kéo đứt từ khoảng lớn hơn $0 J/m^2$ đến nhỏ hơn $40 J/m^2$.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có biên dạng ứng suất bao gồm vùng CS và vùng CT, trong đó vùng CT được tính xấp xỉ bằng phương trình Ứng suất(x) = T cực đại – (((CT_n • (n+1))/0,5n)•|(x/t)-0,5|n), trong đó T cực đại là giá trị ứng suất kéo cực đại, CT_n là nhỏ hơn hoặc tương đương T cực đại và là giá trị dương tính theo đơn vị MPa, x là vị trí dọc theo độ dày (t) tính bằng micromet, và n nằm trong khoảng từ 1,5 đến 5 (hoặc từ 1,5 đến 2). Theo một số phương án, vùng CT bao gồm giá trị CT tối đa nằm trong phạm vi từ khoảng 50 MPa

đến khoảng 250 MPa và giá trị CT tối đa là tại độ sâu nằm trong phạm vi từ khoảng 0,4t đến khoảng 0,6t. Trong một số tình huống, từ độ dày nằm trong phạm vi từ khoảng 0t đến khoảng 0,1t, biên dạng ứng suất bao gồm độ dốc mà độ lớn của nó (theo giá trị tuyệt đối) nằm trong phạm vi từ khoảng 20 MPa/micron đến khoảng 200 MPa/micron. Theo một hoặc nhiều phương án, biên dạng ứng suất được lấy xấp xỉ bằng cách kết hợp nhiều hàm số sai số được đo từ 0,5t tới bề mặt.

Khía cạnh thứ hai của sáng chế này bộc lộ việc sử dụng chế phẩm thủy tinh trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gia cường, bao gồm (tính theo % mol): SiO₂ với lượng nằm trong phạm vi từ khoảng 60 đến khoảng 75, Al₂O₃ với lượng nằm trong phạm vi từ khoảng 12 đến khoảng 20, B₂O₃ với lượng nằm trong phạm vi từ khoảng 0 đến khoảng 5, Li₂O với lượng nằm trong phạm vi từ khoảng 2 đến khoảng 8, Na₂O với lượng lớn hơn 4, P₂O₅ với lượng khác 0, MgO với lượng nằm trong phạm vi từ khoảng 0 đến khoảng 5, ZnO với lượng nằm trong phạm vi từ khoảng 0 đến khoảng 3, CaO với lượng nằm trong phạm vi từ khoảng 0 đến khoảng 5, trong đó chế phẩm thủy tinh có thể trao đổi ion được và là vô định hình, trong đó tổng lượng của Al₂O₃ và Na₂O là lớn hơn khoảng 15% mol, trong đó chế phẩm thủy tinh hầu như không chứa các chất tạo nhân, và trong đó chế phẩm thủy tinh có độ nhót đường lỏng khoảng 100 kP hoặc lớn hơn. Theo một hoặc nhiều phương án, chế phẩm thủy tinh hầu như không chứa B₂O₃, ZnO, hoặc cả B₂O₃ và ZnO.

Khía cạnh thứ ba theo sáng chế đề cập nền thủy tinh bao gồm chế phẩm gồm, tính theo % mol, SiO₂ với lượng nằm trong phạm vi từ khoảng 60 đến khoảng 75, Al₂O₃ với lượng nằm trong phạm vi từ khoảng 12 đến khoảng 20, B₂O₃ với lượng nằm trong phạm vi từ khoảng 0 đến khoảng 5, Li₂O với lượng nằm trong phạm vi từ khoảng 2 đến khoảng 8, Na₂O với lượng lớn hơn khoảng 4, MgO với lượng nằm trong phạm vi từ khoảng 0 đến khoảng 5, ZnO với lượng nằm trong phạm vi từ khoảng 0 đến khoảng 3, CaO với lượng nằm trong phạm vi từ khoảng 0 đến khoảng 5, và P₂O₅ với lượng khác 0; trong đó nền thủy tinh có thể trao đổi ion được và là vô định hình, trong đó tổng lượng của Al₂O₃ và Na₂O trong hợp phần là lớn hơn khoảng 15% mol, trong đó chế phẩm thủy tinh hầu như không chứa các chất tạo nhân và có độ nhót đường lỏng khoảng 100 kP hoặc lớn hơn.

Theo một số phương án, nền thủy tinh là vô định hình và được gia cường, trong đó nồng độ Na₂O thay đổi, trong đó chế phẩm hầu như không chứa các chất tạo nhân,

tổng lượng của Al_2O_3 và Na_2O trong hợp phần là lớn hơn khoảng 15% mol, trong đó chế phẩm thủy tinh hầu như không chứa các chất tạo nhân, và có độ nhớt đường lỏng khoảng 100 kP hoặc lớn hơn. Theo một số phương án nền thủy tinh bao gồm lượng khác 0 của P_2O_5 .

Khía cạnh thứ tư của sáng chế đề cập đến thiết bị bao gồm: thân vỏ có các bề mặt trước, sau và bên; các linh kiện điện nằm ít nhất một phần bên trong thân vỏ; màn hiển thị tại hoặc liền kề với mặt trước của thân vỏ; và nền phủ được bố trí ở trên màn hiển thị, trong đó nền phủ bao gồm vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo các phương án được mô tả ở đây.

Các chi tiết bổ sung và ưu điểm sẽ được thể hiện trong phần mô tả chi tiết sau đây, và một phần sẽ trở nên rõ ràng với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này từ phần mô tả đó hoặc được thừa nhận bằng cách thực hành các phương án như được mô tả ở đây, bao gồm phần mô tả chi tiết dưới đây, các yêu cầu bảo hộ cũng như các hình vẽ kèm theo.

Cần phải hiểu rằng, cả phần mô tả chung trên đây và mô tả chi tiết dưới đây chỉ nhằm minh họa, và dự định để cung cấp một cái nhìn tổng thể hoặc khung cơ bản để hiểu được bản chất và đặc điểm của các yêu cầu bảo hộ. Các hình vẽ kèm theo được đưa vào để giúp hiểu rõ hơn về sáng chế và được kết hợp vào và tạo thành một phần của bản mô tả này. Các hình vẽ này minh họa một hoặc nhiều phương án và cùng với phần mô tả dùng để giải thích các nguyên tắc và cách thực hiện các phương án khác nhau.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig. 1 là mặt cắt ngang qua độ dày của vật phẩm thủy tinh tôi nhiệt đã biết;

Fig. 2 là mặt cắt ngang qua độ dày của vật phẩm thủy tinh gia cường hóa học đã biết;

Fig. 3 là mặt cắt ngang qua độ dày của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gia cường hóa học theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế;

Fig. 4 là biểu đồ minh họa các biên dạng ứng suất khác nhau theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế này;

Các Fig. 5A-5B là biểu đồ thể hiện ứng suất kéo tối đa (MPa) dưới dạng hàm số của tải bình thường (N) áp dụng lên bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án;

Fig. 6 là sơ đồ mặt cắt ngang của thiết bị vòng trên vòng;

Fig. 7 là sơ đồ mặt cắt ngang của phương án về thiết bị được sử dụng để thực hiện thử nghiệm bi ngược trên giấy nhám (IBoS) được mô tả trong sáng chế này;

Fig. 8 là sơ đồ trình bày mặt cắt ngang của cơ chế hư hỏng chủ yếu do sự hiện diện của hư tổn cộng thêm sự uốn cong mà điển hình thường xuất hiện ở các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được sử dụng trong các thiết bị điện tử di động hoặc cầm tay;

Fig. 9 là lưu đồ về phương pháp tiến hành thử nghiệm IBoS trong thiết bị được mô tả ở đây;

Fig. 10 là biểu đồ thể hiện các giá trị CT tối đa trong các ví dụ 1A-1G dưới dạng hàm số của thời gian trao đổi ion;

Fig. 11 là biểu đồ thể hiện ứng suất đo được của ví dụ 1E dưới dạng hàm số của độ sâu kéo dài từ bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh của ví dụ 1E vào trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh;

Fig. 12 là biểu đồ thể hiện các giá trị tải gây hư hỏng của các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo ví dụ 2A sau khi được làm trầy xước tại các tải hoặc áp suất khác nhau;

Fig. 13 là biểu đồ thể hiện các độ cao mà tại đó các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo ví dụ 2A bị hư hỏng sau khi được thả rơi lên giấy nhám 180 grit và sau đó, lên giấy nhám 30 grit;

Fig. 14 là biểu đồ thể hiện các độ cao mà tại đó các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo ví dụ 3A và ví dụ so sánh 3B bị hư hỏng sau khi được thả rơi lên giấy nhám 30 grit;

Fig. 15 là biểu đồ so sánh tải gây hư hỏng trung bình của các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo ví dụ 3A và ví dụ so sánh 3B, sau khi được làm trầy xước tại mức tải hoặc áp suất 25 psi;

Fig. 16 là biểu đồ so sánh tải gây hư hỏng trung bình của các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo ví dụ 3A và ví dụ so sánh 3B, sau khi được làm trầy xước tại mức tải hoặc áp suất 45 psi;

Fig. 17 là biểu đồ thể hiện biên dạng ứng suất của các ví dụ từ 4A-1 đến 4A-6 dưới dạng hàm số của độ sâu;

Fig. 18 là biểu đồ thể hiện các giá trị CT và DOC tối đa của các ví dụ từ 4A-1 đến 4A-6 dưới dạng hàm số của thời gian trao đổi ion;

Fig. 19 là biểu đồ thể hiện biên dạng ứng suất của các ví dụ từ 4B-1 đến 4B-6 dưới dạng hàm số của độ sâu;

Fig. 20 là biểu đồ thể hiện các giá trị CT và DOC tối đa của các ví dụ từ 4B-1 đến 4B-6 dưới dạng hàm số của thời gian trao đổi ion;

Fig. 21 là biểu đồ thể hiện biên dạng ứng suất của các ví dụ từ 4C-1 đến 4C-6 dưới dạng hàm số của độ sâu;

Fig. 22 là biểu đồ thể hiện các giá trị CT và DOC tối đa của các ví dụ từ 4C-1 đến 4C-6 dưới dạng hàm số của thời gian trao đổi ion;

Fig. 23 là biểu đồ thể hiện biên dạng ứng suất của các ví dụ từ 4D-1 đến 4D-6 dưới dạng hàm số của độ sâu;

Fig. 24 là biểu đồ thể hiện các giá trị CT và DOC tối đa của các ví dụ từ 4D-1 đến 4D-6 dưới dạng hàm số của thời gian trao đổi ion;

Fig. 25 là biểu đồ thể hiện biên dạng ứng suất của ví dụ so sánh 5A và ví dụ 5B dưới dạng hàm số của độ sâu;

Fig. 26 là biểu đồ thể hiện năng lượng kéo đứt của ví dụ so sánh 5A và ví dụ 5B dưới dạng hàm số của CT tối đa;

Fig. 27 là biểu đồ thể hiện năng lượng kéo đứt của ví dụ so sánh 5C và ví dụ 5D dưới dạng hàm số của CT tối đa;

Fig. 28 là hình chiếu bằng từ phía trước của thiết bị điện tử kết hợp một hoặc nhiều phương án về các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được mô tả ở đây.

Fig. 29 là hình chiếu cạnh của thiết bị thử nghiệm của các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh;

Fig. 30 là hình chiếu cạnh của một phần thiết bị thử nghiệm được thể hiện trên Fig. 29;

Fig. 31 là hình vẽ phối cảnh phía sau của thiết bị thử nghiệm được thể hiện trên Fig. 29;

Fig. 32 là hình vẽ phối cảnh phía trước của thiết bị thử nghiệm được thể hiện trên Fig. 29;

Fig. 33 là hình chiếu cạnh của thiết bị thử nghiệm của các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh;

Fig. 34 là hình chiếu cạnh của một phần thiết bị thử nghiệm được thể hiện trên Fig. 29;

Fig. 35 là biểu đồ của dữ liệu về lực va chạm trung bình so với góc quay thu được trên thiết bị thử nghiệm được thể hiện trên Fig. 29 của các mẫu thủy tinh khác nhau;

Fig. 36 là biểu đồ cột của dữ liệu về vị trí va chạm ở giữa thu được trên thiết bị thử nghiệm được thể hiện trên Fig. 29 của các mẫu thủy tinh khác nhau; và

Fig. 37 là biểu đồ thể hiện các giá trị độ bền dư của các mẫu khác nhau

Mô tả chi tiết sáng chế

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

Trong phần mô tả dưới đây, các số chỉ viện dẫn giống nhau biểu thị các phần giống nhau hoặc tương ứng trong một số 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 trong nhóm các yếu tố và các tổ hợp của chúng, thì cần hiểu rằng, nhóm này có thể chứa, về cơ bản là gồm, hoặc gồm một số bất kỳ trong số các yếu tố được nêu, riêng rẽ hoặc kết hợp với nhau. Tương tự, bất kỳ khi nào một nhóm được mô tả dưới dạng gồm ít nhất một trong nhóm các yếu tố và các kết hợp của chúng, thì cần hiểu rằng, nhóm này có thể gồm một số bất kỳ trong số các yếu tố được nêu, riêng rẽ hoặc kết hợp với nhau. Trừ khi có quy định khác, các khoảng trị số, khi

được nêu, gồm cả giới hạn trên và giới hạn dưới của khoảng này cũng như các khoảng bất kỳ giữa chúng. 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, các thuật ngữ “vật phẩm trên cơ sở thủy tinh” và “các nền trên cơ sở thủy tinh” được sử dụng theo nghĩa rộng nhất của chúng và gồm đối tượng bất kỳ được làm hoàn toàn hoặc một phần bằng thủy tinh. Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm các tấm nhiều lớp làm từ vật liệu thủy tinh và vật liệu không phải thủy tinh, các tấm nhiều lớp làm từ vật liệu thủy tinh và vật liệu tinh thể, và các gốm thủy tinh (gồm cả pha vô định hình và pha tinh thể). Trừ khi có quy định khác, tất cả các thành phần cấu tạo được biểu thị theo phần trăm mol (% mol).

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 giá trị tham chiếu được nêu mà không dẫn đến sự thay đổi về chức năng cơ sở của đối tượng ở vấn đề đó.

Trừ khi có quy định khác, tất cả các nhiệt độ được biểu thị theo độ C ($^{\circ}\text{C}$). Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “điểm hóa mềm” để chỉ nhiệt độ mà tại đó, độ nhớt của thủy tinh xấp xỉ là $10^{7.6}$ poa (P), thuật ngữ “điểm ủ” để chỉ nhiệt độ mà tại đó, độ nhớt của thủy tinh xấp xỉ là $10^{13.2}$ poa, thuật ngữ “nhiệt độ 200 poa ($T^{200\text{P}}$)” để chỉ nhiệt độ mà tại đó, độ nhớt của thủy tinh xấp xỉ là 200 poa, thuật ngữ “nhiệt độ 10^{11} poa” để chỉ nhiệt độ mà tại đó, độ nhớt của thủy tinh xấp xỉ là 10^{11} poa, thuật ngữ “nhiệt độ 35 kP ($T^{35\text{kP}}$)” để chỉ nhiệt độ mà tại đó, độ nhớt của thủy tinh xấp xỉ là 35 kilopoa (kP), và thuật ngữ “nhiệt độ 160 kP ($T^{160\text{kP}}$)” để chỉ nhiệt độ mà tại đó, độ nhớt của thủy tinh xấp xỉ là 160 kP.

Liên quan đến các hình vẽ nói chung và các Fig. 1-3 nói riêng, cần hiểu rằng các minh họa chỉ nhằm mục đích mô tả các phương án cụ thể và không dự định giới hạn phần bộc lộ hoặc các yêu cầu bảo hộ kèm theo ở đó. Các hình vẽ không nhất thiết phải theo tỷ lệ, và các dấu hiệu nhất định và các mặt nhất định của các hình vẽ này có

thể được thể hiện theo kiểu phóng đại về tỷ lệ hoặc dưới dạng sơ đồ nhằm mục đích rõ ràng và ngắn gọn.

Như được sử dụng ở đây, DOC dùng để chỉ độ sâu mà tại đó, ứng suất trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thay đổi từ ứng suất nén thành ứng suất kéo. Tại DOC, ứng suất vượt qua từ ứng suất dương (nén) sang ứng suất âm (kéo) (ví dụ, 130 trên Fig. 1) và do đó, có trị số ứng suất bằng không.

Như được sử dụng ở đây, các thuật ngữ “độ sâu hóa học”, “độ sâu hóa học của lớp” và “độ sâu của lớp hóa học” có thể được sử dụng thay đổi lẫn nhau và để chỉ độ sâu mà tại đó, một ion của oxit kim loại hoặc oxit kim loại kiềm (ví dụ, ion kim loại hoặc ion kim loại kiềm) khuếch tán vào trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh và độ sâu mà tại đó, nồng độ của ion đạt trị số tối thiểu, như được xác định bằng phương pháp vi phân tích đầu dò điện tử (Electron Probe Micro-Analysis: EPMA) hoặc đo phổ phát xạ quang - phóng điện phát sáng (Glow Discharge - Optical Emission Spectroscopy: GD-OES). Cụ thể, việc đánh giá độ sâu khuếch tán Na_2O hoặc nồng độ ion Na^+ có thể được xác định sử dụng EPMA và ứng suất kế bề mặt (được mô tả chi tiết hơn dưới đây).

Theo quy ước thường được sử dụng trong lĩnh vực, sự nén được biểu thị bằng ứng suất âm (< 0) và sự kéo được biểu thị bằng ứng suất dương (> 0), trừ khi được lưu ý cụ thể theo cách khác. Tuy nhiên, trong toàn bộ bản mô tả này, khi nói về các thuật ngữ ứng suất nén CS, thuật ngữ như vậy được xác định không liên quan đến các giá trị dương hoặc âm – tức là, như được nêu ra ở đây, $\text{CS} = |\text{CS}|$.

Được mô tả ở đây là vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gia cường hóa học, mỏng mà bao gồm thủy tinh, như thủy tinh silicat bao gồm thủy tinh chứa kiềm, và các gốm thủy tinh mà có thể được sử dụng làm thủy tinh phủ trong các thiết bị điện tử di động và các thiết bị hiển thị cho phép chạm. Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh cũng có thể được sử dụng trong các thiết bị hiển thị (hoặc dưới dạng các vật phẩm hiển thị) (ví dụ, các bảng dán yếm thị, một điểm của các hệ thống bán hàng, máy tính, các hệ thống điều hướng, v.v.), các vật phẩm trong kiến trúc (tường, vật gắn cố định, panen, cửa sổ, v.v.), các vật phẩm trong giao thông (ví dụ, trong các ứng dụng ô tô, tàu hỏa, máy bay, tàu thủy, v.v.), đồ gia dụng (ví dụ, máy giặt, máy sấy, máy rửa bát, tủ lạnh, v.v.), hoặc vật phẩm bất kỳ mà cần độ bền chống nứt vỡ nhất định.

Cụ thể, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được mô tả ở đây là mỏng và có các biên dạng ứng suất mà thường chỉ có thể đạt được thông qua việc tôi các vật phẩm thủy tinh dày (ví dụ, có độ dày khoảng 2 mm hoặc 3 mm hoặc lớn hơn). Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thể hiện các biên dạng ứng suất duy nhất dọc theo độ dày của nó. Trong một số trường hợp, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được mô tả ở đây thể hiện ứng suất nén bề mặt lớn hơn so với các vật phẩm thủy tinh được tôi. Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có lớp ứng suất nén chạy dài sâu hơn vào trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh (trong đó CS giảm và tăng từ từ hơn so với vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gia cường hóa học đã biết) sao cho, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thể hiện độ bền chống nứt vỡ được cải thiện đáng kể, ngay cả khi vật phẩm trên cơ sở thủy tinh hoặc thiết bị bao gồm nó bị rơi trên bề mặt cứng (ví dụ, granit) hoặc bề mặt cứng và gồ ghề (ví dụ, asphalt). Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án thể hiện trị số CT tối đa lớn hơn một số nền thủy tinh gia cường hóa học đã biết.

CS và độ sâu xuyên thấm của các ion kali (“DOL kali”) được đo sử dụng các phương tiện đã biết trong lĩnh vực. DOL kali khác biệt với DOC vì nó biểu thị độ sâu xuyên thấm kali là kết quả của quá trình trao đổi ion. DOL kali điển hình nhỏ hơn DOC của các vật phẩm được mô tả ở đây. CS và DOL kali được đo bằng ứng suất kế bề mặt (FSM) sử dụng các dụng cụ có sẵn trên thị trường như FSM-6000, được sản xuất bởi Orihara Industrial Co., Ltd. (Japan). Các số đo ứng suất bề mặt dựa trên phép đo chính xác hệ số ứng suất quang (stress optical coefficient - SOC), hệ số này có liên quan đến tính lưỡng chiết quang của thủy tinh. SOC được đo theo phiên bản sửa đổi của Quy trình C (Procedure C) được mô tả trong tiêu chuẩn ASTM C770-98 (2013), có tiêu đề “Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient”, nội dung của tài liệu này được kết hợp tham khảo ở đây. Sửa đổi bao gồm việc sử dụng đĩa thủy tinh làm mẫu có độ dày nằm trong khoảng từ 5 đến 10 mm và đường kính 12,7 mm, trong đó đĩa này đẳng hướng và đồng nhất và được khoan lỗ với cả hai mặt được đánh bóng và song song với nhau. Sửa đổi cũng bao gồm việc tính toán lực tối đa, F_{max} cần áp dụng. Lực cần phải đủ để tạo ra ứng suất nén 20 MPa hoặc cao hơn. F_{max} được tính toán như sau:

$$F_{max} = 7,854 \cdot D \cdot h$$

Trong đó:

$F_{\max}$ = Lực tính bằng niuton (N)

D = đường kính của đĩa

h= độ dày của đường sáng

Với mỗi lực tác dụng, ứng suất được tính toán như sau:

$$\sigma_{\text{MPa}} = 8F/(\pi \cdot D \cdot h)$$

Trong đó:

F = Lực tính bằng niuton

D = đường kính của đĩa

h= độ dày của đường sáng

Các giá trị DOC và CT tối đa được đo sử dụng máy phân cực nghiệm ánh sáng tán xạ (SCALP). Phương pháp trường gần khúc xạ (RNF) hoặc SCALP có thể được sử dụng để đo biên dạng ứng suất. Khi phương pháp RNF được sử dụng, giá trị CT tối đa cung cấp bởi SCALP được sử dụng. Cụ thể, biên dạng ứng suất được đo bằng phương pháp RNF là lực được cân bằng và hiệu chỉnh đến giá trị CT tối đa cung cấp bởi phép đo SCALP. Phương pháp RNF được mô tả trong bằng Mỹ số 8,854,623, với tên sáng chế “Systems and methods for measuring a profile characteristic of a glass sample”, toàn bộ nội dung được kết hợp ở đây bằng cách viện dẫn. Cụ thể, phương pháp RNF bao gồm bước đặt vật thể nền thủy tinh liền kề với khối tham chiếu, tạo chùm ánh sáng chuyển trạng thái phân cực được chuyển giữa các trạng thái phân cực trực giao ở tốc độ từ 1 Hz đến 50 Hz, đo năng lượng trong chùm ánh sáng chuyển trạng thái phân cực và tạo tín hiệu tham chiếu chuyển trạng thái phân cực, trong đó năng lượng đo được trong mỗi trạng thái phân cực trực giao nằm trong khoảng 50% so với nhau. Phương pháp này còn bao gồm bước phát chùm ánh sáng chuyển trạng thái phân cực qua mẫu thủy tinh và khối tham chiếu ở những độ dày khác nhau vào mẫu thủy tinh, sau đó chuyển tiếp chùm ánh sáng chuyển trạng thái phân cực đã chiếu vào bộ tách sóng quang tín hiệu bằng cách sử dụng hệ thống quang học chuyển tiếp, với bộ tách sóng quang tín hiệu tạo ra tín hiệu phát hiện chuyển trạng thái phân cực. Phương pháp này cũng bao gồm bước chia tín hiệu của bộ phát hiện cho tín hiệu tham chiếu để tạo ra tín hiệu bộ phát hiện chuẩn hóa và xác định biên dạng đặc trưng cho mẫu thủy tinh từ tín hiệu bộ phát hiện đã chuẩn hóa. Sau đó, biên dạng RNF được xử lý và sử dụng cho

vùng CT. Như đã lưu ý ở trên, kỹ thuật FSM được sử dụng trong ứng suất nén bề mặt và độ dốc của biên dạng ứng suất ở vùng CS gần bề mặt.

Như đã nêu ở trên, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh mô tả ở đây được gia cường hóa học bằng cách trao đổi ion và thể hiện các biên dạng ứng suất khác biệt với các biên dạng ứng suất được thể hiện bởi các vật phẩm thủy tinh gia cường đã biết. Các nền trên cơ sở thủy tinh theo sáng chế thường không được gia cường và vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thường đề cập đến các nền trên cơ sở thủy tinh mà đã được gia cường (ví dụ, bằng phương pháp trao đổi ion). Trong quá trình này, các ion tại hoặc ở gần bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được thay thế bằng hoặc được trao đổi với các ion lớn hơn có hóa trị hoặc trạng thái oxy hóa giống nhau. Theo các phương án mà trong đó, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa thủy tinh nhôm silicat kiềm, các ion ở lớp bề mặt của thủy tinh và các ion lớn hơn là các cation kim loại kiềm hóa trị một, như Li^+ (nếu có mặt trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh), Na^+ , K^+ , Rb^+ , và Cs^+ . Theo cách khác, các cation hóa trị một trong lớp bề mặt có thể được thay thế bằng các cation hóa trị một không phải các cation kim loại kiềm, chẳng hạn như Ag^+ hoặc các ion tương tự. Trong các phương án này, các ion hóa trị một (hoặc cation) được trao đổi vào trong nền trên cơ sở thủy tinh sinh ra ứng suất trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thu được.

Quá trình trao đổi ion điển hình được thực hiện bằng cách nhúng nền trên cơ sở thủy tinh trong bể muối nóng chảy (hoặc hai hoặc nhiều bể muối nóng chảy) chứa các ion lớn hơn để được trao đổi với các ion nhỏ hơn trong vật liệu nền trên cơ sở thủy tinh. Cần lưu ý rằng, các bể muối chứa nước cũng có thể được sử dụng. Ngoài ra, thành phần trong (các) bể có thể còn gồm nhiều hơn một loại ion lớn hơn (ví dụ, Na^+ và K^+) hoặc chỉ gồm một loại ion lớn hơn. Chuyên gia trong lĩnh vực sẽ hiểu rằng, các thông số của quy trình trao đổi ion, bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở, thành phần và nhiệt độ trong bể, thời gian nhúng, số lần nhúng vật phẩm trên cơ sở thủy tinh trong bể muối (hoặc các bể muối), sử dụng nhiều bể muối, các bước bổ sung như ủ, rửa, và bước tương tự, thông thường được xác định bởi thành phần của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh (bao gồm cả cấu trúc của vật phẩm và bất kỳ pha kết tinh nào có mặt) và DOC và CS mong muốn của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh mà xuất phát từ hoạt động gia cường. Theo cách ví dụ, việc trao đổi ion của nền trên cơ sở thủy tinh có thể đạt được bằng cách nhúng nền trên cơ sở thủy tinh trong ít nhất một bể nóng chảy chứa

muối như, nhưng không bị giới hạn ở, nitrat, sulfat, và clorua của ion kim loại kiềm lớn hơn. Các muối nitrat điển hình gồm KNO_3 , NaNO_3 , LiNO_3 , NaSO_4 và các hỗn hợp của chúng. Nhiệt độ của bể muối nóng chảy điển hình nằm trong phạm vi từ khoảng 380°C đến khoảng 450°C , trong khi thời gian nhúng nằm trong phạm vi từ khoảng 15 phút đến khoảng 100 giờ tùy thuộc vào độ dày của thủy tinh, nhiệt độ trong bể và độ khuếch tán của thủy tinh (hoặc ion hóa trị một). Tuy nhiên, nhiệt độ và thời gian nhúng khác với phạm vi mô tả ở trên cũng có thể được sử dụng.

Theo một hoặc nhiều phương án, nền trên cơ sở thủy tinh có thể được nhúng trong bể muối nóng chảy chứa 100% NaNO_3 có nhiệt độ nằm trong phạm vi từ khoảng 370°C đến khoảng 480°C . Theo một số phương án, nền trên cơ sở thủy tinh có thể được nhúng trong bể muối hỗn hợp nóng chảy bao gồm từ khoảng 5% đến khoảng 90% KNO_3 và từ khoảng 10% đến khoảng 95% NaNO_3 . Theo một số phương án, nền trên cơ sở thủy tinh có thể được nhúng trong bể muối hỗn hợp nóng chảy chứa Na_2SO_4 và NaNO_3 và có khoảng nhiệt độ rộng hơn (ví dụ, lên đến khoảng 500°C). Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được nhúng trong bể thứ hai, sau khi nhúng trong bể thứ nhất. Việc nhúng trong bể thứ hai có thể bao gồm nhúng trong bể muối nóng chảy chứa 100% KNO_3 trong thời gian từ 15 phút đến 8 giờ.

Theo một hoặc nhiều phương án, nền trên cơ sở thủy tinh có thể được nhúng trong bể muối hỗn hợp bao gồm NaNO_3 và KNO_3 (ví dụ, 49%/51%, 50%/50%, 51%/49%) có nhiệt độ dưới khoảng 420°C (ví dụ, khoảng 400°C hoặc khoảng 380°C) trong thời gian dưới khoảng 5 giờ, hoặc thậm chí khoảng 4 giờ hoặc ít hơn.

Các điều kiện trao đổi ion có thể được điều chỉnh để tạo ra “sự tăng vọt” hoặc để gia tăng độ dốc của biên dạng ứng suất tại hoặc gần bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thu được. Sự tăng vọt này có thể đạt được bằng một bể hoặc nhiều bể, với (các) bể có thành phần đơn hoặc thành phần hỗn hợp, nhờ các tính chất khác biệt của các thành phần thủy tinh được sử dụng trong các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được mô tả ở đây.

Như được minh họa trên Fig. 3, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 300 theo một hoặc nhiều phương án bao gồm bề mặt thứ nhất 302 và bề mặt thứ hai 304 đối diện bề mặt thứ nhất, xác định rõ độ dày t . Theo một hoặc nhiều phương án, độ dày t có thể là

khoảng 3 millimet hoặc nhỏ hơn (ví dụ, nằm trong phạm vi từ khoảng 0,01 millimet đến khoảng 3 millimet, từ khoảng 0,1 millimet đến khoảng 3 millimet, từ khoảng 0,2 millimet đến khoảng 3 millimet, từ khoảng 0,3 millimet đến khoảng 3 millimet, từ khoảng 0,4 millimet đến khoảng 3 millimet, từ khoảng 0,01 millimet đến khoảng 2,5 millimet, từ khoảng 0,01 millimet đến khoảng 2 millimet, từ khoảng 0,01 millimet đến khoảng 1,5 millimet, từ khoảng 0,01 millimet đến khoảng 1 millimet, từ khoảng 0,01 millimet đến khoảng 0,9 millimet, từ khoảng 0,01 millimet đến khoảng 0,8 millimet, từ khoảng 0,01 millimet đến khoảng 0,7 millimet, từ khoảng 0,01 millimet đến khoảng 0,6 millimet, từ khoảng 0,01 millimet đến khoảng 0,5 millimet, từ khoảng 0,1 millimet đến khoảng 0,5 millimet, hoặc từ khoảng 0,3 millimet đến khoảng 0,5 millimet.)

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có biên dạng ứng suất kéo dài từ bề mặt thứ nhất 302 đến bề mặt thứ hai 304 (hoặc dọc theo toàn bộ chiều dài của độ dày t). Trong phương án được thể hiện trên Fig. 3, biên dạng ứng suất 312 được đo bằng phương pháp SCALP hoặc RNF như mô tả ở đây được minh họa. Trục y biểu thị giá trị ứng suất và trục x biểu thị độ dày hoặc độ sâu bên trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Như được minh họa trên Fig. 3, biên dạng ứng suất 312 bao gồm lớp CS 315 (với ứng suất nén bề mặt 310), lớp CT 325 (với CT tối đa 320) và DOC 330 mà tại đó, biên dạng ứng suất 312 chuyển từ nén sang kéo. Lớp CS có độ sâu hoặc độ dài kết hợp 317 kéo dài từ bề mặt 302, 304 đến DOC 330. Lớp CT 325 còn có độ sâu hoặc độ dài kết hợp 327 (vùng CT của lớp).

CS bề mặt 310 có thể là khoảng 150 MPa hoặc lớn hơn hoặc khoảng 200 MPa hoặc lớn hơn (ví dụ, khoảng 250 MPa hoặc lớn hơn, khoảng 300 MPa hoặc lớn hơn, khoảng 400 MPa hoặc lớn hơn, khoảng 450 MPa hoặc lớn hơn, khoảng 500 MPa hoặc lớn hơn, hoặc khoảng 550 MPa hoặc lớn hơn). CS bề mặt 310 có thể lên đến khoảng 900 MPa, lên đến khoảng 1000 MPa, lên đến khoảng 1100 MPa, hoặc lên đến khoảng 1200 MPa. Các giá trị ứng suất nén bề mặt ở đây có thể cũng bao gồm CS tối đa. Theo một số phương án, ứng suất nén bề mặt là nhỏ hơn CS tối đa.

CT tối đa 320 có thể nhỏ hơn khoảng $71,5/\sqrt{t}$, trong đó t là độ dày tính bằng mm. Theo một hoặc nhiều phương án, CT tối đa 320 có thể lớn hơn khoảng $45/\sqrt{t}$. Theo một hoặc nhiều phương án, CT tối đa có thể là khoảng 80 MPa hoặc nhỏ hơn, khoảng 75 MPa hoặc nhỏ hơn, hoặc khoảng 70 MPa hoặc nhỏ hơn (ví dụ, khoảng 60

MPa hoặc nhỏ hơn, khoảng 55 MPa hoặc nhỏ hơn, 50 MPa hoặc nhỏ hơn, hoặc khoảng 40 MPa hoặc nhỏ hơn). Theo một hoặc nhiều phương án, giới hạn dưới của CT tối đa có thể là 25 MPa, 40 MPa hoặc 50 MPa. Theo một số phương án, CT tối đa 320 có thể nằm trong phạm vi từ khoảng 25 MPa đến khoảng 80 MPa (ví dụ, từ khoảng 25 MPa đến khoảng 75 MPa, từ khoảng 25 MPa đến khoảng 70 MPa, từ khoảng 25 MPa đến khoảng 65 MPa, từ khoảng 40 MPa đến khoảng 80 MPa, từ khoảng 40 MPa đến khoảng 75 MPa, từ khoảng 40 MPa đến khoảng 70 MPa, từ khoảng 40 MPa đến khoảng 65 MPa, từ khoảng 45 MPa đến khoảng 80 MPa, từ khoảng 50 MPa đến khoảng 80 MPa, hoặc từ khoảng 60 MPa đến khoảng 80 MPa).

CT tối đa 320 có thể được định vị nằm trong phạm vi từ khoảng $0,3 \cdot t$ đến khoảng $0,7 \cdot t$, từ khoảng $0,4 \cdot t$ đến khoảng $0,6 \cdot t$ hoặc từ khoảng $0,45 \cdot t$ đến khoảng $0,55 \cdot t$. Cần lưu ý rằng, một hoặc nhiều trị số bất kỳ trong số ứng suất nén bề mặt 310 và CT tối đa 320 có thể phụ thuộc vào độ dày của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Ví dụ, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có độ dày khoảng 0,8 mm có thể có CT tối đa khoảng 75 MPa hoặc nhỏ hơn. Nếu độ dày của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh giảm, CT tối đa có thể gia tăng. Nói cách khác, CT tối đa gia tăng với sự giảm độ dày (hoặc khi vật phẩm trên cơ sở thủy tinh trở nên mỏng hơn).

Theo một số phương án, tỷ lệ CT tối đa 320 trên giá trị tuyệt đối của ứng suất nén bề mặt 310 nằm trong phạm vi từ khoảng 0,01 đến khoảng 0,2 (ví dụ, nằm trong phạm vi từ khoảng 0,01 đến khoảng 0,18, từ khoảng 0,01 đến khoảng 0,16, từ khoảng 0,01 đến khoảng 0,15, từ khoảng 0,01 đến khoảng 0,14, từ khoảng 0,01 đến khoảng 0,1, từ khoảng 0,02 đến khoảng 0,2, từ khoảng 0,04 đến khoảng 0,2, từ khoảng 0,05 đến khoảng 0,2, từ khoảng 0,06 đến khoảng 0,2, từ khoảng 0,08 đến khoảng 0,2, từ khoảng 0,1 đến khoảng 0,2, hoặc từ khoảng 0,12 đến khoảng 0,2). Theo một số phương án, ứng suất nén bề mặt có thể gấp 1,5 lần (hoặc 2 lần hoặc 2,5 lần) CT tối đa hoặc gấp nhiều hơn nữa. Theo một số phương án, ứng suất nén bề mặt có thể gấp khoảng 48 lần CT tối đa, gấp tới 40 lần CT tối đa, tới 20 lần CT tối đa, 10 tới lần CT tối đa, hoặc tới 8 lần CT tối đa. Ứng suất nén bề mặt có thể nằm trong phạm vi gấp từ khoảng 5 lần đến khoảng 50 lần CT tối đa.

Theo một hoặc nhiều phương án, biên dạng ứng suất 312 bao gồm CS tối đa, mà điển hình là ứng suất nén bề mặt 310 và có thể được phát hiện ở một hoặc cả hai bề mặt thứ nhất 302 và bề mặt thứ hai 304. Theo một hoặc nhiều phương án, lớp CS hoặc

vùng 315 kéo dài dọc theo một phần của độ dày 317 đến DOC 330 và CT tối đa 320. Theo một hoặc nhiều phương án, DOC 330 có thể là khoảng $0,1 \cdot t$ hoặc lớn hơn. Ví dụ, DOC 330 có thể là khoảng $0,12 \cdot t$ hoặc lớn hơn, khoảng $0,14 \cdot t$ hoặc lớn hơn, khoảng $0,15 \cdot t$ hoặc lớn hơn, khoảng $0,16 \cdot t$ hoặc lớn hơn, $0,17 \cdot t$ hoặc lớn hơn, $0,18 \cdot t$ hoặc lớn hơn, $0,19 \cdot t$ hoặc lớn hơn, $0,20 \cdot t$ hoặc lớn hơn, khoảng $0,21 \cdot t$ hoặc lớn hơn, hoặc lên đến khoảng $0,25 \cdot t$. Theo một số phương án, DOC 330 nhỏ hơn độ sâu hóa học. Độ sâu hóa học có thể là khoảng $0,4 \cdot t$ hoặc lớn hơn, $0,5 \cdot t$ hoặc lớn hơn, khoảng $0,55 \cdot t$ hoặc lớn hơn, hoặc khoảng $0,6 \cdot t$ hoặc lớn hơn.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm DOL kali nằm trong phạm vi từ khoảng 6 micromet đến khoảng 20 micromet. Theo một số phương án, DOL kali có thể được biểu diễn dưới dạng hàm số của độ dày t của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Theo một hoặc nhiều phương án, DOL kali có thể nằm trong phạm vi từ khoảng $0,005t$ đến khoảng $0,05t$. Theo một số phương án, DOL kali có thể nằm trong phạm vi từ khoảng $0,005t$ đến khoảng $0,05t$, từ khoảng $0,005t$ đến khoảng $0,045t$, từ khoảng $0,005t$ đến khoảng $0,04t$, từ khoảng $0,005t$ đến khoảng $0,035t$, từ khoảng $0,005t$ đến khoảng $0,03t$, từ khoảng $0,005t$ đến khoảng $0,025t$, từ khoảng $0,005t$ đến khoảng $0,02t$, từ khoảng $0,005t$ đến khoảng $0,015t$, từ khoảng $0,005t$ đến khoảng $0,01t$, từ khoảng $0,006t$ đến khoảng $0,05t$, từ khoảng $0,008t$ đến khoảng $0,05t$, từ khoảng $0,01t$ đến khoảng $0,05t$, từ khoảng $0,015t$ đến khoảng $0,05t$, từ khoảng $0,02t$ đến khoảng $0,05t$, từ khoảng $0,025t$ đến khoảng $0,05t$, từ khoảng $0,03t$ đến khoảng $0,05t$, hoặc từ khoảng $0,01t$ đến khoảng $0,02t$.

Theo một hoặc nhiều phương án, giá trị ứng suất nén tại độ sâu DOL kali có thể nằm trong phạm vi từ khoảng 50 MPa đến khoảng 300 MPa. Theo một số phương án, giá trị ứng suất nén tại độ sâu DOL kali có thể nằm trong phạm vi từ khoảng 50 MPa đến khoảng 280 MPa, từ khoảng 50 MPa đến khoảng 260 MPa, từ khoảng 50 MPa đến khoảng 250 MPa, từ khoảng 50 MPa đến khoảng 240 MPa, từ khoảng 50 MPa đến khoảng 220 MPa, từ khoảng 50 MPa đến khoảng 200 MPa, từ khoảng 60 MPa đến khoảng 300 MPa, từ khoảng 70 MPa đến khoảng 300 MPa, từ khoảng 75 MPa đến khoảng 300 MPa, từ khoảng 80 MPa đến khoảng 300 MPa, từ khoảng 90 MPa đến khoảng 300 MPa, từ khoảng 100 MPa đến khoảng 300 MPa, từ khoảng 110 MPa đến khoảng 300 MPa, từ khoảng 120 MPa đến khoảng 300 MPa, từ khoảng 130 MPa đến khoảng 300 MPa, hoặc từ khoảng 150 MPa đến khoảng 300 MPa.

Theo một hoặc nhiều phương án, biên dạng ứng suất 312 có thể được mô tả dưới hình dạng giống như hình parabol. Theo một số phương án, biên dạng ứng suất dọc theo vùng hoặc độ sâu của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thể hiện ứng suất kéo có hình giống hình parabol. Theo một hoặc nhiều phương án cụ thể, biên dạng ứng suất 312 không có phần ứng suất phẳng (nén hoặc kéo) hoặc phần mà thể hiện ứng suất gần như không đổi (nén hoặc kéo). Theo một số phương án, vùng CT thể hiện biên dạng ứng suất mà hầu như không có ứng suất bằng phẳng hoặc không có ứng suất hầu như không đổi. Theo một hoặc nhiều phương án, tất cả các điểm của biên dạng ứng suất 312 giữa phạm vi độ dày nằm trong khoảng từ $0t$ đến khoảng $0,2t$ và lớn hơn $0,8t$ đến t (hoặc từ khoảng $0t$ đến khoảng $0,3t$ và lớn hơn $0,7t$) bao gồm đường tiếp tuyến có độ dốc nhỏ hơn khoảng $-0,1$ MPa/micromet hoặc lớn hơn khoảng $0,1$ MPa/micromet. Theo một số phương án, độ dốc của đường tiếp tuyến có thể nhỏ hơn khoảng $-0,2$ MPa/micromet hoặc lớn hơn khoảng $0,2$ MPa/micromet. Theo một số phương án cụ thể hơn nữa, độ dốc của đường tiếp tuyến có thể nhỏ hơn khoảng $-0,3$ MPa/micromet hoặc lớn hơn khoảng $0,3$ MPa/micromet. Theo một số phương án cụ thể hơn nữa, độ dốc của đường tiếp tuyến có thể nhỏ hơn khoảng $-0,5$ MPa/micromet hoặc lớn hơn khoảng $0,5$ MPa/micromet. Nói cách khác, biên dạng ứng suất của một hoặc nhiều phương án dọc theo phạm vi độ dày này (tức là, $0t$ đến khoảng $0,2t$ và lớn hơn $0,8t$, hoặc từ khoảng $0t$ đến khoảng $0,3t$ và $0,7t$ hoặc lớn hơn) ngoại trừ các điểm có đường tiếp tuyến với độ dốc bằng 0, hoặc độ dốc xấp xỉ bằng 0, hoặc độ dốc phẳng. Không bị ràng buộc bởi lý thuyết, hàm số sai số đã biết hoặc các biên dạng ứng suất gần như tuyến tính có các điểm dọc theo phạm vi độ dày này (tức là, từ khoảng $0t$ đến khoảng $0,2t$ và lớn hơn $0,8t$, hoặc từ khoảng $0t$ đến khoảng $0,3t$ và $0,7t$ hoặc lớn hơn) mà có tiếp tuyến với độ dốc bằng 0 hoặc có giá trị sát với 0, tức là giá trị nằm trong phạm vi từ lớn hơn khoảng $-0,1$ MPa/micromet tới nhỏ hơn khoảng $0,1$ MPa/micromet (chỉ ra biên dạng ứng suất độ dốc phẳng hoặc bằng 0 dọc theo phạm vi độ dày này, như được thể hiện trên Fig. 2, 220). Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế này không thể hiện biên dạng ứng suất có biên dạng ứng suất độ dốc phẳng hoặc bằng 0 như vậy dọc theo phạm vi độ dày này, như được thể hiện trên Fig. 3.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thể hiện biên dạng ứng suất trong phạm vi độ dày nằm trong khoảng từ $0,1t$ đến $0,3t$ và từ khoảng

$0,7 \cdot t$ đến $0,9 \cdot t$ mà bao gồm tiếp tuyến độ dốc tối đa và tiếp tuyến độ dốc tối thiểu. Trong một số tình huống, sự chênh lệch giữa tiếp tuyến độ dốc tối đa và tiếp tuyến độ dốc tối thiểu là khoảng 3,5 Mpa/micromet hoặc nhỏ hơn, khoảng 3 Mpa/micromet hoặc nhỏ hơn, khoảng 2,5 Mpa/micromet hoặc nhỏ hơn, hoặc khoảng 2 Mpa/micromet hoặc nhỏ hơn.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có biên dạng ứng suất 312 hầu như không chứa bất kỳ đoạn phẳng nào mà kéo dài theo chiều sâu hoặc dọc theo ít nhất một phần của độ dày t của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Nói cách khác, biên dạng ứng suất 312 cơ bản gia tăng hoặc giảm một cách liên tục dọc theo độ dày t . Theo một số phương án, biên dạng ứng suất hầu như không chứa bất kỳ đoạn phẳng nào theo chiều sâu có độ dài khoảng 10 micromet hoặc lớn hơn, khoảng 50 micromet hoặc lớn hơn, hoặc khoảng 100 micromet hoặc lớn hơn, hoặc khoảng 200 micromet hoặc lớn hơn. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “phẳng” để chỉ độ dốc có độ lớn nhỏ hơn khoảng 0,5 MPa/micromet, hoặc nhỏ hơn khoảng 0,2 MPa/micromet dọc theo đoạn phẳng. Theo một số phương án, một hoặc nhiều phần của biên dạng ứng suất mà hầu như không chứa bất kỳ đoạn phẳng nào theo chiều sâu có mặt ở các độ sâu bên trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh khoảng 5 micromet hoặc lớn hơn (ví dụ, 10 micromet hoặc lớn hơn, hoặc 15 micromet hoặc lớn hơn) từ một hoặc cả hai bề mặt thứ nhất hoặc bề mặt thứ hai. Ví dụ, dọc theo độ sâu khoảng 0 micromet tới nhỏ hơn khoảng 5 micromet tính từ bề mặt thứ nhất, biên dạng ứng suất có thể bao gồm các đoạn tuyến tính, nhưng từ độ sâu khoảng 5 micromet hoặc lớn hơn tính từ bề mặt thứ nhất, biên dạng ứng suất có thể hầu như không chứa các đoạn phẳng. Như được sử dụng ở đây “tuyến tính” bao gồm các đoạn đường có độ dốc phẳng cũng như các đoạn đường không có độ dốc phẳng; để ví dụ về các đoạn đường nêu sau, xem trong FIG. 11 trong độ sâu khoảng 12 micron từ bề mặt.

Theo một số phương án, biên dạng ứng suất có thể bao gồm các đoạn tuyến tính tại các độ sâu từ khoảng $0t$ đến khoảng $0,1t$ và có thể hầu như không chứa các đoạn phẳng tại các độ sâu khoảng $0,1t$ đến khoảng $0,4t$. Theo một số phương án, biên dạng ứng suất của độ dày nằm trong phạm vi từ khoảng $0t$ đến khoảng $0,1t$ có thể có độ dốc mà độ lớn của nó (theo giá trị tuyệt đối) nằm trong phạm vi từ khoảng 20 MPa/micron đến khoảng 200 MPa/micron. Như sẽ được mô tả ở đây, các phương án này có thể được tạo ra sử dụng quá trình trao đổi ion đơn qua đó bề chứa hai hoặc nhiều muối

kiềm hoặc là bể muối kiềm hỗn hợp hoặc nhiều (ví dụ, 2 hoặc nhiều) quá trình trao đổi ion.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được mô tả liên quan đến hình dạng của biên dạng ứng suất dọc theo vùng CT (327 trên Fig. 3). Ví dụ, theo một số phương án, biên dạng ứng suất dọc theo vùng CT (trong đó ứng suất là ứng suất kéo) có thể được tính xấp xỉ bằng phương trình (1):

$$\text{Ứng suất}(x) = T \text{ cực đại} - (((CT_n \cdot (n+1))/0,5^n) \cdot |(x/t)-0,5|^n) \quad (1)$$

Trong phương trình (1), ứng suất (x) là trị số ứng suất ở vị trí x. Ở đây, ứng suất là số dương (kéo). Trong phương trình (1), T cực đại là giá trị ứng suất kéo tối đa và CT_n là giá trị ứng suất kéo ở n và nhỏ hơn hoặc bằng T cực đại. Cả T cực đại và CT_n đều là các giá trị dương về MPa. Giá trị x là vị trí dọc theo độ dày (t) tính bằng micromet, với phạm vi nằm trong khoảng từ 0 đến t; $x=0$ là một bề mặt (302, trong Fig. 3), $x=0,5t$ là tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh (tại vị trí đó, ứng suất(x)=T cực đại), và $x=t$ là bề mặt đối diện (304, trong Fig. 3). T cực đại sử dụng trong phương trình (1) là tương đương với CT tối đa, giá trị này có thể nhỏ hơn khoảng $71,5/\sqrt{t}$. Theo một số phương án, T cực đại sử dụng trong phương trình (1) có thể nằm trong phạm vi từ khoảng 50 MPa đến khoảng 80 MPa (ví dụ, từ khoảng 60 MPa đến khoảng 80 MPa, từ khoảng 70 MPa đến khoảng 80 MPa, từ khoảng 50 MPa đến khoảng 75 MPa, từ khoảng 50 MPa đến khoảng 70 MPa, hoặc từ khoảng 50 MPa đến khoảng 65 MPa), và n là thông số khớp nằm trong khoảng từ 1,5 đến 5 (ví dụ, từ 2 đến 4, từ 2 đến 3 hoặc từ 1,8 đến 2,2) hoặc từ khoảng 1,5 đến khoảng 2. Theo một hoặc nhiều phương án, $n=2$ có thể tạo ra biên dạng ứng suất parabol, các số mũ khác $n=2$ tạo ra các biên dạng ứng suất với các các biên dạng ứng suất gần như parabol. Fig. 4 là biểu đồ minh họa nhiều biên dạng ứng suất khác nhau theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế, dựa trên các thay đổi về thông số khớp n.

Theo một hoặc nhiều phương án, CT_n có thể nhỏ hơn T cực đại mà ở đó, có sự tăng vọt ứng suất nén trên một hoặc cả hai bề mặt chính của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Theo một hoặc nhiều phương án, CT_n bằng T cực đại khi không có sự tăng vọt ứng suất nén trên một hoặc cả hai bề mặt chính của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Theo một số phương án, biên dạng ứng suất có thể được biến đổi bằng cách xử lý nhiệt. Theo các phương án này, việc xử lý nhiệt có thể diễn ra trước các quy trình trao đổi ion bất kỳ, giữa các quy trình trao đổi ion, hoặc sau tất cả các quy trình trao đổi ion. Theo một số phương án, việc xử lý nhiệt có thể làm giảm giá trị tuyệt đối về độ lớn của độ dốc của biên dạng ứng suất tại hoặc gần bề mặt. Theo một số phương án, độ dốc dốc hơn hoặc lớn hơn là mong muốn tại bề mặt, quá trình trao đổi ion sau khi xử lý nhiệt có thể được sử dụng để tạo ra “sự tăng vọt” hoặc để gia tăng độ dốc của biên dạng ứng suất tại hoặc gần bề mặt.

Theo một hoặc nhiều phương án, biên dạng ứng suất 312 được tạo ra nhờ nồng độ (các) oxit kim loại khác 0, biến thiên dọc theo một phần của độ dày. Như đã nêu ở trên, sự biến thiên về nồng độ oxit kim loại có thể tham chiếu ở đây là gradient nồng độ oxit kim loại. Theo một số phương án, nồng độ oxit kim loại là khác 0 và biến thiên, dọc theo phạm vi độ dày từ khoảng $0 \cdot t$ đến khoảng $0,3 \cdot t$. Theo một số phương án, nồng độ oxit kim loại là khác 0 và biến thiên dọc theo phạm vi độ dày từ khoảng $0 \cdot t$ đến khoảng $0,35 \cdot t$, từ khoảng $0t$ đến khoảng $0,4 \cdot t$, từ khoảng $0 \cdot t$ đến khoảng $0,45 \cdot t$ hoặc từ khoảng $0 \cdot t$ đến khoảng $0,48 \cdot t$. Oxit kim loại có thể được mô tả là tạo ra ứng suất trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Sự biến thiên nồng độ này có thể là liên tục dọc theo các phạm vi độ dày nêu trên. Sự biến thiên nồng độ có thể gồm sự thay đổi nồng độ oxit kim loại khoảng 0,2% mol dọc theo phân đoạn độ dày khoảng 100 micromet. Sự thay đổi này có thể được đo bằng các phương pháp đã biết trong lĩnh vực này bao gồm dụng cụ vi đầu dò, như được thể hiện trên Ví dụ 1. Oxit kim loại mà có nồng độ khác 0 và biến thiên dọc theo phần của độ dày có thể được mô tả là tạo ra ứng suất trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Sự biến thiên nồng độ này có thể là liên tục dọc theo các phạm vi độ dày nêu trên. Theo một số phương án, sự biến thiên nồng độ này có thể là liên tục dọc theo các phân đoạn độ dày nằm trong phạm vi từ khoảng 10 micromet đến khoảng 30 micromet. Theo một số phương án, nồng độ oxit kim loại giảm từ bề mặt thứ nhất đến điểm giữa bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai và tăng từ điểm giữa này đến bề mặt thứ hai.

Nồng độ của oxit kim loại có thể chứa nhiều hơn một oxit kim loại (ví dụ, kết hợp của Na_2O và K_2O). Theo một số phương án, nếu hai oxit kim loại được sử dụng và nếu bán kính của các ion của chúng là khác nhau, thì nồng độ của các ion có bán kính

lớn hơn là lớn hơn nồng độ của các ion có bán kính nhỏ hơn ở độ sâu nông, trong khi ở độ sâu sâu hơn, nồng độ của các ion có bán kính nhỏ hơn là lớn hơn nồng độ của các ion có bán kính lớn hơn. Ví dụ, nếu bể chứa duy nhất Na và K được sử dụng trong quá trình trao đổi ion, thì nồng độ của các ion K^+ trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là lớn hơn nồng độ của các ion Na^+ ở độ sâu nông hơn, trong khi nồng độ của các ion Na^+ là lớn hơn nồng độ của các ion K^+ ở độ sâu sâu hơn. Một phần, điều này là do kích thước của các ion hóa trị một mà được trao đổi vào trong thủy tinh với các ion hóa trị một nhỏ hơn. Trong các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này, vùng ở bề mặt hoặc gần bề mặt có CS lớn hơn do lượng các ion lớn hơn (tức là ion K^+) nhiều hơn ở bề mặt hoặc gần bề mặt. CS lớn hơn này có thể được biểu thị bằng biên dạng ứng suất có độ dốc dốc hơn ở bề mặt hoặc gần bề mặt (tức là, sự tăng vọt biên dạng ứng suất ở bề mặt).

Gradient hoặc biến thiên nồng độ của một hoặc nhiều oxit kim loại được tạo ra bằng cách gia cường hóa học nền trên cơ sở thủy tinh, như đã mô tả trên đây trong bản mô tả, trong đó nhiều ion kim loại thứ nhất trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được trao đổi với nhiều ion kim loại thứ hai. Các ion thứ nhất có thể là các ion lithi, natri, kali và rubidi. Các ion kim loại thứ hai có thể là các ion của một trong số natri, kali, rubidi, và xesi, với điều kiện là ion kim loại kiềm thứ hai có bán kính ion lớn hơn bán kính ion của ion kim loại kiềm thứ nhất. Ion kim loại thứ hai có trong nền trên cơ sở thủy tinh dưới dạng oxit của nó (ví dụ, Na_2O , K_2O , Rb_2O , Cs_2O hoặc kết hợp của chúng).

Theo một hoặc nhiều phương án, gradient nồng độ oxit kim loại kéo dài qua phần cơ bản của độ dày t hoặc toàn bộ độ dày t của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, bao gồm lớp CT 327. Theo một hoặc nhiều phương án, nồng độ oxit kim loại là khoảng 0,5% mol hoặc lớn hơn trong lớp CT 327. Theo một số phương án, nồng độ oxit kim loại có thể là khoảng 0,5% mol hoặc lớn hơn (ví dụ, khoảng 1% mol hoặc lớn hơn) dọc theo toàn bộ độ dày của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, và là lớn nhất ở bề mặt thứ nhất 302 và/hoặc bề mặt thứ hai 304 và giảm gần như liên tục đến điểm giữa bề mặt thứ nhất 302 và bề mặt thứ hai 304. Tại điểm này, nồng độ oxit kim loại là nhỏ nhất dọc theo toàn bộ độ dày t ; tuy nhiên nồng độ ở điểm này cũng khác 0. Nói cách khác, nồng độ khác 0 của oxit kim loại cụ thể đó kéo dài dọc theo phần cơ bản của độ dày t (như được mô tả ở đây) hoặc toàn bộ độ dày t . Theo một số phương án, nồng độ thấp nhất

về oxit kim loại cụ thể là ở lớp CT 327. Tổng nồng độ của oxit kim loại cụ thể trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể nằm trong phạm vi từ khoảng 1% mol đến khoảng 20% mol.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa nồng độ oxit kim loại thứ nhất và nồng độ oxit kim loại thứ hai, sao cho nồng độ oxit kim loại thứ nhất nằm trong phạm vi từ khoảng 0% mol đến khoảng 15% mol dọc theo phạm vi độ dày thứ nhất từ khoảng 0t đến khoảng 0,5t, và nồng độ oxit kim loại thứ hai nằm trong phạm vi từ khoảng 0% mol đến khoảng 10% mol từ phạm vi độ dày thứ hai từ khoảng 0 micromet đến khoảng 25 micromet (hoặc từ khoảng 0 micromet đến khoảng 12 micromet); tuy nhiên, nồng độ của một hoặc cả hai oxit kim loại thứ nhất và oxit kim loại thứ hai là khác 0 dọc theo phần cơ bản hoặc toàn bộ độ dày của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể chứa nồng độ oxit kim loại thứ ba tùy ý. Oxit kim loại thứ nhất có thể bao gồm Na_2O trong khi oxit kim loại thứ hai có thể bao gồm K_2O .

Nồng độ oxit kim loại có thể được xác định từ lượng cơ sở của oxit kim loại này trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh trước khi được biến đổi để có gradient nồng độ của oxit kim loại này.

Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được mô tả về việc chúng bị nứt vỡ như thế nào và các mảnh sinh ra từ sự nứt vỡ này, khi được xác định bằng “thử nghiệm đánh giá tính dễ rạn vỡ”, như được mô tả trong tài liệu của tác giả Z. Tang, et al. *Automated Apparatus for Measuring the Frangibility and Fragmentation of Strengthened Glass*. *Experimental Mechanics* (2014) 54:903-912. Theo một hoặc nhiều phương án, khi bị nứt vỡ, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh nứt vỡ thành 2 mảnh hoặc ít hơn trên mỗi inso vuông (hoặc trên $6,4516 \text{ cm}^2$) của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh (trước khi nứt vỡ), và kích thước mẫu sử dụng là hình vuông kích thước 5 cm x 5 cm (2 inso x 2 inso).

Theo một hoặc nhiều phương án, sau khi gia cường hóa học vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, biên dạng ứng suất thu được 312 của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có được độ bền chống nứt vỡ cải thiện hơn. Ví dụ, theo một số phương án, khi nứt vỡ, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm các mảnh có kích thước mặt cắt ngang dài nhất trung bình thấp hơn hoặc tương đương khoảng $2 \cdot t$ (ví dụ, $1,8 \cdot t$, $1,6 \cdot t$, $1,5 \cdot t$, $1,4 \cdot t$, $1,2 \cdot t$

hoặc $1 \cdot t$ hoặc nhỏ hơn) khi được xác định bằng “thử nghiệm đánh giá tính dễ rạn vỡ”, như được mô tả bởi tác giả Z. Tang, et al. *Automated Apparatus for Measuring the Frangibility and Fragmentation of Strengthened Glass*. *Experimental Mechanics* (2014) 54:903-912. Số mảnh nứt vỡ được phân chia bởi diện tích mẫu đang được thử nghiệm (tính theo inơ vuông), và kích thước mẫu sử dụng là hình vuông kích thước 5 cm x 5 cm (2 inơ x 2 inơ).

Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể thể hiện độ bền chống nứt vỡ (K_{IC}) khoảng $0,7 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ hoặc lớn hơn. Trong một số trường hợp, độ bền chống nứt vỡ có thể là khoảng $0,8 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ hoặc lớn hơn, hoặc khoảng $0,9 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ hoặc lớn hơn. Theo một số phương án, độ bền chống nứt vỡ có thể nằm trong phạm vi từ khoảng $0,7 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ đến khoảng $1 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$.

Theo một số phương án, nền có thể cũng được đặc trưng là có độ cứng từ khoảng 500 HVN đến khoảng 800 HVN (kgf/mm^2), như được đo bằng thử nghiệm đo độ cứng Vicker ở mức tải 200 g. Theo một số phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có độ cứng Vicker nằm trong phạm vi từ khoảng 600 HVN đến khoảng 800 HVN.

Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được mô tả ở đây có thể có năng lượng kéo dãn từ nằm trong khoảng từ lớn hơn $0 \text{ J}/\text{m}^2$ đến khoảng $40 \text{ J}/\text{m}^2$. Trong một số tình huống, năng lượng kéo dãn có thể nằm trong phạm vi từ khoảng $5 \text{ J}/\text{m}^2$ đến khoảng $40 \text{ J}/\text{m}^2$, từ khoảng $10 \text{ J}/\text{m}^2$ đến khoảng $40 \text{ J}/\text{m}^2$, từ khoảng $15 \text{ J}/\text{m}^2$ đến khoảng $40 \text{ J}/\text{m}^2$, từ khoảng $20 \text{ J}/\text{m}^2$ đến khoảng $40 \text{ J}/\text{m}^2$, từ khoảng $1 \text{ J}/\text{m}^2$ đến khoảng $35 \text{ J}/\text{m}^2$, từ khoảng $1 \text{ J}/\text{m}^2$ đến khoảng $30 \text{ J}/\text{m}^2$, từ khoảng $1 \text{ J}/\text{m}^2$ đến khoảng $25 \text{ J}/\text{m}^2$, từ khoảng $1 \text{ J}/\text{m}^2$ đến khoảng $20 \text{ J}/\text{m}^2$, từ khoảng $1 \text{ J}/\text{m}^2$ đến khoảng $15 \text{ J}/\text{m}^2$, từ khoảng $1 \text{ J}/\text{m}^2$ đến khoảng $10 \text{ J}/\text{m}^2$, từ khoảng $10 \text{ J}/\text{m}^2$ đến khoảng $30 \text{ J}/\text{m}^2$, từ khoảng $10 \text{ J}/\text{m}^2$ đến khoảng $25 \text{ J}/\text{m}^2$, từ khoảng $15 \text{ J}/\text{m}^2$ đến khoảng $30 \text{ J}/\text{m}^2$, từ khoảng $15 \text{ J}/\text{m}^2$ đến khoảng $25 \text{ J}/\text{m}^2$, từ khoảng $18 \text{ J}/\text{m}^2$ đến khoảng $22 \text{ J}/\text{m}^2$, từ khoảng $25 \text{ J}/\text{m}^2$ đến khoảng $40 \text{ J}/\text{m}^2$, hoặc từ khoảng $25 \text{ J}/\text{m}^2$ đến khoảng $30 \text{ J}/\text{m}^2$. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gia cường nhiệt và hóa học theo một hoặc nhiều phương án có thể thể hiện năng lượng kéo dãn từ khoảng $6 \text{ J}/\text{m}^2$ hoặc lớn hơn, khoảng $10 \text{ J}/\text{m}^2$ hoặc lớn hơn, khoảng $15 \text{ J}/\text{m}^2$ hoặc lớn hơn, hoặc khoảng $20 \text{ J}/\text{m}^2$ hoặc lớn hơn.

Năng lượng ứng suất kéo dự trữ được tính bằng cách sử dụng phương trình (2) sau đây:

$$\text{năng lượng kéo dự trữ (J/m}^2\text{)} = [(1-\nu)/E] \int (\sigma^2) (dt) \quad (2)$$

trong đó, ν là tỷ lệ Poisson, E là mô đun Young (tính bằng MPa), σ là ứng suất (tính theo MPa) và phép tích phân được tính toán ngang qua độ dày (tính bằng micron) của duy nhất vùng ứng suất kéo.

Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh mô tả ở đây thường có mô đun Young hoặc mô đun Young nhỏ hơn khoảng 80 GPa (ví dụ, khoảng 75 GPa hoặc nhỏ hơn, khoảng 70 GPa hoặc nhỏ hơn, khoảng 65 GPa hoặc nhỏ hơn, hoặc khoảng 60 GPa hoặc nhỏ hơn). Giới hạn dưới của mô đun Young có thể lớn hơn khoảng 65 GPa. Mô đun Young, mô đun này là nội tại bên trong thành phần của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, có thể có độ cứng cao mong muốn, đây là đặc tính ngoại sinh, cho vật phẩm trên cơ sở thủy tinh cuối cùng mà được tạo ra từ đó.

Theo một số phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có độ nhót đường lỏng cao cho phép tạo ra các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thông qua các kỹ thuật kéo xuống (ví dụ, kéo nóng chảy, kéo qua khe, và các phương pháp tương tự khác), các kỹ thuật này có thể tạo ra độ nhẵn bề mặt có độ chính xác cao. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “độ nhót đường lỏng” để chỉ độ nhót của thủy tinh nóng chảy ở nhiệt độ đường lỏng, trong đó thuật ngữ “nhiệt độ đường lỏng” để chỉ nhiệt độ mà tại đó, các tinh thể trước tiên xuất hiện khi thủy tinh nóng chảy lạnh xuống từ nhiệt độ nóng chảy (hoặc nhiệt độ mà tại đó, các tinh thể cuối cùng nóng chảy khi nhiệt độ được tăng lên từ nhiệt độ trong phòng). Độ nhót đường lỏng được xác định bằng phương pháp sau. Trước tiên, nhiệt độ đường lỏng của thủy tinh được đo tuân theo tiêu chuẩn ASTM C829-81 (2015), với tiêu đề tài liệu là “Standard Practice for Measurement of Liquidus Temperature of Glass by the Gradient Furnace Method”. Tiếp theo, độ nhót của thủy tinh ở nhiệt độ đường lỏng được đo tuân theo tiêu chuẩn ASTM C965-96(2012), với tiêu đề tài liệu là “Standard Practice for Measuring Viscosity of Glass Above the Softening Point”. Nói chung, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh (hoặc các thành phần được sử dụng để tạo ra các vật phẩm này) mô tả ở đây có độ nhót đường lỏng khoảng 100 kilopascal (kPa) hoặc lớn hơn. Trong những tình huống trong đó đòi hỏi độ nhót đường lỏng cao hơn trong thao tác xử lý kéo xuống, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh

(hoặc các thành phần được sử dụng để tạo ra các vật phẩm) thể hiện độ nhót đường lòng khoảng 200 kP hoặc lớn hơn (ví dụ, khoảng 600 kP hoặc lớn hơn).

Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thể hiện ngưỡng nứt xước mặt bên Knoop (Knoop Lateral Cracking Scratch Threshold) nằm trong phạm vi từ khoảng 4 N đến khoảng 7 N, từ khoảng 4,5 N đến khoảng 7 N, từ khoảng 5 N đến khoảng 7 N, từ khoảng 4 N đến khoảng 6,5 N, từ khoảng 4 N đến khoảng 6 N, hoặc từ khoảng 5 N đến khoảng 6 N. Như được sử dụng ở đây, ngưỡng nứt xước mặt bên Knoop là sự bắt đầu rạn nứt mặt bên (trong 3 hoặc nhiều hơn trong số 5 sự kiện ấn lõm). Trong thử nghiệm về ngưỡng nứt xước mặt bên Knoop, các mẫu nền thủy tinh và các vật phẩm trước tiên được làm xước bằng dụng cụ ấn lõm Knoop trong điều kiện tải động và dốc để nhận dạng khoảng tải bắt đầu nứt mặt bên đối với nhóm mẫu. Khi khoảng tải có thể áp dụng được nhận dạng, một loạt vết xước tải không đổi gia tăng (tối thiểu 3 hoặc nhiều hơn trên mỗi tải) được thực hiện để nhận dạng ngưỡng xước Knoop. Khoảng ngưỡng xước Knoop có thể được xác định bằng cách so sánh mẫu thử nghiệm với một trong 3 phương thức hư hỏng sau: 1) các vết nứt bề mặt bên còn lại lớn hơn hai lần độ rộng của đường khe, 2) sự tổn hại được duy trì bên trong đường khe, nhưng có các vết nứt bề mặt bên nhỏ hơn hai lần độ rộng của đường khe và có sự tổn hại nhìn thấy được bằng mắt thường, hoặc 3) sự có mặt của các vết nứt bên dưới bề mặt bên lớn hơn hai lần độ rộng của đường khe và/hoặc có vết nứt trung bình tại đỉnh của vết xước.

Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thể hiện ngưỡng rạn nứt ấn lõm Vicker (Vicker's Indentation Fracture Threshold) nằm trong phạm vi từ khoảng 10 kgf hoặc lớn hơn, khoảng 12 kgf hoặc lớn hơn, hoặc khoảng 15 kgf hoặc lớn hơn. Như được sử dụng ở đây, ngưỡng rạn nứt ấn lõm Vicker là sự khởi đầu ập đến nứt rạn ở giữa /tỏa tròn (ở 3 hoặc nhiều hơn trong số 5 sự kiện ấn lõm) kéo dài từ ít nhất một góc tại vị trí ấn lõm. Trong thử nghiệm ngưỡng rạn nứt ấn lõm Vicker, các mẫu của nền thủy tinh và các vật phẩm được ấn lõm lặp đi lặp lại bằng một đầu kim cương (theo góc 136°) với tải gia tăng. Mỗi một lần ấn lõm có tiềm năng tạo ra 4 vết nứt tỏa tròn, mỗi vết từ một góc ấn lõm. Bằng cách đếm số lượng vết nứt tỏa tròn trung bình tại mỗi một tải ấn lõm, ngưỡng nứt vỡ là tải mà tại đó, có trung bình 2 vết nứt trên mỗi điểm ấn lõm (hoặc ngưỡng nứt 50%).

Theo một hoặc nhiều phương án, độ bền chống xước của các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh mô tả ở đây có thể được đo bằng cách cho trượt bi thủy tinh 500-micromet có cùng thành phần với nền trên cơ sở thủy tinh được mô tả ở đây. Ví dụ, thành phần của bi có thể bao gồm khoảng 64% mol SiO_2 , 15,67% mol Al_2O_3 , 6,4% mol Li_2O , 10,8% mol Na_2O , 1,2% mol ZnO , 0,04% mol SnO_2 , và 2,5% mol P_2O_5 . Các Fig. 5A-B thể hiện ứng suất kéo tối đa áp dụng lên bề mặt (tính theo MPa) từ bi thủy tinh khi nó được áp dụng lên bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án. Trong các Fig. 5A-5B, ứng suất tiếp xúc (các điểm dữ liệu hình thoi) và lực tiếp xúc trượt giả sử hệ số ma sát là 0,1 (các điểm dữ liệu hình vuông) và hệ số ma sát là 0,2 (các điểm dữ liệu tam giác), được thể hiện dưới dạng hàm số của tải bình thường (N) được áp dụng. Trên Fig. 5A, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có ứng suất nén bề mặt khoảng 500 MPa. Trên Fig. 5B, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có ứng suất nén bề mặt khoảng 750 MPa.

Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thể hiện độ bền bề mặt được cải thiện khi được đem thử nghiệm vòng mài mòn trên vòng (abraded ring-on-ring: AROR). Độ bền của vật liệu là ứng suất mà tại đó, xuất hiện nứt rạn. Thử nghiệm AROR là phép đo độ bền bề mặt trong thử nghiệm các mẫu thủy tinh phẳng, và ASTM C1499-09(2013), với tiêu đề “Standard Test Method for Monotonic Equibiaxial Flexural Strength of Advanced Ceramics at Ambient Temperature,” dùng làm cơ sở cho phương pháp luận thử nghiệm AROR được mô tả ở đây. Toàn bộ nội dung của tiêu chuẩn ASTM C1499-09 được kết hợp tham khảo trong sáng chế này. Theo một phương án, mẫu thủy tinh được mài mòn trước khi thử nghiệm vòng trên vòng bằng các hạt silic cabua (SiC) 90 grit mà được phân bố đến mẫu thủy tinh bằng cách sử dụng phương pháp và thiết bị được mô tả trong Phụ lục A2, có tiêu đề là “abrasion Procedures”, của tiêu chuẩn ASTM C158-02(2012), có tiêu đề là “Standard Test Methods for Strength of Glass by Flexure (Determination of Modulus of Rupture).” Toàn bộ nội dung của tiêu chuẩn ASTM C158-02 và đặc biệt là nội dung của phần Phụ lục 2 được đính kèm theo đây bằng cách viện dẫn.

Trước khi thử nghiệm vòng trên vòng, bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được mài mòn như được mô tả trong tiêu chuẩn ASTM C158-02, Phụ lục 2, để chuẩn hóa và/hoặc kiểm soát điều kiện khiếm khuyết bề mặt của mẫu sử dụng thiết bị được thể hiện trong hình vẽ trên Fig. A2.1 của tiêu chuẩn ASTM C158-02. Vật liệu mài

mòn điển hình được phun cát lên bề mặt 110 của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh ở mức tải 15 psi sử dụng áp suất không khí 304 kPa (44 psi); mặc dù trong các ví dụ dưới đây, vật liệu mài mòn được phun cát lên bề mặt 110 ở các tải khác (ví dụ, 25 psi hoặc 45 psi). Sau khi dòng không khí được thiết lập, 5 cm³ vật liệu mài mòn được đổ vào phễu và mẫu được phun cát trong 5 giây sau khi cấp vật liệu mài mòn.

Đối với thử nghiệm AROR, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có ít nhất một bề mặt mài mòn 410 như được thể hiện trên Fig. 6 được đặt giữa hai vòng đồng tâm có kích cỡ khác nhau để xác định độ bền uốn đẳng lượng 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), như cũng được thể hiện trên Fig. 6. Trong cấu hình AROR 400, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh mài mòn 410 được đỡ bằng vòng đỡ 420 có đường kính D2. Lực F được áp dụng bằng hộp đo lực (không được thể hiện) lên bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bằng vòng tải 430 có đường kính D1.

Tỷ lệ giữa đường kính của vòng tải và đường kính của vòng đỡ D1/D2 có thể nằm trong khoảng từ 0,2 đến khoảng 0,5. Theo một số phương án, D1/D2 là khoảng 0,5. Vòng tải 130 và vòng đỡ 120 cần được sắp thẳng hàng đồng tâm với mức chính xác trong khoảng 0,5% đường kính vòng đỡ D2. Cảm biến lực được sử dụng để thử nghiệm cần chính xác đến mức trong khoảng $\pm 1\%$ tải trọng bất kỳ trong khoảng đã chọn. Theo một số phương án, 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 gá lắp, bán kính r của bề mặt nhô ra của vòng tải 430 thỏa mãn $h/2 \leq r \leq 3h/2$, trong đó h là độ dày của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 410. Vòng tải 430 và vòng đỡ 420 thường được làm từ thép cứng với độ cứng HRC > 40. Bộ gá lắp AROR có sẵn trên thị trường.

Cơ chế hư hỏng dự tính đối với thử nghiệm AROR là quan sát sự nứt vỡ của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 410 xuất phát từ bề mặt 430a trong vòng tải 430. Các hư hỏng mà diễn ra ngoài vùng này – tức là, giữa các vòng tải 430 và các vòng đỡ 420 – được bỏ qua không phân tích dữ liệu. Tuy nhiên, do độ mỏng và độ bền cao của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 410, nên đôi khi độ võng lớn hơn $\frac{1}{2}$ độ dày mẫu h được quan sát thấy. Do đó, sẽ hiếm gặp phần trăm hư hỏng cao khởi đầu từ bên dưới vòng tải 430. Ứng suất không thể tính được chính xác mà không có kiến thức về sự phát

triển ứng suất cả bên trong và bên dưới vòng (được thu thập thông qua việc phân tích biến dạng kế) và nguồn gốc của hư hỏng trong mỗi mẫu. Do đó thử nghiệm AROR tập trung vào tải trọng đỉnh tại điểm hư hỏng làm đáp ứng đo được.

Độ bền của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tùy thuộc vào sự có mặt của các vết rạn trên bề mặt. Tuy nhiên, khả năng có mặt vết rạn với kích cỡ nhất định không thể dự báo được một cách chính xác, vì độ bền của thủy tinh là mang tính thống kê về mặt bản chất. Do đó, hàm phân phối xác suất thường được sử dụng để biểu diễn về mặt thống kê dữ liệu thu được.

Theo một số phương án, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh mô tả ở đây có độ bền uốn bề mặt hoặc độ bền uốn đẳng lưỡng trục là 20 kgf hoặc cao hơn, và đến khoảng 30 kgf như được xác định bằng thử nghiệm AROR sử dụng tải 25 psi hoặc thậm chí 45 psi để mài mòn bề mặt. Theo các phương án khác, độ bền bề mặt là 25 kgf hoặc cao hơn, và theo các phương án khác nữa, thậm chí là 30 kgf hoặc cao hơn.

Theo một số phương án, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh mô tả ở đây có thể được mô tả về đặc tính trong thử nghiệm bi ngược trên giấy nhám (IBoS). Thử nghiệm IBoS là thử nghiệm mặt bằng linh kiện động lực mà mô phỏng cơ chế hư hỏng chủ yếu do sự hiện diện của hư tổn cộng thêm sự uốn cong mà điển hình thường xuất hiện ở các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được sử dụng trong các thiết bị điện tử di động hoặc cầm tay, như được thể hiện bằng sơ đồ trên Fig. 7. Trong lĩnh vực này, sự hư hỏng xuất hiện (a trên Fig. 8) trên bề mặt trên của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Sự rạn nứt bắt đầu ở bề mặt trên của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh và hư hỏng xuyên thủng vật phẩm trên cơ sở thủy tinh (b trên Fig. 8) hoặc sự rạn nứt lan rộng từ điểm uống trên bề mặt trên hoặc từ các phần bên trong của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh (c trên Fig. 8). Thử nghiệm IBoS được thiết kế để đồng thời tác dụng lực phá hỏng đến bề mặt của thủy tinh và tạo ra lực uốn dưới tải trọng động lực. Trong một số trường hợp, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, nếu có ứng suất nén, thể hiện tính năng thả rơi được cải thiện hơn so với vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tương tự nhưng không có ứng suất nén.

Thiết bị thử nghiệm IBoS được thể hiện bằng sơ đồ trên Fig.6. Thiết bị 500 bao gồm giá thử nghiệm 510 và bi 530. Bi 530 là bi cứng hoặc rắn như, ví dụ, bi thép không gỉ, hoặc bi tương tự. Theo một phương án, bi 530 là 4,2 gram bi thép không gỉ có đường kính 10 mm. Bi 530 được thả rơi trực tiếp lên mẫu vật phẩm trên cơ sở thủy

tinh 518 từ độ cao xác định trước **h**. Giá thử nghiệm 510 bao gồm đế chắc 512 bằng vật liệu cứng, rắn như granit hoặc tương tự. Tấm 514 có vật liệu nhám được bố trí trên bề mặt được đặt trên bề mặt trên của đế chắc 512 sao cho bề mặt với vật liệu nhám này hướng lên. Theo một số phương án, tấm 514 là giấy nhám có bề mặt có độ nhám là 30 grit và, theo các phương án khác, bề mặt có độ nhám là 180 grit. Mẫu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 518 được giữ tại chỗ trên tấm 514 bằng kẹp giữ mẫu 515 sao cho khe không khí 516 tồn tại giữa mẫu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 518 và tấm 514. Khe không khí 516 giữa tấm 514 và mẫu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 518 cho phép mẫu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 518 uốn cong khi va chạm bằng bi 530 và lên bề mặt nhám của tấm 514. Theo một phương án, mẫu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 218 được kẹp trên tất cả các góc để giữ cho sự uốn cong chỉ có ở điểm va chạm với bi và để đảm bảo tính lặp lại. Theo một số phương án, kẹp giữ mẫu 514 và giá thử nghiệm 510 được làm thích hợp để điều chỉnh phù hợp độ dày mẫu lên đến khoảng 2 mm. Khe không khí 516 nằm trong khoảng từ 50 μm đến khoảng 100 μm . Khe không khí 516 được thiết kế thích hợp để điều chỉnh cho các trường hợp khác biệt về độ cứng vật liệu (môđun Young, Emod), và cả môđun Young và độ dày mẫu. Băng dính 520 có thể được sử dụng để phủ lên bề mặt trên của mẫu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh để thu thập các mảnh vỡ trong trường hợp có sự nứt rạn mẫu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 518 khi va chạm với bi 530.

Các vật liệu khác nhau có thể được sử dụng làm bề mặt nhám. Theo một phương án cụ thể, bề mặt nhám là giấy nhám, như giấy nhám silic cacbua hoặc nhôm oxit, giấy nhám kỹ thuật, hoặc vật liệu nhám bất kỳ đã được người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực này biết đến là có độ cứng và/hoặc độ nhọn so sánh được. Theo một số phương án, giấy nhám có độ nhám 30 grit có thể được sử dụng, vì nó có địa hình bề mặt thích hợp hơn so với bê tông hoặc nhựa đường, và cỡ hạt và độ nhọn mà tạo ra mức hư hỏng mong muốn trên bề mặt mẫu.

Theo một khía cạnh, phương pháp 600 để tiến hành thử nghiệm IBoS sử dụng thiết bị 500 mô tả ở trên được thể hiện trong Fig. 9. Ở bước 610, mẫu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh (218 trên Fig. 6) được đặt trong giá thử nghiệm 510, đã được mô tả trên đây và được giữ trong kẹp mẫu 515 sao cho, khe không khí 516 được tạo ra giữa mẫu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 518 và tấm 514 với bề mặt nhám. Phương pháp 600 giả định rằng tấm 514 với bề mặt nhám đã được đặt trong giá thử nghiệm 510. Tuy nhiên,

theo một số phương án, phương pháp này có thể bao gồm việc đặt tấm 514 trong giá thử nghiệm 510 sao cho bề mặt với các mặt vật liệu nhám hướng lên. Theo một số phương án (bước 610a), băng dính 520 được đưa lên bề mặt trên của mẫu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 518 trước khi giữ mẫu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 518 nằm trong kẹp mẫu 510.

Trong bước 520, bi rần 530 có khối lượng và kích cỡ đã định được rơi từ độ cao đã định h lên bề mặt trên của mẫu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 518, sao cho bi 530 va chạm với bề mặt trên (hoặc băng dính 520 gắn vào bề mặt trên) ở gần tâm (tức là, cách tâm trong vòng 1 mm, hoặc trong vòng 3 mm, hoặc trong vòng 5 mm, hoặc trong vòng 10 mm) của bề mặt trên. Sau khi va chạm trong bước 520, mức độ hư hỏng của mẫu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 518 được xác định (bước 630). Như đã được mô tả trên đây, thuật ngữ “nứt rạn” có nghĩa là vết nứt rạn lan truyền qua toàn bộ chiều dày và/hoặc toàn bộ bề mặt của nền khi nền này bị thả rơi hoặc va chạm với một vật thể.

Trong phương pháp 600, tấm 518 với bề mặt nhám có thể được thay thế sau mỗi lần thả rơi để tránh các hiệu ứng "lão hóa" mà quan sát được khi dùng lặp đi lặp lại các bề mặt thử nghiệm thả rơi loại khác (ví dụ, bê tông hoặc nhựa đường).

Các độ cao thả rơi đã định h khác nhau và gia số thường được sử dụng trong phương pháp 600. Thử nghiệm này có thể, ví dụ, sử dụng độ cao thả rơi tối thiểu để bắt đầu (ví dụ, khoảng 10-20 cm). Sau đó độ cao này có thể được tăng lên trong các lần rơi liên tục với lượng tăng cố định hoặc thay đổi. Thử nghiệm được mô tả trong phương pháp 600 được dừng lại khi mẫu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 518 vỡ hoặc nứt rạn (bước 631). Theo cách khác, nếu độ cao thả rơi h đạt đến độ cao thả rơi tối đa (ví dụ, khoảng 100 cm) mà không có sự nứt gãy, thì thử nghiệm thả rơi theo phương pháp 300 cũng có thể được dừng lại, hoặc bước 520 có thể được lặp lại ở độ cao tối đa cho đến khi sự nứt rạn xảy ra.

Theo một số phương án, thử nghiệm IBoS của phương pháp 600 được tiến hành chỉ một lần trên mỗi một mẫu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 518 tại mỗi một độ cao xác định trước h . Tuy nhiên, theo các phương án khác, mỗi một mẫu có thể được cho tiến hành nhiều thử nghiệm tại mỗi một độ cao.

Nếu sự rạn nứt của mẫu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 518 xuất hiện (bước 631 trên Fig. 9), thì thử nghiệm IBoS theo phương pháp 600 được kết thúc (bước 640).

Nếu không quan sát thấy sự nứt rạn khi thả rơi bi ở độ cao rơi đã định (bước 632), thì độ cao thả rơi được tăng lên với lượng tăng đã định (bước 634) – như, ví dụ 5, 10, hoặc 20 cm – và các bước 620 và 630 được lặp lại cho đến khi quan sát thấy sự nứt rạn mẫu (631) hoặc khi đạt đến độ cao thử nghiệm tối đa (636) mà không có sự nứt rạn mẫu. Nếu đạt đến bước 631 hoặc bước 636 thì thử nghiệm theo phương pháp 600 được kết thúc.

Khi được cho tiến hành thử nghiệm thử nghiệm bi ngược trên giấy nhám (IBoS) mô tả ở trên, các phương án về vật phẩm trên cơ sở thủy tinh mô tả ở đây có tỷ lệ bền nguyên khoảng 60% hoặc cao hơn khi bi được thả rơi lên bề mặt của thủy tinh từ độ cao 100 cm. Ví dụ, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được mô tả là có tỷ lệ bền nguyên 60% khi được thả rơi từ độ cao nhất định khi 3 trong số 5 mẫu giống nhau (hoặc gần giống nhau) (tức là, có thành phần gần như nhau và, khi được gia cường, gần như có cùng ứng suất nén và độ sâu nén hoặc lớp ứng suất nén, như được mô tả ở đây) tồn tại sau thử nghiệm thả rơi IBoS mà không bị rạn nứt khi được thả rơi từ độ cao đã định (ở đây là 100 cm). Theo các phương án khác, tỷ lệ bền nguyên trong thử nghiệm IBoS độ cao 100 cm của các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh mà được gia cường là khoảng 70% hoặc cao hơn, theo các phương án khác, khoảng 80% hoặc cao hơn, và theo các phương án khác nữa, khoảng 90% hoặc cao hơn. Theo các phương án khác, tỷ lệ bền nguyên của các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gia cường được rơi từ độ cao 100 cm trong thử nghiệm IBoS là khoảng 60% hoặc cao hơn, theo các phương án khác, khoảng 70% hoặc cao hơn, theo các phương án khác nữa, khoảng 80% hoặc cao hơn, và, theo các phương án khác, khoảng 90% hoặc cao hơn. Theo một hoặc nhiều phương án, tỷ lệ bền nguyên của các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gia cường được rơi từ độ cao 150 cm trong thử nghiệm IBoS là khoảng 60% hoặc cao hơn, theo các phương án khác, khoảng 70% hoặc cao hơn, theo các phương án khác nữa, khoảng 80% hoặc cao hơn, và theo các phương án khác, khoảng 90% hoặc cao hơn.

Để xác định tỷ lệ bền nguyên của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh khi được thả rơi từ độ cao đã định bằng cách sử dụng phương pháp và thiết bị thử nghiệm IBoS nêu trên, ít nhất năm mẫu giống nhau (hoặc gần giống nhau) (tức là, có thành phần gần như nhau và, nếu được gia cường, ứng suất nén và độ sâu của lớp chịu nén hoặc lớp ứng suất nén là gần như nhau) của các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, được đem thử nghiệm, mặc dù số lượng mẫu lớn hơn (ví dụ, 10, 20, 30, v.v.) có thể được đem thử

nghiệm để tăng mức tin cậy của kết quả thử nghiệm. Mỗi một mẫu được thả rơi một lần từ độ cao xác định trước (ví dụ, 100 cm hoặc 150 cm) hoặc, theo cách khác, được thả rơi từ các độ cao tăng dần mà không có sự nứt rạn cho đến khi đạt đến độ cao xác định trước, và được kiểm tra bằng cách nhìn (tức là, bằng mắt thường) về dấu hiệu nứt rạn (hình thành và lan truyền vết nứt qua toàn bộ chiều độ dày và/hoặc toàn bộ bề mặt của mẫu). Mẫu được cho là “bền nguyên” trong thử nghiệm thả rơi nếu không quan sát thấy có sự nứt rạn sau khi được thả rơi từ độ cao định trước, và mẫu được xem là bị “hư hỏng (hoặc “không bền nguyên”) nếu quan sát thấy sự nứt rạn khi mẫu được thả rơi từ độ cao nhỏ hơn hoặc bằng độ cao định trước. Tỷ lệ bền nguyên được xác định là tỷ lệ phần trăm của tập hợp mẫu mà còn bền nguyên sau thử nghiệm rơi. Ví dụ, nếu 7 mẫu trong nhóm 10 mẫu không nứt rạn khi rơi từ độ cao đã định thì tỷ lệ bền nguyên của thủy tinh sẽ là 70%.

Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được mô tả ở đây có thể là trong suốt. Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có độ dày khoảng 1 milimet hoặc nhỏ hơn và có độ truyền là khoảng 88% hoặc lớn hơn đối với ánh sáng có bước sóng nằm trong phạm vi từ khoảng 380 nm đến khoảng 780 nm.

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể còn thể hiện màu sắc gần như màu trắng. Ví dụ, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể thể hiện các tọa độ không gian màu CIELAB, dưới nguồn sáng CIE F02, của các giá trị L^* khoảng 88 và lớn hơn, các giá trị a^* nằm trong phạm vi từ khoảng -3 đến khoảng +3, và các giá trị b^* nằm trong phạm vi từ khoảng -6 đến khoảng +6.

Việc lựa chọn nên không bị giới hạn cụ thể. Theo một số ví dụ, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được mô tả là có độ khuếch tán cation cao đối với việc trao đổi ion. Theo một hoặc nhiều phương án, thủy tinh hoặc gốm thủy tinh có khả năng trao đổi ion nhanh, tức là, ở đó độ khuếch tán lớn hơn $500\mu\text{m}^2/\text{giờ}$ hoặc có thể được đặc trưng là lớn hơn $450\mu\text{m}^2/\text{giờ}$ ở nhiệt độ 460°C . Theo một hoặc nhiều phương án, thủy tinh hoặc gốm thủy tinh thể hiện độ khuếch tán ion natri vào khoảng $450\mu\text{m}^2/\text{giờ}$ hoặc lớn hơn ở nhiệt độ 460°C hoặc vào khoảng $500\mu\text{m}^2/\text{giờ}$ hoặc lớn hơn ở nhiệt độ 460°C . Theo một hoặc nhiều phương án, thủy tinh hoặc gốm thủy tinh thể hiện độ khuếch tán ion kali vào khoảng $450\mu\text{m}^2/\text{giờ}$ hoặc lớn hơn ở nhiệt độ 460°C hoặc khoảng $500\mu\text{m}^2/\text{giờ}$ hoặc lớn hơn ở nhiệt độ 460°C .

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể bao gồm nền vô định hình, nền tinh thể hoặc kết hợp các loại này (ví dụ, nền gốm thủy tinh). Theo một hoặc nhiều phương án, nền vật phẩm trên cơ sở thủy tinh (trước khi được gia cường hóa học như được mô tả ở đây) có thể bao gồm thành phần thủy tinh, tính theo % mol (% mol), bao gồm:

SiO_2 nằm trong phạm vi từ khoảng 40 đến khoảng 80, Al_2O_3 nằm trong phạm vi từ khoảng 10 đến khoảng 30, B_2O_3 nằm trong phạm vi từ khoảng 0 đến khoảng 10, R_2O nằm trong phạm vi từ khoảng 0 đến khoảng 20, và RO nằm trong phạm vi từ khoảng 0 đến khoảng 15. Như được sử dụng ở đây, R_2O để chỉ tổng lượng của oxit kim loại kiềm như Li_2O , Na_2O , K_2O , Rb_2O , và Cs_2O . Như được sử dụng ở đây, RO để chỉ tổng lượng các oxit kim loại kiềm thổ như MgO , CaO , SrO , BaO , ZnO và tương tự. Trong một số trường hợp, thành phần có thể bao gồm một hoặc cả ZrO_2 trong phạm vi từ khoảng 0% mol đến khoảng 5% mol và P_2O_5 trong phạm vi từ khoảng 0 đến khoảng 15% mol. TiO_2 có thể có mặt từ khoảng 0% mol đến khoảng 2% mol.

Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm SiO_2 với lượng, tính theo % mol, nằm trong phạm vi từ khoảng 45 đến khoảng 80, từ khoảng 45 đến khoảng 75, từ khoảng 45 đến khoảng 70, từ khoảng 45 đến khoảng 65, từ khoảng 45 đến khoảng 60, từ khoảng 45 đến khoảng 65, từ khoảng 45 đến khoảng 65, từ khoảng 50 đến khoảng 70, từ khoảng 55 đến khoảng 70, từ khoảng 60 đến khoảng 70, từ khoảng 70 đến khoảng 75, từ khoảng 70 đến khoảng 72, từ khoảng 50 đến khoảng 65, hoặc từ khoảng 60 đến khoảng 65.

Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm Al_2O_3 với lượng, tính theo % mol, nằm trong phạm vi từ khoảng 5 đến khoảng 28, từ khoảng 5 đến khoảng 26, từ khoảng 5 đến khoảng 25, từ khoảng 5 đến khoảng 24, từ khoảng 5 đến khoảng 22, từ khoảng 5 đến khoảng 20, từ khoảng 6 đến khoảng 30, từ khoảng 8 đến khoảng 30, từ khoảng 10 đến khoảng 30, từ khoảng 12 đến khoảng 30, từ khoảng 14 đến khoảng 30, 15 đến khoảng 30, hoặc từ khoảng 12 đến khoảng 18.

Theo một hoặc nhiều phương án, chế phẩm thủy tinh có thể chứa B_2O_3 với lượng, tính theo % mol, nằm trong phạm vi từ khoảng 0 đến khoảng 8, từ khoảng 0 đến khoảng 6, từ khoảng 0 đến khoảng 4, từ khoảng 0,1 đến khoảng 8, từ khoảng 0,1 đến khoảng 6, từ khoảng 0,1 đến khoảng 4, từ khoảng 1 đến khoảng 10, từ khoảng 2 đến khoảng 10, từ khoảng 4 đến khoảng 10, từ khoảng 2 đến khoảng 8, từ khoảng 0,1

đến khoảng 5, hoặc từ khoảng 1 đến khoảng 3. Trong một số trường hợp, chế phẩm thủy tinh hầu như là không chứa B_2O_3 . Như được sử dụng ở đây, cụm từ "hầu như là không chứa" liên quan đến các thành phần của chế phẩm có nghĩa là thành phần này không được bổ sung một cách chủ động hoặc bổ sung theo dự tính vào chế phẩm trong quá trình vận hành ban đầu, nhưng có thể có mặt dưới dạng tạp chất với lượng dưới 0,001 %mol.

Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể chứa một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm thổ, như MgO, CaO và ZnO. Theo một số phương án, tổng lượng của một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm thổ có thể là lượng khác 0 lên đến khoảng 15% mol. Theo một hoặc nhiều phương án cụ thể, tổng lượng của oxit kim loại kiềm thổ bất kỳ có thể là lượng khác 0 lên đến khoảng 14% mol, lên đến khoảng 12% mol, lên đến khoảng 10% mol, lên đến khoảng 8% mol, lên đến khoảng 6% mol, lên đến khoảng 4% mol, lên đến khoảng 2% mol, hoặc lên đến khoảng 1,5% mol. Theo một số phương án, tổng lượng, tính theo % mol, của một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm thổ có thể nằm trong phạm vi từ khoảng 0,01 đến 10, từ khoảng 0,01 đến 8, từ khoảng 0,01 đến 6, từ khoảng 0,01 đến 5, từ khoảng 0,05 đến 10, từ khoảng 0,05 đến 2, hoặc từ khoảng 0,05 đến 1. Lượng của MgO có thể nằm trong phạm vi từ khoảng 0% mol đến khoảng 5% mol (ví dụ, từ khoảng 0,001 đến khoảng 1, từ khoảng 0,01 đến khoảng 2, hoặc từ khoảng 2% mol đến khoảng 4% mol). Lượng của ZnO có thể nằm trong phạm vi từ khoảng 0 đến khoảng 2% mol (ví dụ, từ khoảng 1% mol đến khoảng 2% mol). Lượng CaO có thể nằm trong phạm vi từ khoảng 0% mol đến khoảng 2% mol. Theo một hoặc nhiều phương án, chế phẩm thủy tinh có thể chứa MgO và có thể hầu như không chứa CaO và ZnO. Theo một biến thể, chế phẩm thủy tinh có thể chứa oxit bất kỳ trong số CaO hoặc ZnO và có thể hầu như không chứa các oxit khác còn lại trong số MgO, CaO và ZnO. Theo một hoặc nhiều phương án cụ thể, chế phẩm thủy tinh có thể chứa chỉ hai trong số các oxit kim loại kiềm thổ trong số MgO, CaO và ZnO và có thể là hầu như không chứa oxit thứ ba trong số các oxit kim loại kiềm thổ này.

Tổng lượng, tính theo % mol, của các oxit kim loại kiềm R_2O trong chế phẩm thủy tinh có thể nằm trong phạm vi từ khoảng 5 đến khoảng 20, từ khoảng 5 đến khoảng 18, từ khoảng 5 đến khoảng 16, từ khoảng 5 đến khoảng 15, từ khoảng 5 đến khoảng 14, từ khoảng 5 đến khoảng 12, từ khoảng 5 đến khoảng 10, từ khoảng 5 đến khoảng 8, từ khoảng 5 đến khoảng 20, từ khoảng 6 đến khoảng 20, từ khoảng 7 đến

khoảng 20, từ khoảng 8 đến khoảng 20, từ khoảng 9 đến khoảng 20, từ khoảng 10 đến khoảng 20, từ khoảng 11 đến khoảng 20, từ khoảng 12 đến khoảng 18, hoặc từ khoảng 14 đến khoảng 18.

Theo một hoặc nhiều phương án, chế phẩm thủy tinh bao gồm Na_2O với lượng nằm trong phạm vi từ khoảng 0% mol đến khoảng 18% mol, từ khoảng 0% mol đến khoảng 16% mol hoặc từ khoảng 0% mol đến khoảng 14% mol, từ khoảng 0% mol đến khoảng 12% mol, từ khoảng 2% mol đến khoảng 18% mol, từ khoảng 4% mol đến khoảng 18% mol, từ khoảng 6% mol đến khoảng 18% mol, từ khoảng 8% mol đến khoảng 18% mol, từ khoảng 8% mol đến khoảng 14 mol%, từ khoảng 8% mol đến khoảng 12% mol, hoặc từ khoảng 10% mol đến khoảng 12% mol. Theo một số phương án, chế phẩm có thể bao gồm Na_2O với lượng khoảng 4% mol hoặc cao hơn.

Theo một số phương án, lượng Li_2O và Na_2O được kiểm soát đến lượng hoặc tỷ lệ cụ thể để cân bằng khả năng tạo hình và khả năng trao đổi ion. Ví dụ, vì lượng Li_2O gia tăng nên độ nhớt đường lỏng có thể được giảm đi, do đó ngăn chặn sử dụng một số phương pháp tạo hình; tuy nhiên, các chế phẩm thủy tinh này lại được trao đổi ion đến mức DOC sâu hơn, như được mô tả ở đây. Lượng Na_2O có thể biến đổi độ nhớt đường lỏng nhưng cũng có thể ức chế sự trao đổi ion đến mức DOC sâu hơn.

Theo một hoặc nhiều phương án, chế phẩm thủy tinh có thể chứa K_2O với lượng nhỏ hơn khoảng 5% mol, nhỏ hơn khoảng 4% mol, nhỏ hơn khoảng 3% mol, nhỏ hơn khoảng 2% mol, hoặc nhỏ hơn khoảng 1% mol. Theo một hoặc nhiều phương án khác, chế phẩm thủy tinh có thể hầu như không chứa, như được định nghĩa ở đây, K_2O .

Theo một hoặc nhiều phương án, chế phẩm thủy tinh có thể chứa Li_2O với lượng từ khoảng 0% mol đến khoảng 18% mol, từ khoảng 0% mol đến khoảng 15% mol hoặc từ khoảng 0% mol đến khoảng 10% mol, từ khoảng 0% mol đến khoảng 8% mol, từ khoảng 0% mol đến khoảng 6% mol, từ khoảng 0% mol đến khoảng 4% mol hoặc từ khoảng 0% mol đến khoảng 2% mol. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể chứa Li_2O với lượng từ khoảng 2% mol đến khoảng 10% mol, từ khoảng 4% mol đến khoảng 10% mol, từ khoảng 6% mol đến khoảng 10 mol, hoặc từ khoảng 5% mol đến khoảng 8% mol. Theo một hoặc nhiều phương án khác, chế phẩm thủy tinh có thể hầu như không chứa, như được định nghĩa ở đây, Li_2O .

Theo một hoặc nhiều phương án, chế phẩm thủy tinh có thể chứa Fe_2O_3 . Theo các phương án này, Fe_2O_3 có thể có mặt với lượng nhỏ hơn khoảng 1% mol, nhỏ hơn khoảng 0,9% mol, nhỏ hơn khoảng 0,8% mol, nhỏ hơn khoảng 0,7% mol, nhỏ hơn khoảng 0,6% mol, nhỏ hơn khoảng 0,5% mol, nhỏ hơn khoảng 0,4% mol, nhỏ hơn khoảng 0,3% mol, nhỏ hơn khoảng 0,2% mol, nhỏ hơn khoảng 0,1% mol và tất cả các khoảng này và các khoảng con nằm giữa chúng. Theo một hoặc nhiều phương án khác, chế phẩm thủy tinh có thể hầu như không chứa, như được định nghĩa ở đây, Fe_2O_3 .

Theo một hoặc nhiều phương án, chế phẩm thủy tinh có thể chứa ZrO_2 . Theo các phương án này, ZrO_2 có thể có mặt với lượng nhỏ hơn khoảng 1% mol, nhỏ hơn khoảng 0,9% mol, nhỏ hơn khoảng 0,8% mol, nhỏ hơn khoảng 0,7% mol, nhỏ hơn khoảng 0,6% mol, nhỏ hơn khoảng 0,5% mol, nhỏ hơn khoảng 0,4% mol, nhỏ hơn khoảng 0,3% mol, nhỏ hơn khoảng 0,2% mol, nhỏ hơn khoảng 0,1% mol và tất cả các khoảng này và các khoảng con nằm giữa chúng. Theo một hoặc nhiều phương án khác, chế phẩm thủy tinh có thể hầu như không chứa, như được định nghĩa ở đây, ZrO_2 .

Theo một hoặc nhiều phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm P_2O_5 nằm trong phạm vi từ khoảng 0% mol đến khoảng 10% mol, từ khoảng 0% mol đến khoảng 8% mol, từ khoảng 0% mol đến khoảng 6% mol, từ khoảng 0% mol đến khoảng 4% mol, từ khoảng 0,1% mol đến khoảng 10% mol, từ khoảng 0,1% mol đến khoảng 8% mol, từ khoảng 2% mol đến khoảng 8% mol, từ khoảng 2% mol đến khoảng 6% mol hoặc từ khoảng 2% mol đến khoảng 4% mol. Trong một số trường hợp, chế phẩm thủy tinh hầu như là không chứa P_2O_5 .

Theo một hoặc nhiều phương án, chế phẩm thủy tinh có thể chứa TiO_2 . Theo các phương án này, TiO_2 có thể có mặt với lượng nhỏ hơn khoảng 6% mol, nhỏ hơn khoảng 4% mol, nhỏ hơn khoảng 2% mol, hoặc nhỏ hơn khoảng 1% mol. Theo một hoặc nhiều phương án khác, chế phẩm thủy tinh có thể hầu như không chứa, như được định nghĩa ở đây, TiO_2 . Theo một số phương án, TiO_2 có mặt với lượng nằm trong phạm vi từ khoảng 0,1% mol đến khoảng 6% mol, hoặc từ khoảng 0,1% mol đến khoảng 4% mol.

Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể có các mối quan hệ giữa các thành phần cấu tạo khác nhau. Ví dụ, chế phẩm thủy tinh có thể chứa tỷ lệ giữa lượng của Li_2O (tính theo % mol) trên tổng lượng của R_2O (tính theo % mol) nằm trong

phạm vi từ khoảng 0 đến khoảng 1, từ khoảng 0 đến khoảng 0,5, từ khoảng 0 đến khoảng 0,4, từ khoảng 0,1 đến khoảng 0,5, hoặc từ khoảng 0,2 đến khoảng 0,4.

Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể chứa hiệu số giữa tổng lượng của R_2O (tính theo % mol) trên lượng của Al_2O_3 (tính theo % mol) ($R_2O - Al_2O_3$) nằm trong phạm vi từ khoảng 0 đến khoảng 5 (ví dụ, từ khoảng 0 đến khoảng 4, từ khoảng 0 đến khoảng 3, từ khoảng 0,1 đến khoảng 4, từ khoảng 0,1 đến khoảng 3, từ khoảng 0,1 đến khoảng 2 hoặc từ khoảng 1 đến khoảng 2).

Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm độ chênh lệch giữa tổng lượng của R_xO (tính theo % mol) trên lượng của Al_2O_3 (tính theo % mol) ($R_xO - Al_2O_3$) nằm trong phạm vi từ khoảng 0 đến khoảng 5 (ví dụ, từ khoảng 0 đến khoảng 4, từ khoảng 0 đến khoảng 3, từ khoảng 0,1 đến khoảng 4, từ khoảng 0,1 đến khoảng 3, từ khoảng 1 đến khoảng 3, hoặc từ khoảng 2 đến khoảng 3). Như được sử dụng ở đây, R_xO bao gồm R_2O và RO , như được xác định ở đây.

Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm tỷ lệ giữa tổng lượng của R_2O (tính theo % mol) trên lượng của Al_2O_3 (tính theo % mol) (R_2O/Al_2O_3) nằm trong phạm vi từ khoảng 0 đến khoảng 5 (ví dụ, từ khoảng 0 đến khoảng 4, từ khoảng 0 đến khoảng 3, từ khoảng 1 đến khoảng 4, từ khoảng 1 đến khoảng 3, hoặc từ khoảng 1 đến khoảng 2).

Theo một hoặc nhiều phương án, chế phẩm thủy tinh bao gồm một lượng kết hợp của Al_2O_3 và Na_2O lớn hơn khoảng 15% mol (ví dụ, lớn hơn 18% mol, lớn hơn khoảng 20% mol, hoặc lớn hơn khoảng 23% mol). Lượng kết hợp của Al_2O_3 và Na_2O có thể lên tới và bao gồm khoảng 30% mol, khoảng 32% mol hoặc khoảng 35% mol.

Chế phẩm thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án có thể thể hiện tỷ lệ giữa lượng MgO (tính theo % mol) và tổng lượng RO (tính theo % mol) nằm trong phạm vi từ khoảng 0 đến khoảng 2.

Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể là hầu như không chứa chất tạo mầm. Ví dụ về chất tạo mầm điển hình là TiO_2 , ZrO_2 và các chất tương tự. Các chất tạo mầm có thể được mô tả về mặt chức năng trong đó các chất tạo mầm là các thành phần cấu tạo trong thủy tinh mà có thể khởi xướng sự tạo thành các mầm tinh thể trong thủy tinh.

Theo một số phương án, các thành phần cấu tạo sử dụng trong nền thủy tinh có thể được trộn với từ khoảng 0% mol đến khoảng 2% mol của ít nhất một chất làm trong được lựa chọn từ nhóm bao gồm Na_2SO_4 , NaCl , NaF , NaBr , K_2SO_4 , KCl , KF , KBr , và SnO_2 . Chế phẩm thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án có thể còn chứa SnO_2 với lượng nằm trong phạm vi từ khoảng 0 đến khoảng 2, từ khoảng 0 đến khoảng 1, từ khoảng 0,1 đến khoảng 2, từ khoảng 0,1 đến khoảng 1, hoặc từ khoảng 1 đến khoảng 2. Các chế phẩm thủy tinh được bộc lộ ở đây có thể hầu như không chứa As_2O_3 và/hoặc Sb_2O_3 .

Theo một hoặc nhiều phương án, chế phẩm cụ thể có thể bao gồm từ khoảng 62% mol đến 75 % mol SiO_2 ; từ khoảng 10,5% mol đến khoảng 17% mol Al_2O_3 ; từ khoảng 5% mol đến khoảng 13 % mol Li_2O ; từ khoảng 0% mol đến khoảng 4% mol ZnO ; từ khoảng 0% mol đến khoảng 8 % mol MgO ; từ khoảng 2% mol đến khoảng 5 % mol TiO_2 ; từ khoảng 0% mol đến khoảng 4% mol B_2O_3 ; từ khoảng 0% mol đến khoảng 5% mol Na_2O ; từ khoảng 0% mol đến khoảng 4 % mol K_2O ; từ khoảng 0% mol đến khoảng 2 % mol ZrO_2 ; từ khoảng 0% mol đến khoảng 7% mol P_2O_5 ; từ khoảng 0% mol đến khoảng 0,3% mol Fe_2O_3 ; từ khoảng 0% mol đến khoảng 2% mol MnOx ; và từ khoảng 0,05% mol đến khoảng 0,2% mol SnO_2 .

Theo một hoặc nhiều phương án, chế phẩm có thể bao gồm từ khoảng 67% mol đến khoảng 74 % mol SiO_2 ; từ khoảng 11% mol đến khoảng 15 % mol Al_2O_3 ; từ khoảng 5,5% mol đến khoảng 9 % mol Li_2O ; từ khoảng 0,5% mol đến khoảng 2 % mol ZnO ; từ khoảng 2% mol đến khoảng 4,5% mol MgO ; từ khoảng 3% mol đến khoảng 4,5 % mol TiO_2 ; từ khoảng 0% mol đến khoảng 2,2% mol B_2O_3 ; từ khoảng 0% mol đến khoảng 1 % mol Na_2O ; từ khoảng 0% mol đến khoảng 1% mol K_2O ; từ khoảng 0% mol đến khoảng 1 % mol ZrO_2 ; từ khoảng 0% mol đến khoảng 4 % mol P_2O_5 ; từ khoảng 0% mol đến khoảng 0,1% mol Fe_2O_3 ; từ khoảng 0% mol đến khoảng 1,5% mol MnOx ; và từ khoảng 0,08% mol đến khoảng 0,16 % mol SnO_2 .

Theo một hoặc nhiều phương án, chế phẩm có thể bao gồm từ khoảng 70% mol đến 75 % mol SiO_2 ; từ khoảng 10% mol đến khoảng 15% mol Al_2O_3 ; từ khoảng 5% mol đến khoảng 13 % mol Li_2O ; từ khoảng 0% mol đến khoảng 4% mol ZnO ; từ khoảng 0,1% mol đến khoảng 8 % mol MgO ; từ khoảng 0% mol đến khoảng 5 % mol TiO_2 ; từ khoảng 0,1% mol đến khoảng 4% mol B_2O_3 ; từ khoảng 0,1% mol đến khoảng 5% mol Na_2O ; từ khoảng 0% mol đến khoảng 4 % mol K_2O ; từ khoảng 0% mol đến

khoảng 2 % mol ZrO_2 ; từ khoảng 0% mol đến khoảng 7% mol P_2O_5 ; từ khoảng 0% mol đến khoảng 0,3% mol Fe_2O_3 ; từ khoảng 0% mol đến khoảng 2% mol MnOx ; và từ khoảng 0,05% mol đến khoảng 0,2% mol SnO_2 .

Theo một hoặc nhiều phương án, chế phẩm có thể bao gồm từ khoảng 52% mol đến khoảng 65% mol SiO_2 ; từ khoảng 14% mol đến khoảng 18 % mol Al_2O_3 ; từ khoảng 5,5% mol đến khoảng 7 % mol Li_2O ; từ khoảng 1% mol đến khoảng 2 % mol ZnO ; từ khoảng 0,01% mol đến khoảng 2% mol MgO ; từ khoảng 4% mol đến khoảng 12 % mol Na_2O ; từ khoảng 0,1% mol đến khoảng 4 % mol P_2O_5 ; và từ khoảng 0,01% mol đến khoảng 0,16 % mol SnO_2 . Theo một số phương án, chế phẩm có thể hầu như không chứa một hoặc nhiều chất bất kỳ trong số B_2O_3 , TiO_2 , K_2O và ZrO_2 .

Theo một hoặc nhiều phương án, chế phẩm có thể bao gồm 0,5% mol hoặc cao hơn của P_2O_5 , Na_2O và, một cách tùy ý, Li_2O , trong đó $\text{Li}_2\text{O}(\% \text{ mol})/\text{Na}_2\text{O}(\% \text{ mol}) < 1$. Ngoài ra, các chế phẩm này có thể hầu như không chứa B_2O_3 và K_2O . Theo một số phương án, chế phẩm này có thể bao gồm ZnO , MgO , và SnO_2 .

Theo một số phương án, chế phẩm có thể bao gồm: từ khoảng 58% mol đến khoảng 65% mol SiO_2 ; từ khoảng 11% mol đến khoảng 19% mol Al_2O_3 ; từ khoảng 0,5% mol đến khoảng 3% mol P_2O_5 ; từ khoảng 6% mol đến khoảng 18% mol Na_2O ; từ 0% mol đến khoảng 6% mol MgO ; và từ 0% mol đến khoảng 6% mol ZnO . Theo một số phương án, chế phẩm có thể bao gồm từ khoảng 63% mol đến khoảng 65% mol SiO_2 ; từ 11% mol đến khoảng 17% mol Al_2O_3 ; từ khoảng 1% mol đến khoảng 3% mol P_2O_5 ; từ khoảng 9% mol đến khoảng 20% mol Na_2O ; từ 0% mol đến khoảng 6% mol MgO ; và từ 0% mol đến khoảng 6% mol ZnO .

Theo một số phương án, chế phẩm này có thể bao gồm tỷ lệ thành phần sau $\text{R}_2\text{O}(\% \text{ mol})/\text{Al}_2\text{O}_3(\% \text{ mol}) < 2$, trong đó $\text{R}_2\text{O} = \text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$. Theo một số phương án, $65 \% \text{ mol} < \text{SiO}_2(\% \text{ mol}) + \text{P}_2\text{O}_5(\% \text{ mol}) < 67\% \text{ mol}$. Theo các phương án nhất định, $\text{R}_2\text{O}(\% \text{ mol}) + \text{R}'\text{O}(\% \text{ mol}) - \text{Al}_2\text{O}_3(\% \text{ mol}) + \text{P}_2\text{O}_5(\% \text{ mol}) > -3\% \text{ mol}$, trong đó $\text{R}_2\text{O} = \text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ và $\text{R}'\text{O}$ là tổng lượng oxit kim loại hóa trị hai có trong chế phẩm.

Các chế phẩm minh họa khác của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh trước khi được gia cường hóa học, như được mô tả ở đây, được thể hiện trên bảng 1 A. Bảng 1B liệt kê các tính chất vật lý chọn lọc được xác định trong các ví dụ liệt kê trong bảng 1A. Các tính chất vật lý liệt kê trong bảng 1B bao gồm: tỷ trọng; CTE ở nhiệt độ thấp và nhiệt

độ cao; điểm biến dạng, điểm ủ và điểm hóa mềm; nhiệt độ 10^{11} poa, nhiệt độ 35 kP, nhiệt độ 200 kP, nhiệt độ đường lỏng, và nhiệt độ phân hóa ziricon; độ nhót phân hóa ziricon và độ nhót đường lỏng; tỷ lệ Poisson; mô đun Young; chỉ số khúc xạ và hệ số ứng suất quang. Theo một số phương án, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh và nền thủy tinh mô tả ở đây có CTE nhiệt độ cao thấp hơn hoặc tương đương 30 ppm/°C và/hoặc mô đun Young bằng 70 GPa hoặc cao hơn và, theo một số phương án, mô đun Young lên tới 80 GPa.

Bảng 1A: Các chế phẩm minh họa trước khi gia cường hóa học.

Thành phần (%mol)	Ví dụ 1	Ví dụ 2	Ví dụ 3	Ví dụ 4	Ví dụ 5	Ví dụ 6	Ví dụ 7
SiO ₂	63,77	64,03	63,67	63,91	64,16	63,21	63,50
Al ₂ O ₃	12,44	12,44	11,83	11,94	11,94	11,57	11,73
P ₂ O ₅	2,43	2,29	2,36	2,38	1,92	1,93	1,93
Li ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	16,80	16,81	16,88	16,78	16,80	17,63	16,85
ZnO	0,00	4,37	0,00	4,93	0,00	5,59	5,93
MgO	4,52	0,02	5,21	0,02	5,13	0,02	0,01
SnO ₂	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
R ₂ O/Al ₂ O ₃	1,35	1,35	1,43	1,41	1,41	1,52	1,44
Li ₂ O/Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(R ₂ O + RO) - Al ₂ O ₃ - P ₂ O ₅	6,45	6,46	7,89	7,40	8,07	9,74	9,14

Thành phần (%mol)	Ví dụ 8	Ví dụ 9	Ví dụ 10	Ví dụ 11	Ví dụ 12	Ví dụ 13	Ví dụ 14
SiO ₂	63,37	63,43	63,56	63,58	63,66	63,62	63,67
Al ₂ O ₃	11,72	12,49	12,63	12,59	12,91	12,85	12,89
P ₂ O ₅	2,00	2,32	2,46	2,46	2,43	2,45	2,47
Li ₂ O	0,00	0,00	1,42	2,87	0,00	1,42	2,92
Na ₂ O	16,84	17,16	15,45	14,04	16,89	15,48	13,92
ZnO	6,00	4,54	4,43	4,41	4,04	4,12	4,06
MgO	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
SnO ₂	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
R ₂ O/Al ₂ O ₃	1,44	1,37	1,34	1,34	1,31	1,31	1,31
Li ₂ O/Na ₂ O	0,00	0,00	0,09	0,20	0,00	0,09	0,21
(R ₂ O + RO) - Al ₂ O ₃ - P ₂ O ₅	9,14	6,90	6,22	6,29	5,62	5,72	5,57

Thành phần (%mol)	Ví dụ 15	Ví dụ 16	Ví dụ 17	Ví dụ 18	Ví dụ 19	Ví dụ 20	Ví dụ 21
SiO ₂	63,55	63,80	63,76	63,88	63,74	64,03	63,68
Al ₂ O ₃	12,92	12,90	12,95	13,48	13,37	13,26	13,19
P ₂ O ₅	2,35	2,34	2,37	2,31	2,34	2,29	2,46

Li ₂ O	0,00	1,47	2,94	0,00	1,48	2,94	0,00
Na ₂ O	17,97	16,36	14,85	17,20	15,96	14,37	16,84
ZnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,77
MgO	3,17	3,08	3,09	3,08	3,08	3,06	0,02
SnO ₂	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
R ₂ O/Al ₂ O ₃	1,39	1,38	1,37	1,28	1,30	1,31	1,28
Li ₂ O/Na ₂ O	0,00	0,09	0,20	0,00	0,09	0,20	0,00
(R ₂ O + RO) - Al ₂ O ₃ - P ₂ O ₅	5,87	5,67	5,56	4,48	4,81	4,83	4,98

Thành phần (%mol)	Ví dụ 22	Ví dụ 23	Ví dụ 24	Ví dụ 25	Ví dụ 26	Ví dụ 27	Ví dụ 28
SiO ₂	63,66	63,76	63,67	63,73	63,73	63,64	63,76
Al ₂ O ₃	14,15	15,31	13,87	14,82	12,93	16,62	16,59
P ₂ O ₅	2,47	2,44	2,47	2,43	2,48	2,47	2,47
Li ₂ O	1,49	2,98	1,50	2,96	0,00	2,52	4,91
Na ₂ O	15,31	13,79	15,36	13,93	16,83	14,68	12,20
ZnO	2,85	1,64	0,00	0,00	2,98	0,00	0,00
MgO	0,03	0,03	3,09	2,08	1,00	0,03	0,03
SnO ₂	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

R_2O/Al_2O_3	1,19	1,10	1,22	1,14	1,30	1,03	1,03
Li_2O/Na_2O	0,10	0,22	0,10	0,21	0,00	0,17	0,40
$(R_2O + RO) - Al_2O_3 - P_2O_5$	3,05	0,70	3,61	1,72	5,40	-1,86	-1,92

Thành phần (%mol)	Ví dụ 29	Ví dụ 30	Ví dụ 31	Ví dụ 32	Ví dụ 33	Ví dụ 34	Ví dụ 35
SiO_2	63,89	63,92	63,77	63,73	63,70	63,65	63,87
Al_2O_3	16,55	15,29	15,27	15,30	15,27	15,22	15,29
P_2O_5	2,47	2,24	2,31	2,39	2,40	2,48	2,37
Li_2O	7,27	3,46	2,98	4,02	4,46	4,96	5,39
Na_2O	9,74	13,46	13,99	12,91	12,51	11,99	11,44
ZnO	0,00	1,56	1,61	1,57	1,58	1,63	1,57
MgO	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
SnO_2	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04
R_2O/Al_2O_3	1,03	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,10
Li_2O/Na_2O	0,75	0,26	0,21	0,31	0,36	0,41	0,47
$(R_2O + RO) - Al_2O_3 - P_2O_5$	-1,98	0,97	1,01	0,84	0,90	0,91	0,76

Thành phần (%mol)	Ví dụ 36	Ví dụ 37	Ví dụ 38	Ví dụ 39	Ví dụ 40	Ví dụ 41	Ví dụ 42
SiO ₂	63,69	63,75	63,70	63,62	63,74	63,77	63,77
Al ₂ O ₃	15,26	15,30	15,27	15,23	15,27	15,27	15,33
P ₂ O ₅	2,45	2,42	2,45	2,46	2,47	2,46	2,44
Li ₂ O	2,96	2,98	3,94	3,98	4,93	4,93	2,91
Na ₂ O	13,50	13,46	12,54	12,57	11,49	11,50	13,94
ZnO	2,06	2,01	2,03	2,06	2,03	2,00	0,00
MgO	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	1,57
SnO ₂	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04
R ₂ O/Al ₂ O ₃	1,08	1,08	1,08	1,09	1,08	1,08	1,10
Li ₂ O/Na ₂ O	0,22	0,22	0,31	0,32	0,43	0,43	0,21
(R ₂ O + RO) - Al ₂ O ₃ - P ₂ O ₅	0,83	0,77	0,80	0,95	0,73	0,73	0,66

Thành phần (%mol)	Ví dụ 43	Ví dụ 44	Ví dụ 45	Ví dụ 46	Ví dụ 47	Ví dụ 48	Ví dụ 49
SiO ₂	63,69	63,81	63,65	63,71	63,62	63,65	63,62
Al ₂ O ₃	15,25	15,26	15,33	15,32	15,24	15,68	15,67
P ₂ O ₅	2,43	2,41	2,46	2,44	2,47	2,44	2,48

Li ₂ O	4,00	4,89	2,96	4,01	4,91	6,07	6,06
Na ₂ O	13,01	12,03	13,29	12,25	11,42	10,93	10,53
ZnO	0,00	0,00	2,24	2,20	2,27	1,17	1,57
MgO	1,57	1,56	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
SnO ₂	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05
R ₂ O/Al ₂ O ₃	1,12	1,11	1,06	1,06	1,07	1,08	1,06
Li ₂ O/Na ₂ O	0,31	0,41	0,22	0,33	0,43	0,56	0,58
(R ₂ O + RO) - Al ₂ O ₃ - P ₂ O ₅	0,90	0,81	0,73	0,73	0,91	0,08	0,04

Thành phần (%mol)	Ví dụ 50	Ví dụ 51	Ví dụ 52	Ví dụ 53	Ví dụ 54	Ví dụ 55	Ví dụ 56
SiO ₂	63,60	63,89	63,84	63,90	63,88	64,74	60,17
Al ₂ O ₃	15,65	16,09	16,47	16,87	16,97	15,25	18,58
P ₂ O ₅	2,46	2,42	2,43	2,43	2,42	0,98	1,90
Li ₂ O	6,13	6,80	7,84	8,75	9,78	5,28	5,16
Na ₂ O	10,29	9,97	8,96	7,99	6,88	12,09	12,58
ZnO	1,81	0,78	0,39	0,00	0,00	1,61	1,55
MgO	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
SnO ₂	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03

R_2O/Al_2O_3	1,05	1,04	1,02	0,99	0,98	1,14	0,96
Li_2O/Na_2O	0,60	0,68	0,87	1,10	1,42	0,44	0,41
$(R_2O + RO) - Al_2O_3 - P_2O_5$	0,14	-0,94	-1,68	-2,54	-2,70	2,78	-1,16

Thành phần (%mol)	Ví dụ 57	Ví dụ 58	Ví dụ 59	Ví dụ 60	Ví dụ 61	Ví dụ 62	Ví dụ 63	Ví dụ 64
SiO_2	58,32	63,3	63,3	63,3	63,3	63,3	63,3	63,46
Al_2O_3	18,95	15,25	15,65	16,2	15,1	15,425	15,7	15,71
P_2O_5	2,42	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,45
Li_2O	4,96	6	7	7,5	6	7	7,5	6,37
Na_2O	13,74	10,7	9,7	9,45	10,55	9,475	8,95	10,69
ZnO	1,56	1,2	0,8	0	2,5	2,25	2	1,15
MgO	0,02	1	1	1	0	0	0	0,06
SnO_2	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04
R_2O/Al_2O_3	0,99	1,10	1,07	1,05	1,10	1,07	1,05	1,09
Li_2O/Na_2O	0,36	0,56	0,72	0,79	0,57	0,74	0,84	0,6
$(R_2O + RO) - Al_2O_3 - P_2O_5$	-1,09	1,15	0,35	-0,75	1,45	0,80	0,25	-1,1

Bảng 1B: Các tính chất vật lý chọn lọc của thủy tinh được liệt kê trong bảng 1B.

	Ví dụ 1	Ví dụ 2	Ví dụ 3	Ví dụ 4	Ví dụ 5	Ví dụ 6	Ví dụ 7
Tỷ trọng (g/cm ³)	2,434	2,493	2,434	2,504	2,44	2,514	2,519
CTE nhiệt độ thấp 25-300°C (ppm/°C)	8,9	8,62	8,95	8,6	8,82	8,71	8,54
CTE nhiệt độ cao (ppm/°C)	17,67	19,1	17,16	21	18,12	20	20,11
Điểm biến dạng (°C)	630	591	612	580	605	580	589
Điểm ủ (°C)	683	641	662	628	651	629	639
Nhiệt độ 10 ¹¹ poa (°C)	770	725	748	710	734	711	721
Điểm hóa mềm (°C)	937	888	919	873	909	868	874
T ^{35 kP} (°C)				1167	1180	1158	1160
T ^{200 kP} (°C)				1070	1083	1061	1064
Nhiệt độ phân hóa zircon (°C)		1205		1220	1170	1185	1205
Độ nhót phân hóa zircon (P)				1,56 x10 ⁴	4,15 x10 ⁴	2,29 x10 ⁴	1,74 x10 ⁴

Nhiệt độ đường lòng (°C)		980		990	975	990	1000
Độ nhót đường lòng (P)				1,15 $\times 10^6$	2,17 $\times 10^6$	9,39 $\times 10^5$	7,92 $\times 10^5$
Tỷ lệ Poisson	0,200	0,211	0,206	0,214	0,204	0,209	0,211
Mô đun Young (GPa)	69,2	68,8	69,4	68,5	69,6	68,3	69,0
Chỉ số khúc xạ tại 589,3 nm	1,4976	1,5025	1,4981	1,5029	1,4992	1,5052	1,506
Hệ số ứng suất quang (nm/mm/MPa)	2,963	3,158	3,013	3,198	2,97	3,185	3,234

	Ví dụ 8	Ví dụ 9	Ví dụ 10	Ví dụ 11	Ví dụ 12	Ví dụ 13	Ví dụ 14
Tỷ trọng (g/cm ³)	2,516	2,501	2,498	2,493	2,493	2,492	2,486
CTE nhiệt độ thấp 25-300°C (ppm/°C)	8,35	8,67	8,87	8,49	8,65	8,71	8,49
CTE nhiệt độ cao (ppm/°C)	20,11	20,6	20,94		19,52	20,77	

Điểm biến dạng (°C)	590	589	591	584	600	579	588
Điểm ủ (°C)	641	639	640	628	652	620	630
Nhiệt độ 10^{11} poa (°C)	726	724	720	704	738	695	704
Điểm hóa mềm (°C)	888	890	865	857	900	867	860
T ^{35 kP} (°C)	1170	1176	1159	1139	1197	1169	
T ^{200 kP} (°C)	1073	1080	1061	1041	1099	1070	
Nhiệt độ phân hóa zircon (°C)	1195	1195	1210	1225	1195	1195	1220
Độ nhót phân hóa zircon (P)	2,33 x10 ⁴	2,58 x10 ⁴	1,60 x10 ⁴	9,94 x10 ³	3,63 x10 ⁴	2,35 x10 ⁴	
Nhiệt độ đường lỏng (°C)	1005	990	990	980	990	980	980
Độ nhót đường lỏng (P)	8,69 x10 ⁴	1,48E+06	9,02E+05	7,10E+05	2,19E+06	1,33E+06	
Tỷ lệ Poisson	0,211	0,205	0,208	0,209	0,209	0,210	0,217
Mô đun Young (GPa)	69,0	68,7	71,4	73,5	68,4	71,6	74,0
Chỉ số khúc xạ tại 589,3	1,506	1,5036	1,505	1,5063	1,5026	1,5041	1,5052

nm							
Hệ số ứng suất quang (nm/mm/MPa)	3,234	3,194	3,157	3,131	3,18	3,156	3,131

	Ví dụ 15	Ví dụ 16	Ví dụ 17	Ví dụ 18	Ví dụ 19	Ví dụ 20	Ví dụ 21
Tỷ trọng (g/cm ³)	2,433	2,429	2,426	2,431	2,428	2,433	2,486
CTE nhiệt độ thấp 25-300°C (ppm/°C)	9,15	9,16	8,83	8,97	8,97	8,79	8,45
CTE nhiệt độ cao (ppm/°C)	20	20	21	17,3	20		
Điểm biến dạng (°C)	615	606	599	633	616	611	602
Điểm ủ (°C)	662	659	653	684	670	665	653
Nhiệt độ 10 ¹¹ poa (°C)	747	745	741	771	758	751	739
Điểm hóa mềm (°C)	935	903	901	943	918	905	910
T ^{35 kP} (°C)	1182	1166	1152	1221	1185	1167	1207
T ^{200 kP} (°C)	1083	1066	1051	1122	1084	1066	1108

Nhiệt độ phân hóa zircon (°C)							
Độ nhót phân hóa zircon (P)							
Nhiệt độ đường lỏng (°C)							
Độ nhót đường lỏng (P)							
Tỷ lệ Poisson	0,203	0,207	0,205	0,209	0,199		0,207
Mô đun Young (GPa)	68,9	71,2	72,7	69,4	70,9		68,1
Chỉ số khúc xạ tại 589,3 nm	1,4964	1,4981	1,4991	1,4965	1,4984	1,5006	1,5019
Hệ số ứng suất quang (nm/mm/MPa)	2,994	3,022	2,982	2,979	2,99	0	3,173

	Ví dụ 22	Ví dụ 23	Ví dụ 24	Ví dụ 25	Ví dụ 26	Ví dụ 27	Ví dụ 28
Tỷ trọng (g/cm ³)	2,468	2,448	2,434	2,428	2,47	2,419	2,414
CTE nhiệt độ thấp 25-300°C (ppm/°C)	8,6	8,23	8,91	8,25	8,66	8,52	8,17
CTE nhiệt độ cao (ppm/°C)	19,52		19,49				19,47
Điểm biến dạng (°C)	596	595	638	616	608	640	620
Điểm ủ (°C)	644	649	695	656	654	700	677
Nhiệt độ 10 ¹¹ poa (°C)	728	741	785	732	736	798	771
Điểm hóa mềm (°C)	905	922	941	925	911	978	946
T ^{35 kP} (°C)	1217	1227	1209	1215	1209	1283	1249
T ^{200 kP} (°C)	1115	1125	1109	1115	1107	1184	1150
Nhiệt độ phân hóa ziricon (°C)	1185	1185	1180	1185			1185

Độ nhót phân hóa zircon (P)	5,86E+0 4	6,91E+0 4	5,59E+0 4	5,72E+0 4			1,05E+0 5
Nhiệt độ đường lỏng (°C)	975	980	1080	1025			940
Độ nhót đường lỏng (P)	4,14E+0 6	4,52E+0 6	3,56E+0 5	1,27E+0 6			2,92E+0 7
Tỷ lệ Poisson	0,210		0,204	0,210	0,212		0,213
Mô đun Young (GPa)	71,4		71,6	73,5	68,8		76,9
Chỉ số khúc xạ tại 589,3 nm	1,502	1,5025	1,4996	1,5008	1,500 6	1,498 7	1,5014
Hệ số ứng suất quang (nm/mm/MP a)	3,123	3,03	3,001	3,021	3,148	3,039	3,015

	Ví dụ 29	Ví dụ 30	Ví dụ 31	Ví dụ 32	Ví dụ 33	Ví dụ 34	Ví dụ 35
Tỷ trọng (g/cm ³)	2,408	2,446	2,448	2,446	2,445	2,443	2,442
CTE nhiệt độ thấp 25-300°C (ppm/°C)	7,86	8,29	8,38	8,17	8,14	8,04	7,97
CTE nhiệt độ cao (ppm/°C)	18,57					19,71	
Điểm biến dạng (°C)	610	591	595	585	580	574	577
Điểm ủ (°C)	665	645	649	638	633	627	629
Nhiệt độ 10 ¹¹ poa (°C)	755	736	740	726	722	717	717
Điểm hóa mềm (°C)	924	915	919	894	894	895	890
T ^{35 kP} (°C)	1216	1223	1227	1216	1210	1203	1196
T ^{200 kP} (°C)	1120	1122	1126	1114	1108	1102	1095
Nhiệt độ phân hóa ziricon (°C)	1210	1175	1180	1190	1195	1210	1205

Độ nhót phân hóa zircon (P)	3,86E+ 04	7,72E+ 04	7,55E+ 04	5,29E+ 04	4,43E+ 04	3,14E+ 04	3,04E+ 04
Nhiệt độ đường lỏng (°C)	1080	990	975	975	975	975	980
Độ nhót đường lỏng (P)	4,55E+ 05	3,28E+ 06	5,43E+ 06	3,80E+ 06	3,33E+ 06	3,02E+ 06	2,29E+ 06
Tỷ lệ Poisson	0,211	0,206	0,202	0,21	0,204	0,204	0,203
Mô đun Young (GPa)	75,0	73,91	73,02	74,60	74,67	75,15	75,43
Chỉ số khúc xạ tại 589,3 nm	1,5053	1,503	1,5025	1,5035	1,5041	1,5046	1,5053
Hệ số ứng suất quang (nm/mm/MP a)	3,002	3,074	3,083	3,071	3,059	3,016	3,053

	Ví dụ 29	Ví dụ 30	Ví dụ 31	Ví dụ 32	Ví dụ 33	Ví dụ 34	Ví dụ 35
Tỷ trọng (g/cm ³)	2,408	2,446	2,448	2,446	2,445	2,443	2,442
CTE nhiệt độ thấp 25-300°C (ppm/°C)	7,86	8,29	8,38	8,17	8,14	8,04	7,97
CTE nhiệt độ cao (ppm/°C)	18,57					19,71	
Điểm biến dạng (°C)	610	591	595	585	580	574	577
Điểm ủ (°C)	665	645	649	638	633	627	629
Nhiệt độ 10 ¹¹ poa (°C)	755	736	740	726	722	717	717
Điểm hóa mềm (°C)	924	915	919	894	894	895	890
T ^{35 kP} (°C)	1216	1223	1227	1216	1210	1203	1196
T ^{200 kP} (°C)	1120	1122	1126	1114	1108	1102	1095
Nhiệt độ phân hóa ziricon (°C)	1210	1175	1180	1190	1195	1210	1205

Độ nhót phân hóa zircon (P)	3,86E+ 04	7,72E+ 04	7,55E+ 04	5,29E+ 04	4,43E+ 04	3,14E+ 04	3,04E+ 04
Nhiệt độ đường lỏng (°C)	1080	990	975	975	975	975	980
Độ nhót đường lỏng (P)	4,55E+ 05	3,28E+ 06	5,43E+ 06	3,80E+ 06	3,33E+ 06	3,02E+ 06	2,29E+ 06
Tỷ lệ Poisson	0,211	0,206	0,202	0,21	0,204	0,204	0,203
Mô đun Young (GPa)	75,0	73,91	73,02	74,60	74,67	75,15	75,43
Chỉ số khúc xạ tại 589,3 nm	1,5053	1,503	1,5025	1,5035	1,5041	1,5046	1,5053
Hệ số ứng suất quang (nm/mm/MP a)	3,002	3,074	3,083	3,071	3,059	3,016	3,053

	Ví dụ 36	Ví dụ 37	Ví dụ 38	Ví dụ 39	Ví dụ 40	Ví dụ 41	Ví dụ 42
Tỷ trọng (g/cm ³)	2,453	2,453	2,452	2,451	2,449	2,449	2,425
CTE nhiệt độ thấp 25-300°C (ppm/°C)	8,17	8,14	7,97	8,01	7,79	7,9	8,54
CTE nhiệt độ cao (ppm/°C)					20,56		
Điểm biến dạng (°C)	595	595	584	587	578	584	617
Điểm ủ (°C)	649	649	638	640	630	637	663
Nhiệt độ 10 ¹¹ poa (°C)	740	741	729	730	718	726	746
Điểm hóa mềm (°C)	918	921	905	907	894	901	929
T ^{35 kP} (°C)	1229	1232	1212	1219	1200	1204	1232
T ^{200 kP} (°C)	1128	1131	1111	1118	1100	1103	1132
Nhiệt độ phân hóa zircon (°C)	1185		1200		1210		
Độ nhót phân hóa zircon (P)	7,20E+04		4,26E+04		3,00E+04		

Nhiệt độ đường lỏng (°C)	995		990		965		
Độ nhớt đường lỏng (P)	3,33E+06		2,51E+06		3,71E+06		
Tỷ lệ Poisson	0,208		0,206		0,206		
Mô đun Young (GPa)	73,70		74,67		75,50		
Chỉ số khúc xạ tại 589,3 nm	1,5032		1,5042		1,5054		1,5005
Hệ số ứng suất quang (nm/mm/MPa)	3,093		3,071		3,072		3,033

	Ví dụ 43	Ví dụ 44	Ví dụ 45	Ví dụ 46	Ví dụ 47	Ví dụ 48	Ví dụ 49	Ví dụ 50
Tỷ trọng (g/cm ³)	2,424	2,422	2,455	2,454	2,454	2,434	2,439	2,443
Hệ số giãn nở nhiệt nhiệt độ thấp 25 -300 °C (ppm/°C)	8,48	8,34	8,03	7,88	7,76	7,87	7,71	7,63

Hệ số giãn nở nhiệt nhiệt độ cao (ppm/°C)								
Nhiệt độ điểm biến dạng (°C)	614	594	595	586	579	580	581	579
Nhiệt độ điểm ủ (°C)	659	640	649	639	630	633	633	632
Nhiệt độ 10 ¹¹ poa (°C)	739	722	740	729	718	722	721	721
Nhiệt độ điểm hóa mềm (°C)	912	899	918	909	898	892	893	895
Nhiệt độ 35 kP (°C)	1216	1204		1212	1200	1203	1203	1203
Nhiệt độ 200 kP (°C)	1116	1102		1113	1099	1105	1102	1103
Nhiệt độ phân hóa zircon (°C)								
Độ nhót phân hóa zircon (P)								

Nhiệt độ đường lỏng (°C)			985		965	1005	1010	1030
Độ nhớt đường lỏng (P)					4.E+0 6	1,78E+0 6	1,34E+0 6	8,98E+0 5
Tỷ lệ Poisson						0,211	0,21	0,213
Mô đun Young (GPa)						76,32	76,60	76,81
Chỉ số khúc xạ tại 589,3 nm	1,501 4	1,502 6	1,503 6	1,504 7	1,506 1	1,505	1,5059	1,5064
Hệ số ứng suất quang (nm/mm/MP a)	2,965	2,981	3,082	3,057	3,063	3,025	3,004	3,046

	Ví dụ 51	Ví dụ 52	Ví dụ 53	Ví dụ 54	Ví dụ 55	Ví dụ 56	Ví dụ 57
Tỷ trọng (g/cm ³)	2,424	2,431	2,403	2,4	2,45	2,462	2,468

CTE nhiệt độ thấp 25-300°C (ppm/°C)	77,1	76,1	74,3	73,1	80,2	79,7	83,6
CTE nhiệt độ cao (ppm/°C)							
Điểm biến dạng (°C)	588	599	611	612	580	611	597
Điểm ủ (°C)	640	651	665	665	631	663	649
Nhiệt độ 10^{11} poa (°C)	728	738	753	752	718	750	735
Điểm hóa mềm (°C)	900,4	907,5	916	912,5	892,2	915,6	899,4
T ^{35 kP} (°C)	1204	1209	1209	1202	1206	1205	1184
T ^{200 kP} (°C)	1106	1113	1113	1106	1102	1111	1093
Nhiệt độ phân hóa zircon (°C)							
Độ nhót phân hóa zircon (P)							
Nhiệt độ đường lỏng (°C)	1060	1115	1160	1205			

Độ nhót đường lỏng (P)	5,11E+05	1,90E+05	8,18E+04	3,32E+04			
Tỷ lệ Poisson	0,211	0,212	0,208	0,214			
Mô đun Young (GPa)	77,01	78,05	77,57	78,74			
Chỉ số khúc xạ tại 589,3 nm	1,5054	1,5055	1,5059	1,5072			
Hệ số ứng suất quang (nm/mm/MPa)	3,011	2,98	2,982	2,964			

	Ví dụ 64
Tỷ trọng (g/cm ³)	2,428
CTE 25-300°C (ppm/°C)	7,8
Điểm biến dạng (°C)	571
Điểm ủ (°C)	622
Nhiệt độ 10 ¹¹ poa (°C)	

Điểm hóa mềm (°C)	881,4
$T^{35 \text{ kP}}$ (°C)	
$T^{200 \text{ kP}}$ (°C)	1645
Nhiệt độ phân hóa zircon (°C)	
Độ nhớt phân hóa zircon (P)	
Nhiệt độ đường lỏng (°C)	1000
Độ nhớt đường lỏng (P)	1524280
Tỷ lệ Poisson	0,211
Mô đun Young (GPa)	76,3
Chỉ số khúc xạ tại 589,3 nm	1,51
Hệ số ứng suất quang (nm/mm/MPa)	3,02

Nếu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa gồm thủy tinh thì các pha tinh thể có thể gồm β -spodumen, rutil, ganit hoặc các pha tinh thể đã biết khác và các kết hợp của chúng.

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể về cơ bản là phẳng, mặc dù các phương án khác có thể sử dụng nền cong hoặc nền được tạo hình hoặc điều khắc khác. Trong một số trường hợp, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có hình dạng 3D hoặc 2,5D. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể về cơ bản là trong về mặt quang học, trong suốt, và không tán xạ ánh sáng. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có hệ số khúc xạ nằm trong phạm vi từ khoảng 1,45 đến khoảng 1,55. Như được sử dụng ở đây, hệ số khúc xạ là tính cho bước sóng 550 nm.

Ngoài ra hoặc cách khác, độ dày của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể là không đổi dọc theo một hoặc nhiều chiều hoặc có thể thay đổi dọc theo một hoặc nhiều chiều của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh vì các lý do thẩm mỹ và/hoặc chức năng. Ví dụ, các mép của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể dày hơn so với các vùng trung tâm hơn của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Các chiều dài, rộng và độ dày của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh cũng có thể thay đổi theo ứng dụng hoặc mục đích sử dụng vật phẩm này.

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được đặc trưng bằng cách thức mà nó được tạo ra. Ví dụ, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được đặc trưng là có thể được tạo ra bằng phương pháp nổi (tức là, được tạo ra bằng quy trình nổi), có thể được tạo ra bằng phương pháp kéo xuôi và, cụ thể là, có thể được tạo ra bằng phương pháp dung hợp hoặc kéo qua khe (tức là, được tạo ra bằng quy trình kéo xuôi như quy trình kéo dung hợp hoặc quy trình kéo qua khe).

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được đặc trưng bởi bề mặt mịn và độ dày đồng đều, được tạo ra bằng cách làm nổi thủy tinh nóng chảy trên nền kim loại nóng chảy, thường là thiếc. Theo một quy trình ví dụ, thủy tinh nóng chảy mà được cấp lên bề mặt của tầng thiếc nóng chảy tạo ra dải thủy tinh nổi. Khi giải thủy tinh này chảy dọc theo bề thiếc, nhiệt độ giảm dần cho đến khi dải thủy tinh này hóa rắn thành vật phẩm trên cơ sở thủy tinh rắn mà có thể được nhấc ra khỏi nền thiếc vào các con lăn. Khi ra khỏi bề thiếc, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được làm nguội thêm và được ủ để giảm ứng suất bên trong. Nếu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là gồm thủy

tinh, thì vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được tạo ra từ quy trình nổi có thể được đưa vào quy trình gồm hóa mà nhờ đó, một hoặc nhiều pha tinh thể được tạo ra.

Các quy trình kéo xuôi tạo ra các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có độ dày đồng đều mà có các bề mặt tương đối tươi mới. Vì độ bền uốn trung bình của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được kiểm soát bằng số lượng và kích cỡ các vết rạn trên bề mặt, nên bề mặt tươi mới mà có sự tiếp xúc tối thiểu sẽ có độ bền ban đầu cao hơn. Nếu sau đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có độ bền cao này được gia cường thêm (ví dụ, gia cường hóa học), thì độ bền thu được có thể cao hơn độ bền của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh với bề mặt mà đã được mài và đánh bóng. Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được kéo xuôi có thể được kéo đến độ dày nhỏ hơn khoảng 2 mm. Ngoài ra, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được kéo xuôi có bề mặt trơn, rất phẳng mà bề mặt này có thể được sử dụng trong ứng dụng cuối cùng của nó mà không cần công đoạn mài và đánh bóng tốn kém. Nếu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là gốm thủy tinh, thì vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tạo ra từ quy trình kéo xuôi có thể được đưa vào quy trình gồm hóa mà nhờ đó, một hoặc nhiều pha tinh thể được tạo ra.

Ví dụ, quy trình nung-chuốt sử dụng thùng chuốt mà có máng để nhận vật liệu thô thủy tinh nóng chảy. Máng này có các cửa tràn mà mở ở phần trên dọc theo chiều dài máng trên cả hai phía của máng. Khi máng nạp đầy vật liệu nóng chảy, thủy tinh nóng chảy tràn qua các cửa tràn. Nhờ trọng lực, thủy tinh nóng chảy chảy xuống các bề mặt bên ngoài của thùng chuốt dưới dạng hai màng thủy tinh chảy. Các bề mặt ngoài này của thùng chuốt kéo dài xuống dưới và hướng vào phía trong sao cho chúng gặp nhau ở mép dưới thùng chuốt. Hai màng thủy tinh chảy này gặp nhau ở mép này để dung hợp và tạo ra một vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chảy duy nhất. Phương pháp kéo dung hợp có ưu điểm ở chỗ, vì hai màng thủy tinh chảy tràn trên kênh dung hợp với nhau nên không có bề mặt ngoài nào của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thu được tiếp xúc với phần bất kỳ của thiết bị. Do đó, các tính chất bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được kéo dung hợp không bị ảnh hưởng bởi sự tiếp xúc này. Nếu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là gốm thủy tinh, thì vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tạo ra từ quy trình dung hợp có thể được đưa vào quy trình gồm hóa mà nhờ đó, một hoặc nhiều pha tinh thể được tạo ra.

Quy trình chuốt qua khe khác với quy trình nung-chuốt. Trong các quy trình chuốt qua khe, vật liệu thủy tinh thô nóng chảy được cấp vào thùng chuốt. Đáy của

thùng chuốt có khe mở với miệng kéo dài theo độ dài của khe này. Thủy tinh nóng chảy chảy qua khe/vòi và được kéo xuôi xuống dưới dạng vật phẩm trên cơ sở thủy tinh liên tục và chuyển vào vùng ủ.

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được đánh bóng bằng axit hoặc theo cách khác, được xử lý để loại bỏ hoặc làm giảm sự tác động của các vết rạn bề mặt.

Khí cạnh khác của sáng chế này đề cập đến thiết bị bao gồm các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được mô tả ở đây. Ví dụ, các thiết bị có thể bao gồm thiết bị bất kỳ bao gồm màn hiển thị hoặc đòi hỏi thủy tinh gia cường mỏng. Theo một hoặc nhiều phương án, thiết bị là thiết bị điện tử, thiết bị này có thể bao gồm thiết bị di động như điện thoại di động, máy tính cá nhân, máy tính bảng, máy nghe nhạc mp3, thiết bị điều hướng và thiết bị tương tự, hoặc các thiết bị tĩnh tại như máy vi tính, các màn hiển thị điện tử, trong các hệ thống thông tin trên phương tiện giao thông/hệ thống giải trí, bảng yết thị, điểm hệ thống bán hàng, hệ thống điều hướng, và tương tự). Theo một số phương án, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh mô tả ở đây có thể được kết hợp vào trong các hạng mục kiến trúc (tường, các chi tiết cố định, bảng panen, cửa sổ, v.v.), các hạng mục giao thông (ví dụ, các bề mặt kính hoặc bề mặt bên trong trong các ứng dụng đối với ô tô, tàu hỏa, máy bay, tàu biển, v.v.), các thiết bị (ví dụ, máy rửa, máy sấy, máy rửa bát đĩa, tủ lạnh và tương tự), hoặc vật phẩm bất kỳ đòi hỏi độ bền chống nứt vỡ nhất định nào đó. Như được thể hiện trên Fig. 28, thiết bị điện tử 1000 có thể bao gồm vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 100 theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây. Thiết bị 100 bao gồm vỏ 1020 có bề mặt trước 1040, bề mặt sau 1060, và bề mặt bên 1080; các thành phần điện (không được thể hiện) mà nằm ít nhất một phần bên trong hoặc nằm toàn bộ bên trong vỏ và bao gồm ít nhất một bộ điều khiển, bộ nhớ, và bộ hiển thị 1120 liền kề với bề mặt trước của vỏ. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 100 được thể hiện dưới dạng tấm đặt tại hoặc trên bề mặt trước của vỏ sao cho nó nằm trên bộ hiển thị 1120. Theo một số phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được sử dụng làm tấm đặt sau.

Khía cạnh khác của sáng chế đề cập đến phương pháp tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chống nứt vỡ. Phương pháp này bao gồm bước cung cấp nền trên cơ sở thủy tinh có bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai xác định ra độ dày khoảng 1 milimet hoặc nhỏ hơn, và tạo ra biên dạng ứng suất trong nền trên cơ sở thủy tinh, như được mô tả ở đây để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chống nứt vỡ. Theo một hoặc nhiều

phương án, bước tạo ra biên dạng ứng suất gồm quy trình trao đổi ion đưa nhiều ion kiềm vào nền trên cơ sở thủy tinh để tạo ra nồng độ oxit kim loại kiềm khác 0, nồng độ này biến thiên dọc theo phần đáng kể của độ dày (như được mô tả ở đây) hoặc dọc theo toàn bộ độ dày. Theo một ví dụ, bước tạo ra biên dạng ứng suất gồm nhúng nền trên cơ sở thủy tinh trong bể muối nóng chảy chứa các nitrat của Na^+ , K^+ , Rb^+ , Cs^+ hoặc hỗn hợp của chúng, có nhiệt độ khoảng 350°C hoặc lớn hơn (ví dụ, khoảng 350°C đến khoảng 500°C). Trong một ví dụ, bể nóng chảy có thể bao gồm NaNO_3 , KNO_3 hoặc hỗn hợp của chúng, và có thể có nhiệt độ khoảng 485°C hoặc thấp hơn. Trong một ví dụ khác, bể có thể bao gồm hỗn hợp của NaNO_3 và KNO_3 và có nhiệt độ khoảng 460°C . Nền trên cơ sở thủy tinh có thể được nhúng trong bể trong thời gian khoảng 2 giờ hoặc nhiều hơn, đến khoảng 48 giờ (ví dụ, từ khoảng 2 giờ đến khoảng 10 giờ, từ khoảng 2 giờ đến khoảng 8 giờ, từ khoảng 2 giờ đến khoảng 6 giờ, từ khoảng 3 giờ đến khoảng 10 giờ, hoặc từ khoảng 3,5 giờ đến khoảng 10 giờ).

Theo một số phương án, phương pháp có thể bao gồm bước gia cường hóa học hoặc trao đổi ion nền trên cơ sở thủy tinh trong một bể đơn hoặc trong nhiều hơn một bước sử dụng các bước nhúng liên tục trong nhiều hơn một bể. Ví dụ, hai bể hoặc nhiều hơn có thể được sử dụng một cách liên tiếp. Thành phần trong một hoặc nhiều bể có thể gồm một kim loại duy nhất (ví dụ, Ag^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ , hoặc Cs^+) hoặc hỗn hợp các kim loại trong cùng một bể. Nếu nhiều hơn một bể được sử dụng thì các bể có thể có thành phần và/hoặc nhiệt độ giống hoặc khác nhau. Thời gian nhúng trong mỗi bể này có thể giống nhau hoặc có thể thay đổi để tạo ra biên dạng ứng suất mong muốn.

Theo một hoặc nhiều phương án về phương pháp, bể thứ hai hoặc các bể sau đó có thể được sử dụng để sinh ra ứng suất nén bề mặt lớn hơn. Trong một số trường hợp, phương pháp bao gồm bước nhúng nền trên cơ sở thủy tinh trong bể thứ hai hoặc các bể tiếp theo để tạo ra ứng suất nén bề mặt lớn hơn, mà không làm ảnh hưởng đáng kể đến độ sâu hóa học của lớp và/hoặc DOC. Theo các phương án này, bể thứ hai hoặc tiếp theo có thể chứa một kim loại (ví dụ, KNO_3 hoặc NaNO_3) hoặc hỗn hợp của các kim loại (KNO_3 và NaNO_3). Nhiệt độ của bể thứ hai hoặc bể tiếp theo này có thể được điều chỉnh để tạo ra ứng suất nén bề mặt lớn hơn. Theo một số phương án, thời gian nhúng của nền trên cơ sở thủy tinh trong bể thứ hai hoặc bể tiếp theo có thể cũng được điều chỉnh để tạo ra ứng suất nén bề mặt lớn hơn mà không ảnh hưởng đến độ sâu hóa

học của lớp và/hoặc DOC. Ví dụ, thời gian nhúng trong bể thứ hai hoặc các bể tiếp theo có thể là ít hơn 10 giờ (ví dụ, khoảng 8 giờ hoặc ít hơn, khoảng 5 giờ hoặc ít hơn, khoảng 4 giờ hoặc ít hơn, khoảng 2 giờ hoặc ít hơn, khoảng 1 giờ hoặc ít hơn, khoảng 30 phút hoặc ít hơn, khoảng 15 phút hoặc ít hơn, hoặc khoảng 10 phút hoặc ít hơn).

Theo một hoặc nhiều phương án khác, phương pháp này có thể gồm một hoặc nhiều bước xử lý nhiệt mà có thể được sử dụng kết hợp với các quy trình trao đổi ion được mô tả ở đây. Việc xử lý nhiệt bao gồm xử lý nhiệt đối với vật phẩm trên cơ sở thủy tinh để thu được biên dạng ứng suất mong muốn. Theo một số phương án, việc xử lý nhiệt bao gồm ủ, tôi hoặc gia nhiệt nền trên cơ sở thủy tinh tới nhiệt độ nằm trong phạm vi từ khoảng 300°C đến khoảng 600°C. Việc xử lý nhiệt có thể kéo dài trong thời gian từ 1 phút đến khoảng 18 giờ. Theo một số phương án, bước xử lý nhiệt có thể được sử dụng sau một hoặc nhiều quy trình trao đổi ion, hoặc giữa các quy trình trao đổi ion.

Một hoặc nhiều phương án về chế phẩm thủy tinh mô tả ở đây có thể được sử dụng để tạo ra các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh như được mô tả ở đây, bao gồm các ví dụ 1-64 ở trên và các ví dụ 1-6 dưới đây, cũng như phạm vi chế phẩm được mô tả ở đây. Theo một phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định rõ độ dày (t) (mm); nồng độ của oxit kim loại mà vừa khác 0 và vừa thay đổi dọc theo phạm vi độ dày nằm trong khoảng từ $0 \cdot t$ đến khoảng $0,3 \cdot t$; và vùng ứng suất kéo trung tâm (CT) bao gồm CT tối đa (MPa) thấp hơn khoảng $71,5/\sqrt{t}$, trong đó vật phẩm thể hiện ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng lớn hơn 500 Newton khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa. Theo một hoặc nhiều phương án cụ thể, vật phẩm thủy tinh thể hiện ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng lớn hơn 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 725, 750, 775, 800, 825 hoặc 800 Newton khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa. Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có các đặc tính ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng nêu trên có độ dày nằm trong phạm vi từ 0,1 đến 3 mm, cụ thể hơn, từ 0,2 đến 2 mm, từ 0,2 đến 1,9 mm, từ 0,2 đến 1,8 mm, từ 0,2 đến 1,7 mm, từ 0,2 đến 1,6 mm, từ 0,2 đến 1,5 mm, từ 0,2 đến 1,4 mm, từ 0,2 đến 1,3 mm, từ 0,2 đến 1,2 mm, từ 0,2 đến 1,1 mm, từ 0,3 đến 1 mm, từ 0,3 đến 0,9 mm, từ 0,3 đến 0,8 mm, từ 0,3 đến 0,7 mm, từ 0,3 đến 0,6 mm, từ 0,3 đến 0,5 mm và từ 0,3 đến 0,4 mm. Theo các phương án cụ thể, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có các đặc tính ngưỡng lực va chạm

gây hư hỏng nêu trên có độ dày 0,4 mm, 0,5 mm, 0,6 mm, 0,7 mm, 0,8 mm, 0,9 mm, 1 mm, 1,1 mm, 1,2 mm, 1,3 mm, 1,4 mm, 1,5 mm, 1,6 mm, 1,7 mm, 1,8 mm, 2 mm, 2,1 mm, 2,2 mm, 2,3 mm, 2,4 mm, 2,5 mm, 2,6 mm, 2,7 mm, 2,8 mm, 2,9 mm hoặc 3 mm. Theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có các đặc tính ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng và độ dày nêu trên có ứng suất nén bề mặt lớn hơn khoảng 200MPa.

Một hoặc nhiều phương án về chế phẩm thủy tinh mô tả ở đây có thể được sử dụng để tạo ra các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh như được mô tả ở đây, bao gồm các ví dụ 1-64 ở trên và các ví dụ 1-6 dưới đây, cũng như phạm vi chế phẩm được mô tả ở đây. Theo một phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định rõ độ dày (t) (mm); nồng độ của oxit kim loại mà vừa khác 0 và vừa thay đổi dọc theo phạm vi độ dày nằm trong khoảng từ $0 \cdot t$ đến khoảng $0,3 \cdot t$; và vùng ứng suất kéo trung tâm (CT) bao gồm CT tối đa (MPa) thấp hơn khoảng $71,5/\sqrt{(t)}$, trong đó, vật phẩm thể hiện độ bền dư 125 MPa hoặc cao hơn sau khi chịu va chạm bởi một lực va chạm 800 N khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa. Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thể hiện độ bền dư 135, 145, 150, 160, 170, 180, 190 hoặc 200 MPa hoặc cao hơn sau khi chịu va chạm bởi một lực va chạm 800 N khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa.

Một hoặc nhiều phương án về chế phẩm thủy tinh mô tả ở đây có thể được sử dụng để tạo ra các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh như được mô tả ở đây, bao gồm các ví dụ 1-64 ở trên và các ví dụ 1-6 dưới đây, cũng như phạm vi chế phẩm được mô tả ở đây. Theo một phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định rõ độ dày (t) khoảng nhỏ hơn khoảng 3 millimet; và biên dạng ứng suất kéo dài dọc theo độ dày, trong đó tất cả các điểm của biên dạng ứng suất giữa phạm vi độ dày nằm trong khoảng từ $0 \cdot t$ đến $0,3 \cdot t$ và từ lớn hơn $0,7 \cdot t$, bao gồm tiếp tuyến với độ dốc có trị số tuyệt đối lớn hơn khoảng 0,1 MPa/micromet, trong đó biên dạng ứng suất bao gồm CS tối đa, DOC và ứng suất kéo trung tâm tối đa thấp hơn khoảng $71,5/\sqrt{(t)}$ (MPa), trong đó tỷ lệ của CT tối đa trên giá trị tuyệt đối của CS tối đa nằm trong phạm vi từ khoảng 0,01 đến khoảng 0,2 và trong đó DOC là khoảng $0,1 \cdot t$ hoặc lớn hơn, và trong đó vật phẩm thể hiện ngưỡng lực

va chạm gây hư hỏng lớn hơn 500 Newton khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa.

Theo một hoặc nhiều phương án cụ thể, vật phẩm thủy tinh thể hiện ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng lớn hơn 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 725, 750, 775, 800, 825 hoặc 800 Newton khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa. Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có các đặc tính ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng nêu trên có độ dày nằm trong phạm vi từ 0,1 đến 3 mm, cụ thể hơn, từ 0,2 đến 2 mm, từ 0,2 đến 1,9 mm, từ 0,2 đến 1,8 mm, từ 0,2 đến 1,7 mm, từ 0,2 đến 1,6 mm, từ 0,2 đến 1,5 mm, từ 0,2 đến 1,4 mm, từ 0,2 đến 1,3 mm, từ 0,2 đến 1,2 mm, từ 0,2 đến 1,1 mm, từ 0,3 đến 1 mm, từ 0,3 đến 0,9 mm, từ 0,3 đến 0,8 mm, từ 0,3 đến 0,7 mm, từ 0,3 đến 0,6 mm, từ 0,3 đến 0,5 mm và từ 0,3 đến 0,4 mm. Theo các phương án cụ thể, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có các đặc tính ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng nêu trên có độ dày 0,4 mm, 0,5 mm, 0,6 mm, 0,7 mm, 0,8 mm, 0,9 mm, 1 mm, 1,1 mm, 1,2 mm, 1,3 mm, 1,4 mm, 1,5 mm, 1,6 mm, 1,7 mm, 1,8 mm, 2 mm, 2,1 mm, 2,2 mm, 2,3 mm, 2,4 mm, 2,5 mm, 2,6 mm, 2,7 mm, 2,8 mm, 2,9 mm hoặc 3 mm. Theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có các đặc tính ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng và độ dày nêu trên có ứng suất nén bề mặt lớn hơn khoảng 200MPa.

Một hoặc nhiều phương án về chế phẩm thủy tinh mô tả ở đây có thể được sử dụng để tạo ra các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh như được mô tả ở đây, bao gồm các ví dụ 1-64 ở trên và các ví dụ 1-6 dưới đây, cũng như phạm vi chế phẩm được mô tả ở đây. Theo một phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định rõ độ dày (t) khoảng nhỏ hơn khoảng 3 millimet; và biên dạng ứng suất kéo dài dọc theo độ dày, trong đó tất cả các điểm của biên dạng ứng suất giữa phạm vi độ dày nằm trong khoảng từ $0 \cdot t$ đến $0,3 \cdot t$ và từ lớn hơn $0,7 \cdot t$, bao gồm tiếp tuyến với độ dốc có trị số tuyệt đối lớn hơn khoảng 0,1 MPa/micromet, trong đó biên dạng ứng suất bao gồm CS tối đa, DOC và ứng suất kéo trung tâm tối đa thấp hơn khoảng $71,5/\sqrt{t}$ (MPa), trong đó tỷ lệ của CT tối đa trên giá trị tuyệt đối của CS tối đa nằm trong phạm vi từ khoảng 0,01 đến khoảng 0,2 và trong đó DOC là khoảng $0,1 \cdot t$ hoặc lớn hơn, và trong đó vật phẩm thể hiện độ bền dư 125 MPa hoặc cao hơn sau khi chịu va chạm bởi một lực va chạm 800 N khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa. Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm

trên cơ sở thủy tinh thể hiện độ bền dư 135, 145, 150, 160, 170, 180, 190 hoặc 200 MPa hoặc cao hơn sau khi chịu va chạm bởi một lực va chạm 800 N khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa.

Một hoặc nhiều phương án về chế phẩm thủy tinh mô tả ở đây có thể được sử dụng để tạo ra các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh như được mô tả ở đây, bao gồm các ví dụ 1-64 ở trên và các ví dụ 1-6 dưới đây, cũng như phạm vi chế phẩm được mô tả ở đây. Theo một phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định rõ độ dày (t) (mm); và oxit kim loại mà tạo ra gradient nồng độ, trong đó nồng độ của oxit kim loại giảm từ bề mặt thứ nhất tới điểm ở giữa bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai và gia tăng từ điểm này tới bề mặt thứ hai, trong đó nồng độ của oxit kim loại tại điểm này là khác 0, và trong đó vật phẩm thể hiện ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng lớn hơn 500 Newton khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa.

Theo một hoặc nhiều phương án cụ thể, vật phẩm thủy tinh thể hiện ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng lớn hơn 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 725, 750, 775, 800, 825 hoặc 800 Newton khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa. Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có các đặc tính ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng nêu trên có độ dày nằm trong phạm vi từ 0,1 đến 3 mm, cụ thể hơn, từ 0,2 đến 2 mm, từ 0,2 đến 1,9 mm, từ 0,2 đến 1,8 mm, từ 0,2 đến 1,7 mm, từ 0,2 đến 1,6 mm, từ 0,2 đến 1,5 mm, từ 0,2 đến 1,4 mm, từ 0,2 đến 1,3 mm, từ 0,2 đến 1,2 mm, từ 0,2 đến 1,1 mm, từ 0,3 đến 1 mm, từ 0,3 đến 0,9 mm, từ 0,3 đến 0,8 mm, từ 0,3 đến 0,7 mm, từ 0,3 đến 0,6 mm, từ 0,3 đến 0,5 mm và từ 0,3 đến 0,4 mm. Theo các phương án cụ thể, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có các đặc tính ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng nêu trên có độ dày 0,4 mm, 0,5 mm, 0,6 mm, 0,7 mm, 0,8 mm, 0,9 mm, 1 mm, 1,1 mm, 1,2 mm, 1,3 mm, 1,4 mm, 1,5 mm, 1,6 mm, 1,7 mm, 1,8 mm, 2 mm, 2,1 mm, 2,2 mm, 2,3 mm, 2,4 mm, 2,5 mm, 2,6 mm, 2,7 mm, 2,8 mm, 2,9 mm hoặc 3 mm. Theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có các đặc tính ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng và độ dày nêu trên có ứng suất nén bề mặt lớn hơn khoảng 200MPa.

Một hoặc nhiều phương án về chế phẩm thủy tinh mô tả ở đây có thể được sử dụng để tạo ra các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh như được mô tả ở đây, bao gồm các ví dụ 1-64 ở trên và các ví dụ 1-6 dưới đây, cũng như phạm vi chế phẩm được mô tả ở

đây. Theo một phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định rõ độ dày (t) (mm); và oxit kim loại mà tạo ra gradient nồng độ, trong đó nồng độ của oxit kim loại giảm từ bề mặt thứ nhất tới điểm ở giữa bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai và gia tăng từ điểm này tới bề mặt thứ hai, trong đó nồng độ của oxit kim loại tại điểm này là khác 0, và trong đó vật phẩm thể hiện độ bền dư 125 MPa hoặc cao hơn sau khi chịu va chạm bởi một lực va chạm 800 N khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa. Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thể hiện độ bền dư 135, 145, 150, 160, 170, 180, 190 hoặc 200 MPa hoặc cao hơn sau khi chịu va chạm bởi một lực va chạm 800 N khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa.

Một hoặc nhiều phương án về chế phẩm thủy tinh mô tả ở đây có thể được sử dụng để tạo ra các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh như được mô tả ở đây, bao gồm các ví dụ 1-64 ở trên và các ví dụ 1-6 dưới đây, cũng như phạm vi chế phẩm được mô tả ở đây. Theo một phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có biên dạng ứng suất bao gồm vùng CS và vùng CT, trong đó vùng CT được tính xấp xỉ bằng phương trình Ứng suất(x) = T cực đại – (((CT_n • (n+1))/0,5ⁿ) • |(x/t)-0,5|ⁿ), trong đó T cực đại là giá trị ứng suất kéo cực đại và là giá trị dương tính theo đơn vị MPa, trong đó CT_n là giá trị ứng suất kéo tại n, CT_n là nhỏ hơn hoặc tương đương T cực đại, và là giá trị dương tính theo đơn vị MPa, trong đó x là vị trí dọc theo độ dày (t) tính bằng micromet, trong đó n nằm trong khoảng từ 1,5 đến 5, và trong đó vật phẩm thể hiện ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng lớn hơn 500 Newton khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa.

Theo một hoặc nhiều phương án cụ thể, vật phẩm thủy tinh thể hiện ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng lớn hơn 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 725, 750, 775, 800, 825 hoặc 800 Newton khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa. Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có các đặc tính ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng nêu trên có độ dày nằm trong phạm vi từ 0,1 đến 3 mm, cụ thể hơn, từ 0,2 đến 2 mm, từ 0,2 đến 1,9 mm, từ 0,2 đến 1,8 mm, từ 0,2 đến 1,7 mm, từ 0,2 đến 1,6 mm, từ 0,2 đến 1,5 mm, từ 0,2 đến 1,4 mm, từ 0,2 đến 1,3 mm, từ 0,2 đến 1,2 mm, từ 0,2 đến 1,1 mm, từ 0,3 đến 1 mm, từ 0,3 đến 0,9 mm, từ 0,3 đến 0,8 mm, từ 0,3 đến 0,7 mm, từ 0,3 đến 0,6 mm, từ 0,3 đến 0,5 mm và từ 0,3 đến 0,4 mm. Theo các phương án cụ thể, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có các đặc tính ngưỡng lực va

chạm gây hư hỏng nêu trên có độ dày 0,4 mm, 0,5 mm, 0,6 mm, 0,7 mm, 0,8 mm, 0,9 mm, 1 mm, 1,1 mm, 1,2 mm, 1,3 mm, 1,4 mm, 1,5 mm, 1,6 mm, 1,7 mm, 1,8 mm, 2 mm, 2,1 mm, 2,2 mm, 2,3 mm, 2,4 mm, 2,5 mm, 2,6 mm, 2,7 mm, 2,8 mm, 2,9 mm hoặc 3 mm. Theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có các đặc tính ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng và độ dày nêu trên có ứng suất nén bề mặt lớn hơn khoảng 200MPa.

Một hoặc nhiều phương án về chế phẩm thủy tinh mô tả ở đây có thể được sử dụng để tạo ra các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh như được mô tả ở đây, bao gồm các ví dụ 1-64 ở trên và các ví dụ 1-6 dưới đây, cũng như phạm vi chế phẩm được mô tả ở đây. Theo một phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có biên dạng ứng suất bao gồm vùng CS và vùng CT, trong đó vùng CT được tính xấp xỉ bằng phương trình Ứng suất(x) = T cực đại - (((CT_n • (n+1))/0,5ⁿ) • |(x/t)-0,5|ⁿ), trong đó T cực đại là giá trị ứng suất kéo cực đại và là giá trị dương tính theo đơn vị MPa, trong đó CT_n là giá trị ứng suất kéo tại n, CT_n là nhỏ hơn hoặc tương đương T cực đại, và là giá trị dương tính theo đơn vị MPa, trong đó x là vị trí dọc theo độ dày (t) tính bằng micromet, trong đó n nằm trong khoảng từ 1,5 đến 5, và trong đó vật phẩm thể hiện độ bền dư 125 MPa hoặc cao hơn sau khi chịu va chạm bởi một lực va chạm 800 N khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa. Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thể hiện độ bền dư 135, 145, 150, 160, 170, 180, 190 hoặc 200 MPa hoặc cao hơn sau khi chịu va chạm bởi một lực va chạm 800 N khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa.

Theo các phương án mô tả ngay ở trên mà bao gồm đặc tính vật liệu mà vật phẩm thể hiện ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng lớn hơn một trị số lực xác định khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa hoặc độ bền dư có giá trị xác định (hoặc cao hơn) sau khi chịu va chạm bởi một lực va chạm 800 N khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa, các đặc tính này có thể được thử nghiệm như sau. Theo một hoặc nhiều phương án, "ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng" để chỉ lực va chạm tối thiểu mà lực này đủ để gây ra một sự nứt gãy có thể quan sát được trên bề mặt của vật phẩm, như được mô tả ở trên liên quan đến Fig. 8. Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm được thử nghiệm về "ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng" là một tấm có độ dày 0,1 mm, 0,2 mm, 0,3 mm, 0,4 mm, 0,5 mm, 0,6 mm, 0,7 mm, 0,8 mm,

0,9 mm, 1 mm, 1,1 mm, 1,2 mm, 1,3 mm, 1,4 mm, 1,5 mm, 1,6 mm, 1,7 mm, 1,8 mm, 1,9 mm hoặc 2 mm.

Độ bền dư được đo bằng cách sử dụng thử nghiệm 4 điểm uốn (như được mô tả ở đây) hoặc thử nghiệm AROR như được mô tả ở đây. Thuật ngữ "khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa" để chỉ ứng suất kéo áp dụng từ bên ngoài vào vật phẩm trên cơ sở thủy tinh mà là kết quả của thao tác uốn. Do đó, khi vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được uốn, tạo ra đỉnh mà là bề mặt tiếp xúc theo thử nghiệm được mô tả ở đây, đỉnh mà ở tại bề mặt bên ngoài của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh khi nó được uốn, có ứng suất kéo áp dụng từ bên ngoài là kết quả của thao tác uốn.

Các khía cạnh bổ sung theo sáng chế đề cập đến thiết bị và phương pháp để đo ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng. Thử nghiệm về độ tin cậy của các thiết bị là cần thiết để hiểu xem chúng sẽ thực hiện như thế nào trong thời gian ứng dụng của chúng. Thử nghiệm thả rơi thiết bị thông thường được sử dụng để hiểu xem độ tin cậy của thiết bị điện tử cầm tay (ví dụ, điện thoại thông minh, máy tính bảng, máy tính xách tay, v.v..) sau khi bị sự kiện thả rơi (ví dụ, để rơi điện thoại trong nơi đậu xe), vì các sự kiện này có thể làm tổn hại chức năng của thiết bị. Một sự quan tâm đối với thiết bị đó là độ tin cậy của thủy tinh phủ sử dụng trong các thiết bị này. Sự hư hỏng hoặc nứt vỡ đối với thủy tinh phủ của thiết bị điện tử cầm tay có thể dẫn đến các vấn đề về thiết bị không thể sử dụng được nữa và/hoặc vấn đề về an toàn đối với người sử dụng. Hiểu biết về sự hạn chế của vật liệu phủ và việc vật liệu này có liên quan thế nào với thiết kế thiết bị là cần thiết để cải thiện đặc tính của thủy tinh phủ.

Diễn hình, các thiết bị thực được cho thử nghiệm thả rơi để nắm được độ tin cậy của chúng. Tuy nhiên, điều này có thể trở nên rất tốn kém và chỉ có sẵn khi thiết kế thiết bị đã được hoàn tất và các thiết bị đã được sản xuất. Để xử lý các trở ngại này, các phương tiện thử nghiệm thay thế (mô hình tái sử dụng của các thiết bị mà giống hệt với kích thước và trọng lượng của thiết bị) được sử dụng để mô phỏng thiết bị để thử nghiệm về đặc tính thủy tinh phủ. Các phương tiện thay thế này giúp để hiểu biết về khả năng của thủy tinh đáp ứng các yêu cầu cả khách hàng và giúp để cung cấp thông tin phản hồi về thiết kế trợ giúp cho khả năng bền nguyên của thủy tinh phủ (ví dụ, thiết kế hình côn). Tuy nhiên, việc xây dựng các phương tiện thay thế và thực hiện thử nghiệm (thả rơi) là khá đắt đỏ và tốn kém thời gian. Do đó, tốt hơn là cung cấp thử

nghiệm ít tiêu tốn thời gian và ít tốn kém dựa vào quan niệm đưa vào sự hư hỏng và uốn, như được thấy trong phương thức gây hư hỏng trong hầu hết lĩnh vực.

Một khía cạnh của sáng chế đề cập đến thiết bị để thử nghiệm bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, ví dụ, thủy tinh phủ trong các thiết bị điện tử di động sao cho nó mô phỏng phương thức gây hư hỏng mà đã được quan sát xuất hiện trong lĩnh vực, phương thức này tốt hơn kết hợp việc đưa vào ứng suất (uốn) và hư hỏng. Phương thức gây hư hỏng đã biết này được tái tạo sử dụng thử nghiệm va chạm bề mặt dựa vào mặt bằng linh kiện. Thử nghiệm mở rộng đã được tiến hành sử dụng thiết bị này và đã phát hiện ra rằng, các thành phần thủy tinh nhất định và các biên dạng ứng suất trao đổi ion có thể cải thiện độ bền nguyên của thủy tinh phủ, thông qua thử nghiệm này.

Theo một hoặc nhiều phương án, thiết bị bao gồm thử nghiệm va chạm động dựa vào con lắc đơn có bề mặt nằm trong phạm vi từ phẳng tới cong, trong đó mẫu thử nghiệm vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được lắp lên quả lắc của con lắc, sau đó nó được sử dụng để khiến cho mẫu thử nghiệm tiếp xúc với bề mặt va chạm, bề mặt này có thể là bề mặt phẳng hoặc gồ ghề. Theo một hoặc nhiều phương án, để tiến hành thử nghiệm, mẫu được nạp lên giá giữ và sau đó được kéo ngược trở lại từ vị trí cân bằng con lắc và được thả ra để tạo ra sự va chạm động lên bề mặt va chạm. Thử nghiệm này bắt chước sự kiện thả rơi, sao cho thủy tinh/mẫu là phần di chuyển và bề mặt là phần đứng yên. Các bề mặt cong có sẵn là mô phỏng về số ứng suất (ứng suất uốn) thu được từ các hư hỏng tại chỗ. Theo một hoặc nhiều phương án về thiết bị, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là phần di chuyển, phần này di chuyển để va chạm vào bề mặt va chạm là phần đứng yên, dạng thay thế của thiết bị (phần di chuyển) được thả rơi từ độ cao nhất định lên bề mặt (phần đứng yên).

Phương thức hư hỏng được biết là thay đổi theo tốc độ đưa vào hư hỏng và tỷ lệ uốn. Khác với thử nghiệm về mặt bằng linh kiện dựa vào áp dụng tải chuẩn thống kê khác, như vòng trên vòng (ROR), ngưỡng rạn nứt ẩn lốm (IFT) và vòng trên vòng mài mòn (ARoR- thử nghiệm này liên quan đến sự đưa vào hư hỏng, tiếp theo bằng cách uốn từ từ thông qua ứng dụng tải chuẩn tĩnh) sử dụng để mô tả đặc tính thủy tinh phủ, thử nghiệm này là động học về mặt bản chất. Ngoài ra, với nhu cầu gia tăng đối với vật liệu phủ mỏng trong các ứng dụng thiết bị di động đang trở nên rất phổ biến, nhu cầu có được thử nghiệm dựa vào mặt bằng linh kiện để đánh giá các vật liệu phủ mỏng khác nhau trở nên quan trọng. Thử nghiệm này có thể được sử dụng trong việc dự

đoán đáp ứng đặc tính rơi tiềm tàng của thủy tinh mỏng này, vì nó chứng minh độ tin cậy trong việc đánh giá các vật liệu thủy tinh, các thành phần khác nhau và các thành phần IOX, thấp tới mức độ dày 0,3 mm. Theo một hoặc nhiều phương án, tính đơn giản của phương pháp thử nghiệm cho phép đánh giá nhanh hơn về năng lượng va chạm thủy tinh và lực va chạm kết hợp, so sánh với các yếu tố sinh ra từ thử nghiệm thả rơi ở mức hệ thống.

Tham chiếu các hình vẽ từ Fig. 29-33, phương án về thiết bị 1100 để thử nghiệm va chạm vật nền giòn dễ vỡ được thể hiện bao gồm con lắc 1102 bao gồm quả lắc 1104 được gắn vào chốt 1106. Quả lắc trên con lắc là một quả nặng được treo từ chốt và được nối với chốt bằng cánh tay đòn. Do đó, quả lắc 1104 thể hiện trong các hình vẽ được nối với chốt 1106 bằng cánh tay đòn 1108, cánh tay đòn này có thể ở dạng vòng, hoặc thanh hoặc nhiều thanh, như hai thanh như được thể hiện. Như được thể hiện thích hợp trên Fig. 33, quả lắc 1104 có vị trí cân bằng 1105 được thể hiện là đường nét chấm sao cho góc β bằng 0. Nói cách khác, cánh tay đòn 1108 không ở vị trí nâng lên.

Quả lắc 1104 có thể đơn giản là vật nền giòn dễ vỡ được gắn vào đầu dưới của cánh tay đòn 1108. Theo một hoặc nhiều phương án, quả lắc 1104 bao gồm bộ 1110 để tiếp nhận vật nền giòn dễ vỡ. Như được thể hiện chi tiết hơn trong FIG. 34, bộ 1110 để tiếp nhận vật nền giòn dễ vỡ 1112 có ít nhất hai đầu 1114, 1116, bề mặt bên trong 1113 và bề mặt bên ngoài 1115. Chân bộ 1110 có đầu thứ nhất 1120 và đầu thứ hai 1122, và bề mặt cong 1124 định rõ bán kính uốn cong giữa đầu thứ nhất 1120 và đầu thứ hai 1122. Chân bộ 1110 có thể là vật liệu thích hợp bất kỳ để cung cấp bộ nền để bắt chặt nền cho thử nghiệm va chạm mà sẽ được mô tả thêm dưới đây. Vật liệu thích hợp của bộ 1110 có thể bao gồm gỗ, kim loại, gốm, hoặc sự kết hợp của các vật liệu này. Bề mặt cong 1124 có đỉnh 1125.

Thiết bị 1100 theo một hoặc nhiều phương án còn bao gồm bộ kẹp thứ nhất 1130 và bộ kẹp thứ hai 1132 để giữ ít nhất hai đầu 1114, 1116 của vật nền giòn dễ vỡ 1112 và để áp dụng lực để uốn vật nền giòn dễ vỡ 1112 thành bề mặt cong 1124 và làm cho vật nền giòn dễ vỡ phù hợp theo bán kính uốn cong. Bằng cách uốn vật nền giòn dễ vỡ 1112, vật nền giòn dễ vỡ có đỉnh 1127 phù hợp với đỉnh 1125 của bề mặt cong 1124. Theo một hoặc nhiều phương án cụ thể, bề mặt cong 1124 và độ cong của vật nền giòn dễ vỡ 1112 có thể là bán kính cố định hoặc bán kính tổ hợp. Bộ kẹp thứ

nhất 1130 và bộ kẹp thứ hai 1132 mỗi một bộ là một cặp kẹp, và theo các phương án cụ thể, là kẹp bản lề như được thể hiện trên FIG. 34. Tuy nhiên, các kiểu bộ kẹp khác như thanh kẹp, kẹp chữ C, hoặc các bộ kẹp thích hợp khác để giữ các đầu của vật nền giòn dễ vỡ có thể được sử dụng.

Thiết bị 1100 theo một hoặc nhiều phương án còn bao gồm bề mặt gồ ghề, bề mặt này có thể là tấm giấy ráp có bề mặt nhám được đặt tiếp xúc với bề mặt bên ngoài 1115 của vật nền 1112. Tấm giấy ráp được gắn lên bề mặt va chạm 1150 (của đối tượng va chạm 1140 mô tả dưới đây) bằng băng dính hai mặt, với bề mặt nhám của tấm giấy ráp hướng về phía bề mặt cong 1124 mà vật nền 1112 được lắp trên đó. Theo các phương án cụ thể khác, tấm giấy ráp bao gồm giấy nhám, tấm này có thể có kích thước grit nằm trong phạm vi từ 30 grit đến 400 grit, hoặc 100 grit đến 300 grit, ví dụ 180 grit. Một loại giấy nhám thích hợp đó là giấy nhám Indasa Rhynowet® Plus Line P180 grit. Giấy nhám theo một hoặc nhiều phương án được cắt thành các miếng hình vuông 25 mm, và giấy nhám được là phẳng nếu các miếng bị uốn cong trong quá trình cắt.

Thiết bị 1100 còn bao gồm đối tượng va chạm 1140 được đặt sao cho khi quả lắc 1104 được giải phóng từ vị trí với góc β lớn hơn 0 từ vị trí cân bằng 1105, bề mặt cong 1124 của quả lắc 1104 (hoặc vật nền 1112 đặt trên bề mặt cong 1124) tiếp xúc với bề mặt va chạm 1150 (hoặc mặt nhám của tấm giấy ráp được bố trí trên bề mặt va chạm 1150) của đối tượng va chạm 1140. Theo phương án được thể hiện, đối tượng va chạm 1140 là một khung giá dạng chữ L được gắn lên bề nền 1142, và đối tượng va chạm 1140 được gắn lên bề nền 1142 bằng vít 1144. Đối tượng va chạm 1140 cũng có thể được gắn bằng cơ cấu thích hợp khác bất kỳ như bulông, đinh tán, kẹp, v.v. Bề nền 1142 bao gồm bộ phận hãm 1146, cho phép thiết bị 1100 được giữ ở đầu của bàn xử lý 1148. Theo phương án được thể hiện, đối tượng va chạm 1140 được cố định và không di chuyển khi quả lắc 1104 tiếp xúc với đối tượng va chạm 1140 ở bề mặt va chạm 1150. Bề mặt va chạm 1150 có thể là chi tiết tách rời mà nó có thể di chuyển được trên mặt phẳng x-y như được thể hiện trên FIG. 32 bên trong khe 1152. Theo cách khác, bề mặt va chạm 1150 không cần di chuyển so với đối tượng va chạm 1140. Theo một hoặc nhiều phương án, quả lắc 1104 và bộ 1110 có kích thước và hình dạng sao cho khi vật nền giòn dễ vỡ được gắn lên bộ 1110 và khi quả lắc 1104 được giải phóng từ vị trí với góc β lớn hơn 0 từ vị trí cân bằng 1105, vật nền giòn dễ vỡ 1112 được áp dụng

bán kính uốn và lực va chạm mô phỏng bán kính uốn của thủy tinh phủ gia cường hóa học của điện thoại di động hoặc thiết bị máy tính bảng khi điện thoại di động hoặc thiết bị máy tính bảng được thả rơi lên mặt nền bởi người sử dụng điện thoại di động hoặc thiết bị máy tính bảng.

Theo một hoặc nhiều phương án, bán kính uốn cong của bề mặt cong 1124 trên bề 1110 được lựa chọn để cung cấp lực kéo uốn 100 MPa khi nền được uốn xung quang bề mặt cong 1124 sao cho lực kéo là lực kéo áp dụng từ bên ngoài xuất phát từ ứng suất uốn cong nền. Do đó, khi nền được uốn, lực kéo ở tại đỉnh 1125 của vật nền giòn dễ vỡ. Theo một hoặc nhiều phương án, bán kính uốn cong nằm trong phạm vi từ 0,25 m đến 1,5 m, ví dụ, nằm trong phạm vi từ 0,5 m đến 1 m.

Theo một hoặc nhiều phương án, bộ kẹp thứ nhất 1130 và bộ kẹp thứ hai 1132 được đặt cách nhau một khoảng của độ dài thủy tinh phủ của điện thoại di động hoặc máy tính bảng. Theo các phương án cụ thể, bộ kẹp thứ nhất 1130 và bộ kẹp thứ hai 1132 được đặt cách nhau một khoảng nằm trong phạm vi từ 50 mm đến 500 mm.

Khía cạnh khác của sáng chế đề cập đến phương pháp thử nghiệm va chạm tấm giòn dễ vỡ, phương pháp bao gồm: uốn tấm giòn dễ vỡ có bề mặt tiếp xúc để cung cấp tấm uốn cong có bán kính uốn cong và đỉnh trên bề mặt tiếp xúc; và cho tấm uốn cong tại đỉnh va chạm với đối tượng va chạm sử dụng con lắc. Theo một phương án, tấm uốn cong được gắn với quả lắc của con lắc. Theo một phương án, tấm uốn cong gắn lên quả lắc con lắc được đặt sao cho đối tượng va chạm tiếp xúc với đỉnh của bề mặt tiếp xúc. Theo một hoặc nhiều phương án, tấm giòn dễ vỡ là thủy tinh và bán kính uốn cong nằm trong khoảng mô phỏng đường kính uốn cong của thủy tinh phủ gia cường nhiệt hoặc hóa học của điện thoại di động hoặc thiết bị máy tính bảng khi điện thoại di động hoặc thiết bị máy tính bảng được thả rơi lên mặt nền bởi người sử dụng điện thoại di động hoặc thiết bị máy tính bảng, trong đó sự kiện thả rơi là sự kiện sao cho, cạnh của thiết bị tiếp xúc với mặt nền trước tiên (đối diện với mặt rơi trước tiên, trong đó thiết bị thường va vào mặt nền theo hướng sao cho bề mặt tiếp xúc thường song song với mặt nền).

Theo một hoặc nhiều phương án, tấm giấy ráp được đặt trên bề mặt va chạm 1150 ở vị trí để tiếp xúc với đỉnh của tấm giòn dễ vỡ khi di chuyển xoay cánh tay đòn

1108. Theo một hoặc nhiều phương án, tấm giòn dễ vỡ được bắt chặt vào đối tượng va chạm bằng băng dính hai mặt.

Phương án khác đề cập đến phương pháp thử nghiệm va chạm tấm giòn dễ vỡ, phương pháp bao gồm: gắn tấm giòn dễ vỡ với quả lắc của con lắc để tiếp xúc bề mặt tiếp xúc lên tấm giòn dễ vỡ; và di chuyển quả lắc của con lắc với tấm giòn dễ vỡ được gắn lên quả lắc của con lắc để khiến cho bề mặt tiếp xúc tiếp xúc với đối tượng va chạm. Theo một phương án, phương pháp bao gồm bước uốn tấm giòn dễ vỡ để cung cấp tấm uốn cong có bán kính uốn cong và đỉnh trên bề mặt tiếp xúc. Theo một phương án, tấm uốn cong gắn lên quả lắc của con lắc được đặt sao cho đối tượng va chạm tiếp xúc với đỉnh của bề mặt tiếp xúc. Theo một hoặc nhiều phương án, tấm giòn dễ vỡ là thủy tinh và bán kính uốn cong nằm trong khoảng mô phỏng đường kính uốn cong của thủy tinh phủ gia cường nhiệt hoặc hóa học của điện thoại di động hoặc thiết bị máy tính bảng khi điện thoại di động hoặc thiết bị máy tính bảng được thả rơi lên mặt nền bởi người sử dụng điện thoại di động hoặc thiết bị máy tính bảng, trong đó sự kiện thả rơi là sự kiện sao cho, cạnh của thiết bị tiếp xúc với mặt nền trước tiên (đối diện với mặt rơi trước tiên, trong đó thiết bị thường va vào mặt nền theo hướng sao cho bề mặt tiếp xúc thường song song với mặt nền). Theo một số phương án, tấm giòn dễ vỡ được bắt chặt lên bề mặt cong trước khi cho đỉnh va chạm với đối tượng va chạm.

Bây giờ tham chiếu các hình vẽ trên Fig. 29 và Fig. 30, các chi tiết cụ thể, không giới hạn về hoạt động của thiết bị bao gồm dấu chỉ 1200 trên chốt 1106, dấu này có thể chỉ tới các vị trí thử nghiệm khác nhau 1202, tức là, các vị trí mà tại đó, cánh tay đòn 1108 được định vị ở góc β so với vị trí cân bằng 1105, và các vị trí mà từ đó, sự vận động của con lắc được khởi đầu. Dấu chỉ 1200 cho phép căn chỉnh hàng với nhiều vị trí thử nghiệm 1202, các vị trí này có thể là số vị trí thử nghiệm thích hợp bất kỳ, ví dụ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, và v.v. gia tăng tới 50 hoặc nhiều hơn. Thiết bị 1100 có thể bao gồm thêm một chốt khóa, chốt khóa này có thể ở dạng đai ốc 1204 để khóa cánh tay đòn 1108 theo hướng quay mong muốn xung quanh trục dọc tâm của nó nhằm để điều chỉnh bộ 1110 với bề mặt va chạm 1150 của đối tượng va chạm 1140.

Thiết bị 1100 mô phỏng sự kiện thả rơi điện thoại thực theo một hoặc nhiều phương án. Năng lượng va chạm tới, E và lực va chạm trung bình, $\vec{F}_{avg}$ được cung cấp theo các phương trình

$$E = mgL\{1 - \cos \beta\}$$

$$|\vec{F}_{avg}| = \frac{|m\vec{v}_f - m\vec{v}_i|}{\Delta t}$$

Trong đó, m = khối lượng của con lắc 1102 (bao gồm cánh tay quay 1108, quả lắc 1104, và bộ 1110), L = độ dài của tay đòn, g = gia tốc rơi tự do, v_f là tốc độ va chạm ban đầu (tức là, tốc độ tại điểm khi thủy tinh đầu tiên tiếp xúc với bề mặt va chạm 1150 của đối tượng va chạm 1140), và v_i là tốc độ va chạm cuối cùng (tức là, tốc độ mà tại đó, thủy tinh rời khỏi bề mặt va chạm 1150 của đối tượng va chạm 1140, hoặc nói cách khác, tại điểm khi thủy tinh bắt đầu tách ra khỏi bề mặt va chạm 1150 của đối tượng va chạm 1140), và Δt = thời gian tương tác tiếp xúc (tức là, thời gian mà trong đó, thủy tinh tiếp xúc với bề mặt va chạm 1150 của đối tượng va chạm 1140). Thời gian tương tác tiếp xúc được đo bằng máy quay phim tốc độ cao bằng cách quan sát số lượng khung trong đó, thủy tinh tiếp xúc với bề mặt va chạm 1150, và nhân với số lượng khung trong 1 thời gian đơn vị bởi máy quay phim tốc độ cao. Phương trình lực trung bình hữu dụng cho các mẫu còn chưa bị nứt vỡ, tức là, các mẫu nạp vào thiết bị 1100 trước khi thử nghiệm là các mẫu mà còn chưa bị nứt vỡ. Khi khối lượng và độ dài của cánh tay quay đã biết, thiết đặt góc β tới vị trí lựa chọn, lực va chạm có thể được tính toán và sử dụng để mô phỏng các va chạm trên thiết bị khi được thả rơi từ độ cao cụ thể. Ví dụ, lực trung bình trải qua bởi thủy tinh phủ nền trên thiết bị điện thoại di động 130g khi được thả rơi từ độ cao 1 mét được tính toán là 800 N. Sử dụng khối lượng, độ dài cánh tay và góc β , lực này có thể được sao chép sử dụng thiết bị 1100 được thể hiện trên các FIG. 29-34.

Tham chiếu hình vẽ trên Fig. 35, điểm 1500 trên biểu đồ biểu thị ngưỡng lực gây hư hỏng đối với nền thủy tinh nhôm silicat thay thế có độ dày 0,5 mm mà được thử nghiệm trên thiết bị được thể hiện trong các Fig. 29-33. Fig. 35 thể hiện góc quay tương quan với lực va chạm trung bình. Thủy tinh nhôm silicat thay thế có ngưỡng lực

gây hư hỏng khoảng 200 Newton. Điểm 1504 là đối với nền thủy tinh dày 0,5 mm có thành phần danh định gồm 57,5% mol SiO_2 , 16,5% mol Al_2O_3 , 16,5% mol Na_2O , 2,8% mol MgO , 6,5% mol P_2O_5 , và 0,05% mol SnO_2 . Nền thủy tinh từ thử nghiệm này (tại điểm 1504) có ngưỡng hư hỏng thấp hơn 500 Newton. Dữ liệu về các nền thủy tinh được sản xuất theo các vật phẩm thủy tinh yêu cầu bảo hộ ở đây và được tạo ra theo các ví dụ 1-64 ở trên và các ví dụ 1-6 dưới đây được thể hiện là điểm 1506 và có lực va chạm vượt trên 800 N. Các giá trị này được vẽ biểu đồ trên FIG. 36, cùng với thủy tinh gia cường hóa học khác, đánh dấu nhãn là ALT2. Như chỉ ra trên FIG. 36, tất cả các nền thủy tinh được thử nghiệm bằng thiết bị con lắc 1100 được mô tả liên quan đến hình vẽ trên các FIG. 29-34, với bán kính uốn tại 0,4 mm để truyền ứng suất kéo áp dụng từ bên ngoài bằng cách uốn ở đỉnh của nền thủy tinh 100 MPa.

Sau khi thử nghiệm thiết bị con lắc được tiến hành trên các mẫu khác nhau, các mẫu được thử nghiệm về độ bền, độ bền này được tham chiếu trên hình vẽ ở FIG. 37 là "độ bền dư", độ bền dư này để chỉ độ bền của nền sau khi chịu va chạm bởi một lực va chạm như được xác định khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa. Các trị số độ bền dư được xác định sử dụng thử nghiệm 4 điểm uốn như được mô tả ở đây. Trong hình vẽ trên FIG. 37, đường nét chấm dọc biểu thị lực va chạm 800 N, và các lực va chạm để thử nghiệm các mẫu được chuẩn hóa trên trục x. ALT (nền thủy tinh nhôm silicat - các điểm dữ liệu hình thoi) có trị số độ bền dư kém nhất và không thể được thử nghiệm ở mức lực va chạm 800 N, vì tất cả các phần không nằm ở mức lực va chạm thấp hơn. Các nền thủy tinh ALT2 (các điểm dữ liệu tam giác) chịu va chạm với lực va chạm 800 N không có độ bền dư lớn hơn 125 N. Tuy nhiên, các nền thủy tinh sản xuất theo các vật phẩm thủy tinh yêu cầu bảo hộ ở đây và được tạo ra theo các ví dụ 1-64 ở trên và các ví dụ 1-6 dưới đây được thể hiện là 1506 (các điểm dữ liệu hình vuông) tất cả đều có các trị số độ bền dư vượt trên 125 MPa, cụ thể là lớn hơn 150 MPa, và một số lớn hơn 200 MPa.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các phương án khác nhau sẽ được làm sáng tỏ hơn nữa thông qua các ví dụ sau. Trong các ví dụ này, trước khi được gia cường, các ví dụ được tham chiếu là "nền". Sau khi được gia cường, các ví dụ được tham chiếu là "vật phẩm" hoặc "vật phẩm trên cơ sở thủy tinh".

Ví dụ 1

Các ví dụ 1A-1G bao gồm nền thủy tinh có thành phần danh định khoảng 63,46% mol SiO_2 , 15,71% mol Al_2O_3 , 6,37% mol Li_2O , 10,69% mol Na_2O , 0,06% mol MgO , 1,15% mol ZnO , 2,45% mol P_2O_5 , và 0,04% mol SnO_2 . Nền thủy tinh có độ dày 0,8 mm. Nền thủy tinh trong các ví dụ 1A-1G được trao đổi ion trong một bể muối nóng chảy chứa 100% NaNO_3 và có nhiệt độ khoảng 390°C , theo các điều kiện trong bảng 2. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thu được thể hiện các giá trị CT tối đa, các giá trị này được lập biểu đồ dưới dạng hàm số về thời gian trao đổi ion trong Fig. 10.

Bảng 2: Điều kiện trao đổi ion của các ví dụ 1A-1G.

Ví dụ	Thời gian được nhúng trong bể (giờ)	CT cực đại
1A	0,5	30
1B	1	42
-1C	1,5	52
-1D	2	56
-1E	3,75	67
-1F	8	63
-1G	16	55

Biên dạng ứng suất của ví dụ 1E được xác định sử dụng phương pháp RNF, như được mô tả ở đây. Fig. 11 thể hiện ứng suất đo được dưới dạng hàm số của độ sâu kéo dài từ bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh của ví dụ 1E vào trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Ứng suất tại các độ sâu cụ thể được thể hiện trong bảng 3, bao gồm cả tại “điểm uốn” có độ sâu mà tại đó, độ dốc của ứng suất thay đổi một cách mạnh mẽ. Trong hình vẽ trên FIG. 11, các số dương được sử dụng cho ứng suất nén, và các số âm để chỉ ứng suất kéo. Quy ước tương tự này (ứng suất nén được chỉ dẫn là các giá trị

ương trên trục y, và ứng suất kéo được chỉ dẫn bởi các giá trị âm trên trục y) cũng được sử dụng trong các FIG. 1-3. Tuy nhiên, ở phần còn lại của các hình vẽ, ứng suất nén được chỉ dẫn là các giá trị âm trên trục y và ứng suất kéo được chỉ dẫn là các giá trị dương trên trục y.

Bảng 3: Ứng suất tại các độ sâu cụ thể của ví dụ 1E.

Độ sâu (micromet)	Ứng suất (MPa)
12 (“điểm uốn”)	161
50	95
100	36
150	0

Ví dụ 2

Ví dụ 2A bao gồm nền thủy tinh có thành phần giống như ví dụ 1 và độ dày 0,8 mm. Nền thủy tinh được trao đổi ion trong một bể muối nóng chảy đơn chứa 51% KNO₃ và 49% NaNO₃, và có nhiệt độ khoảng 380°C, trong thời gian 3,75 giờ. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thu được biểu thị biên dạng ứng suất như được mô tả trong bảng 4.

Bảng 4: Biên dạng ứng suất của ví dụ 2A.

Ứng suất nén bề mặt	500 MPa
DOL kali của kali	12 micromet
Ứng suất tại DOL kali của kali	161 MPa
CT cực đại	70 MPa
DOC	150 micromet

Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo ví dụ 2A được cho tiến hành thử nghiệm AROR như mô tả ở đây. Một tập hợp các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được mài mòn sử dụng tải hoặc áp suất 5 psi, tập hợp các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thứ hai được mài mòn sử dụng tải hoặc áp suất 25 psi, và tập hợp vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thứ ba được mài mòn sử dụng tải hoặc áp suất 45 psi. Dữ liệu AROR được thể hiện trên Fig. 12. Như được thể hiện trên Fig. 12, tất cả các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo ví dụ 2A biểu thị tải trung bình gây hư hỏng lớn hơn khoảng 20 kgf.

Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo ví dụ 2A được kiểm tra trên các thiết bị điện thoại di động tương tự. Các thiết bị điện thoại này được thả rơi từ các độ cao gia tăng bắt đầu từ 20 cm lên giấy nhám có độ nhám 180 grit. Nếu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh vẫn bền nguyên sau khi thả rơi từ một độ cao (ví dụ, 20 cm), điện thoại di động lại được thả rơi từ độ cao lớn hơn (ví dụ, 30 cm, 40 cm, 50 cm, v.v.) tới độ cao 225 cm. Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bền nguyên sau đó được thả rơi lên giấy nhám 30 grit (ở cùng các thiết bị điện thoại). Độ cao mà tại đó, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được thả rơi lên cả giấy nhám 180 grit và giấy nhám 30 grit được lập biểu đồ trên Fig. 13. Như được thể hiện trên Fig. 13, toàn bộ trừ hai vật phẩm trên cơ sở thủy tinh của ví dụ 2A vẫn bền nguyên sau khi được thả rơi lên giấy nhám 180 grit ở các độ cao tới khoảng 225 cm (cung cấp độ cao thả rơi trung bình bền nguyên khoảng 216 cm). Độ cao thả rơi trung bình bền nguyên lên giấy nhám 30 grit là 66 cm, với một số bền nguyên ở các độ cao trên 100 cm.

Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo ví dụ 2A biểu thị hằng số điện môi từ khoảng 6,9 đến khoảng 7,05 trên dải tần nằm trong phạm vi từ khoảng 480 MHz đến khoảng 3000 MHz. Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo ví dụ 2A biểu thị tang số tổn thất điện môi nằm trong phạm vi từ khoảng 0,012 đến khoảng 0,015 trên dải tần nằm trong phạm vi từ khoảng 480 MHz đến khoảng 3000 MHz.

Chỉ số khúc xạ của các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo ví dụ 2A nằm trong phạm vi từ khoảng 1,49 đến khoảng 1,518 trong phạm vi từ khoảng 380 nm đến khoảng 1550 nm, và từ khoảng 1,497 đến khoảng 1,518 theo bước sóng nằm trong phạm vi từ khoảng 380 nm đến khoảng 800 nm.

Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo ví dụ 2A được cho tiến hành các xử lý hóa học khác nhau như được thể hiện trong bảng 5. Độ bền hóa học của các vật phẩm

trên cơ sở thủy tinh được so sánh với các ví dụ so sánh 2B, 2C và 2D. Ví dụ so sánh 2B là nền thủy tinh có thành phần danh định gồm 64,3% mol SiO_2 , 7,02% mol B_2O_3 , 14% mol Al_2O_3 , 14% mol Na_2O , 0,5% mol K_2O , 0,03% mol Fe_2O_3 , và 0,1% mol SnO_2 . Ví dụ so sánh 2C là nền thủy tinh có thành phần danh định gồm 64,75% mol SiO_2 , 5% mol B_2O_3 , 14% mol Al_2O_3 , 13,75% mol Na_2O , 2,4% mol MgO , và 0,08% mol SnO_2 . Ví dụ so sánh 2D bao gồm nền thủy tinh có thành phần danh định gồm 57,5% mol SiO_2 , 16,5% mol Al_2O_3 , 16,71% mol Na_2O , 2,8% mol MgO , 0,05% mol SnO_2 và 6,5% mol P_2O_5 .

Bảng 5: Độ bền hóa học của ví dụ 2A và các ví dụ so sánh 2B, 2C, và 2D.

Xử lý hóa học	Sự tổn hao khối lượng (mg/cm ²)			
	Ví dụ so sánh 2B	Ví dụ so sánh 2C	Ví dụ so sánh 2D	Ví dụ 2A
5% khối lượng/khối lượng HCl, 95°C, 24 giờ	29,3	6,7	50	5,77
5% khối lượng/khối lượng NaOH, 95°C, 6 giờ	2,8	2,4	5,8	2,68
10% HF, nhiệt độ trong phòng, 20 phút	20,8	18,1	37,4	24,03
10% amoni biflorua (ABF), nhiệt độ trong phòng, 20 phút	2	2,7	3,2	0,98

Ví dụ 3

Ví dụ 3A bao gồm các nền thủy tinh có thành phần giống như ví dụ 1 và độ dày 0,8mm. Ví dụ so sánh 3B bao gồm các nền thủy tinh có thành phần giống như ví dụ so sánh 2D và độ dày 0,8 mm. Các nền thủy tinh của ví dụ 3A được gia cường hóa học trong một bước đơn sử dụng một bể đơn, như được mô tả trong bảng 6. Các nền

thủy tinh trong ví dụ so sánh 3B được trao đổi ion trong một quy trình 2 bước, như được mô tả trong bảng 6.

Bảng 6: Điều kiện trao đổi ion của ví dụ 3A và ví dụ so sánh 3B.

		Ví dụ 3A	Ví dụ so sánh 3B
Bước thứ nhất	Thành phần trong bể muối nóng chảy	49% NaNO ₃ /51% KNO ₃	49% NaNO ₃ /51% KNO ₃
	Nhiệt độ của bể	380°C	460°C
	Thời gian nhúng	3,75 giờ	14 giờ
Bước thứ hai	Thành phần trong bể muối nóng chảy	-	99,5% KNO ₃ /0,5% NaNO ₃
	Nhiệt độ của bể	-	390°C
	Thời gian nhúng	-	0,25 giờ
Các đặc tính của vật phẩm thủy tinh thu được	Ứng suất nén bề mặt	500 MPa	825 MPa
	DOL kali	12 micromet	10 micromet
	Ứng suất tại DOL kali	160 MPa	220 MPa
	DOC	150 micromet	100 micromet

Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo ví dụ 3A và ví dụ so sánh 3B được kiểm tra trên các thiết bị điện thoại di động tương tự. Các thiết bị điện thoại này được thả rơi từ các độ cao gia tăng bắt đầu từ 20 cm lên giấy nhám có độ nhám 30 grit. Độ cao mà tại đó, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được thả rơi lên giấy nhám 30 grit vẽ biểu đồ trên Fig. 14. Như được thể hiện trên Fig. 14, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh của ví dụ 3A biểu thị độ cao thả rơi trung bình bền nguyên cao hơn hai lần (tức là, 91 cm) so với độ cao thả rơi trung bình bền nguyên của ví dụ so sánh 3B (tức là, 38 cm).

Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo ví dụ 3A và ví dụ so sánh 3B được cho tiến hành thử nghiệm AROR, như được mô tả ở đây, sử dụng tải hoặc áp suất 25 psi. Các nền trên cơ sở thủy tinh của ví dụ 3A biểu thị tải trung bình gây hư hỏng khoảng 30 kgf, trong khi các nền trên cơ sở thủy tinh của ví dụ so sánh 3B biểu thị tải trung bình gây hư hỏng khoảng 27 kgf, như được thể hiện trên Fig. 15. Khi tải hoặc áp suất mài mòn được gia tăng lên 45 psi, sự chênh lệch về tải trung bình gây hư hỏng của ví dụ 3A và ví dụ so sánh 3B tăng lên. Cụ thể, dưới tải hoặc áp suất 45 psi, ví dụ 3A biểu thị tải trung bình gây hư hỏng khoảng 25,9 kgf, trong khi ví dụ so sánh 3B biểu thị tải trung bình gây hư hỏng khoảng 19,6 kgf, như được thể hiện trên Fig. 16.

Ví dụ 4

Các nền thủy tinh có thành phần danh nghĩa gồm 57,5% mol SiO_2 , 16,5% mol Al_2O_3 , 16,7% mol Na_2O , 2,5% mol MgO , và 6,5% mol P_2O_5 , và có độ dày khoảng 0,4 mm, 0,55 mm, hoặc 1 mm được tiến hành gia cường hóa học. Độ dày và điều kiện của việc gia cường hóa học được thể hiện trong bảng 7.

Bảng 7: Độ dày và điều kiện gia cường hóa học đối với các Ví dụ 4A-4D.

Ví dụ	Độ dày	Thành phần của bể	Nhiệt độ của bể
4A	0,4 mm	80% KNO_3 , 20% NaNO_3	430°C
4B	0,55 mm	80% KNO_3 , 20% NaNO_3	430°C
-4C	0,55 mm	90% KNO_3 , 10% NaNO_3	430°C
-4D	1,0 mm	70% KNO_3 , 30% NaNO_3	430°C

Hỗn hợp trong ví dụ 4A được nhúng trong bể muối nóng chảy, như được chỉ rõ trong bảng 7, trong thời gian 4 giờ, 8 giờ, 16 giờ, 32 giờ, 64 giờ và 128 giờ (Các ví dụ từ 4A-1 đến 4A-6). Hỗn hợp của ví dụ 4B được nhúng trong bể muối nóng chảy, như

được chỉ rõ trong bảng 7, trong thời gian 4 giờ, 8 giờ, 16 giờ, 32 giờ, 64 giờ và 128 giờ (các ví dụ từ 4B-1 đến 4B-6). Hỗn hợp của ví dụ 4C được nhúng trong bể muối nóng chảy, như được chỉ rõ trong bảng 7, trong thời gian 1 giờ, 2 giờ, 4 giờ, 8 giờ, 16 giờ và 32 giờ (các ví dụ từ 4C-1 đến 4C-6). Hỗn hợp của ví dụ 4D được nhúng trong bể muối nóng chảy, như được chỉ rõ trong bảng 7, trong thời gian 4 giờ, 8 giờ, 16 giờ, 32 giờ, 64 giờ và 128 giờ (các ví dụ từ 4D-1 đến 4D-6). Các biên dạng ứng suất của các ví dụ 4A-1 đến 4A-6, 4B-1 đến 4B-6, 4C-1 đến 4C-6, và 4D-1 đến 4D-6 lần lượt được thể hiện trên các Fig. 17, 19, 21 và 23. Trên các Fig. 17, 19, 21 và 23, độ sâu hoặc độ dày của các vật phẩm thủy tinh được vẽ biểu đồ theo trục x và ứng suất được vẽ biểu đồ theo trục y. Các trị số ứng suất dương là các trị số CT và các trị số ứng suất âm là các trị số CS.

Các trị số CT và DOC dưới dạng hàm số về thời gian nhúng trong bể muối nóng chảy của các ví dụ 4A-1 đến 4A-6, các ví dụ 4B-1 đến 4B-6, các ví dụ 4C-1 đến 4C-6 và 4D-1 đến 4D-6, lần lượt được thể hiện trên các Fig. 18, 20, 22, và 24.

Ví dụ 5

Các nền thủy tinh có thành phần danh định như được thể hiện trong bảng 8 và mỗi nền có độ dày khoảng 0,8 mm, được tiến hành gia cường hóa học trong bể muối nóng chảy chứa hỗn hợp NaNO_3 và NaSO_4 và nhiệt độ 500°C trong 15 phút (ví dụ so sánh 8A) và trong 16 giờ (Ví dụ 8B).

Bảng 8: Thành phần cả nền thủy tinh của ví dụ 5, trước khi gia cường hóa học.

Ví dụ =>	5
Oxit [%mol]	
SiO_2	69,2
Al_2O_3	12,6
B_2O_3	1,8
Li_2O	7,7

Ví dụ $\Rightarrow$	5
Na ₂ O	0,4
MgO	2,9
ZnO	1,7
TiO ₂	3,5
SnO ₂	0,1
$\frac{[Li_2O+Na_2O+MgO+ZnO+K_2O]}{[Al_2O_3+B_2O_3]}$	$\frac{12,7}{14,4} = 0,88$
$\frac{[TiO_2+SnO_2]}{[SiO_2+B_2O_3]}$	$\frac{3,6}{71} = 0,051$

Biên dạng ứng suất của các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh của các ví dụ 5A và 5B được thể hiện trên Fig. 25. Như được thể hiện trên Fig. 25, ví dụ so sánh 5A biểu thị biên dạng ứng suất đã biết, trong khi đó, ví dụ 5B thể hiện biên dạng ứng suất theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế này. Năng lượng kéo dãn trữ của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh của các ví dụ 5A và 5B được tính toán từ dữ liệu biên dạng ứng suất SCALP đo được và sử dụng phương trình (2) nêu trên. Năng lượng kéo dãn trữ tính toán được vẽ biểu đồ dưới dạng hàm số của CT đo được (MPa), như được thể hiện trên Fig. 26.

Như được thể hiện trên Fig. 26, ví dụ so sánh 5A biểu thị các trị số năng lượng kéo dãn trữ đối với trị số CT xác định lớn hơn nhiều so với ví dụ 5B (đối với cùng trị số CT). Trong hình vẽ này, CT là CT tối đa trong mẫu. Cụ thể, ở mức CT bằng khoảng 55 MPa, ví dụ so sánh 5A thể hiện năng lượng kéo dãn trữ khoảng 6,5 J/m², trong khi đó ví dụ 5B thể hiện năng lượng kéo dãn trữ khoảng 3,5 J/m². Sản phẩm trong ví dụ so sánh 5A và ví dụ 5B bị nứt vỡ và ví dụ 5B nứt vỡ thành ít mảnh hơn so với ví dụ so sánh 5A, ví dụ 5A này nứt vỡ thành số lượng mảnh lớn hơn đáng kể. Do đó, không bị ràng buộc bởi lý thuyết, người ta tin rằng, việc kiểm soát năng lượng kéo dãn trữ có thể

tạo ra cách thức để kiểm soát hoặc dự đoán các kiểu vỡ hoặc số lượng mảnh vỡ thu được từ sự nứt vỡ. Trong các ví dụ này, CT được thay đổi bằng cách giữ mẫu trong bể trao đổi ion trong thời gian lâu hơn trong khi sử dụng cùng nhiệt độ và thành phần trong bể. Trên Fig. 26, điểm 0,0 không phải là điểm thực nghiệm, nhưng một người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ kỳ vọng, tức là, khi tồn tại CT 0, thì sẽ có năng lượng kéo dự trữ bằng 0.

Các nền thủy tinh có thành phần danh định như được thể hiện trong bảng 8 và mỗi nền có độ dày khoảng 1 mm, được cho tiến hành gia cường hóa học trong bể muối nóng chảy chứa NaNO_3 và nhiệt độ 430°C trong 4 giờ (ví dụ so sánh 5C) và trong 61,5 giờ (ví dụ 5D). Ví dụ so sánh 5C thể hiện biên dạng ứng suất đã biết, trong khi đó ví dụ 5D thể hiện biên dạng ứng suất theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế. Năng lượng kéo dự trữ của các ví dụ 5C và 5D được tính toán sử dụng cùng phương pháp được sử dụng trong các ví dụ 5A-5B và được vẽ biểu đồ dưới dạng hàm số của CT đo được (MPa), như được thể hiện trên Fig. 27.

Như được thể hiện trên Fig. 27, ví dụ so sánh 5C biểu thị các trị số năng lượng kéo dự trữ đối với trị số CT xác định (cũng như trong Fig. 27, đây là các trị số CT tối đa, và các trị số được thay đổi bằng cách sử dụng cùng nhiệt độ trao đổi ion và thành phần trong bể, nhưng với các giai đoạn thời gian kéo dài hơn) lớn hơn nhiều so với ví dụ 5D (đối với cùng trị số CT). Ví dụ so sánh 5C và Ví dụ 5D bị nứt vỡ và Ví dụ 5D nứt vỡ thành ít mảnh hơn so với Ví dụ so sánh 5C, Ví dụ 8C này nứt vỡ thành số lượng mảnh lớn hơn đáng kể.

Ví dụ 6

Bảng 9 liệt kê các thành phần minh họa (các ví dụ 6A-6J) của nền thủy tinh được mô tả ở đây. Bảng 10 liệt kê các tính chất vật lý lựa chọn được xác định cho các ví dụ liệt kê trong bảng 9. Các tính chất vật lý liệt kê trong bảng 10 bao gồm: tỷ trọng; CTE; điểm biến dạng, điểm ủ và điểm hóa mềm; nhiệt độ đường lỏng; độ nhót đường lỏng; mô đun Young; chỉ số khúc xạ, và hệ số ứng suất quang.

Bảng 9. Ví dụ về các thành phần thủy tinh nhôm silicat kiềm.

Thành phần (%mol)	Ví dụ 6A	Ví dụ 6B	Ví dụ - 6C	Ví dụ - 6D	Ví dụ - 6E	Ví dụ - 6F	Ví dụ - 6G
Al ₂ O ₃	16,67	16,73	16,70	16,73	16,17	16,13	15,73
B ₂ O ₃							
Cs ₂ O				0,46			
Li ₂ O	7,46	7,41	7,30	7,42	7,45	7,54	7,45
Na ₂ O	8,75	8,28	7,77	7,85	8,30	7,76	8,77
P ₂ O ₅	3,46	3,95	3,94	3,92	3,45	3,94	3,38
SiO ₂	63,62	63,58	64,24	63,56	63,61	63,61	63,71
SnO ₂	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
ZnO					0,98	0,97	0,96
R ₂ O	16,21	15,69	15,07	15,27	15,75	15,30	16,22
B ₂ O ₃ + P ₂ O ₅ + SiO ₂ + Al ₂ O ₃	83,74	84,26	84,88	84,22	83,23	83,68	82,82

Thành phần (%mol)	Ví dụ - 6H	Ví dụ - 6I	Ví dụ 6J
Al_2O_3	15,65	16,68	16,66
B_2O_3			
Cs_2O			
Li_2O	7,47	9,99	12,38
Na_2O	8,27	7,32	4,84
P_2O_5	3,91	2,45	2,44
SiO_2	63,67	63,50	63,63
SnO_2	0,05	0,05	0,05
ZnO	0,98		
-R ₂ O	15,74	17,31	17,22
$\text{B}_2\text{O}_3 +$ $\text{P}_2\text{O}_5 +$ $\text{SiO}_2 +$ Al_2O_3	83,23	82,64	82,73

Bảng 10. Các tính chất vật lý lựa chọn của các thủy tinh được liệt kê trong bảng 9.

	Ví dụ 6A	Ví dụ 6B	Ví dụ - 6C	Ví dụ - 6D	Ví dụ - 6E	Ví dụ - 6F	Ví dụ - 6G
Các Fulcher A	-3,933	-3,681	-3,994	-4,132	-4,049	-3,657	-4,147
Các Fulcher B	10000,7	9453,7	10199,7	10556,7	10414,5	9531,9	10785,5
Các Fulcher đến	50,4	85,5	41,3	22,6	-0,8	50,1	-38,5
Nhiệt độ 200 P (°C)	1655	1666	1662	1664	1639	1650	1634
Nhiệt độ 35000 P (°C)	1230	1235	1236	1239	1211	1212	1202
Nhiệt độ 200000 P (°C)	1133	1138	1139	1142	1113	1114	1103
Tỷ trọng (g/cm ³)	2,396	2,389	2,389	2,413	2,413	2,406	2,415
CTE 25-300°C (ppm/°C)	73,9	71,7	72,5	72,8	71,5	69	74,7
Điểm biến dạng (°C)	606	605	604	605	587	589	578
Điểm ủ (°C)	661	662	661	661	642	644	631
Điểm hóa mềm (°C)	926,4	931,7	930,3	935,1	908,6	912,3	898,4
Nhiệt độ	1080	1095	1090	1095	1080	1100	1055

đường lỏng (°C)							
Độ nhớt đường lỏng (P)	602823	482764	539563	515222	386294	264159	520335
Hệ số ứng suất quang (nm/mm/MPa)	30,04	30,43	30,43	30,4	30,51	3,083	30,34
Chỉ số khúc xạ tại 589,3 nm	1,5016	1,5003	1,5003	1,5010	1,5037	1,5021	1,5035
Mô đun Young (GPa)	75,84	75,57	75,70	75,15	76,67	75,77	76,12

	Ví dụ -6H	Ví dụ -6I	Ví dụ 6J
Các Fulcher A	-3,649	-3,231	-2,918
Các Fulcher B	9623,9	8275,1	7331,7
Các Fulcher đến	33,9	126,8	188,3
Nhiệt độ 200 P (°C)	1651	1623	1593
Nhiệt độ 35000 P (°C)	1209	1191	1171
Nhiệt độ 200000 P (°C)	1109	1097	1080
Tỷ trọng (g/cm ³)	2,408	2,401	2,394
CTE 25-300°C (ppm/°C)	71,7	74,5	70,4

Điểm biến dạng (°C)	579	607	607
Điểm ủ (°C)	633	656	656
Điểm hóa mềm (°C)	898,7	900,7	900
Nhiệt độ đường lỏng (°C)	1090	1180	1265
Độ nhớt đường lỏng (P)	290856	42277	7788
Hệ số ứng suất quang (nm/mm/MPa)	3,028	2,937	2,926
Chỉ số khúc xạ tại 589,3 nm	1,5022	1,5071	1,5099
Mô đun Young (GPa)	75,84	78,60	79,91

Các thành phần của ví dụ 6A-6H được tạo thành các vật phẩm thủy tinh (có dạng tấm và có độ dày đặc trưng) và sau đó, được gia cường hóa học bằng cách nhúng vào trong bể muối nóng chảy có nhiệt độ đặc trưng, trong khoảng thời gian xác định. Bảng 11 thể hiện độ dày của mỗi vật phẩm thủy tinh, điều kiện gia cường hóa học, và các trị số CT và DOC tối đa đo được của vật phẩm thủy tinh gia cường thu được.

Bảng 11: Điều kiện gia cường hóa học và các thuộc tính thu được của các vật phẩm thủy tinh.

	Ví dụ 6A	Ví dụ 6B	Ví dụ - 6C	Ví dụ - 6D
Nhúng trong bể muối nóng chảy chứa 100% NaNO ₃ có nhiệt độ 390 °C trong 4 giờ				
Độ dày (mm)	1,07	1,11	1,11	1,05

CT tối đa (MPa)	81	76	72	74
DOC là phần độ dày	0,19	0,19	0,19	0,17
Nhúng trong bể muối nóng chảy chứa 100% NaNO ₃ có nhiệt độ 390 °C trong 6 giờ				
Độ dày (mm)	1,08	1,1	1,12	1,04
CT tối đa (MPa)	89	80	87	86
DOC là phần độ dày	0,18	0,2	0,19	0,19
Nhúng trong bể muối nóng chảy chứa 100% NaNO ₃ có nhiệt độ 390°C trong 8 giờ				
Độ dày (mm)	1,07	1,1	1,11	1,03
CT tối đa (MPa)	88	83	84	87
DOC là phần độ dày	0,19	0,2	0,2	0,17

	Ví dụ - 6E	Ví dụ - 6F	Ví dụ - 6G	Ví dụ - 6H
Nhúng trong bể muối nóng chảy chứa 100% NaNO ₃ có nhiệt độ 390 °C trong 4 giờ				
Độ dày (mm)	1,05	1,02	1,09	1,09
CT tối đa (MPa)	81	82	77	73
DOC là phần độ dày	0,17	0,16	0,17	0,18
Nhúng trong bể muối nóng chảy chứa 100% NaNO ₃ có nhiệt độ 390 °C trong 6 giờ				
Độ dày (mm)	1,08	1,03	1,07	1,1
CT tối đa (MPa)	81	82	85	85
DOC là phần độ dày	0,2	0,2	0,19	0,2
Nhúng trong bể muối nóng chảy chứa 100% NaNO ₃ có nhiệt độ 390°C trong 8 giờ				
Độ dày (mm)	1,06	1,04	1,09	1,1

CT tối đa (MPa)	84	87	84	83
DOC là phần độ dày	0,18	0,18	0,2	0,19

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ hiểu rõ rằng, các biến đổi, thay đổi khác nhau có thể được đưa ra mà không nằm ngoài phạm vi bảo hộ của sáng chế. Ví dụ, các dấu hiệu khác có thể được kết hợp theo các phương án minh họa sau.

Phương án 1. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm:

bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định rõ độ dày (t) (mm);

nồng độ oxit kim loại mà vừa khác 0 và vừa thay đổi dọc theo phạm vi độ dày từ khoảng $0 \cdot t$ đến khoảng $0,3 \cdot t$; và

vùng ứng suất kéo trung tâm (CT) bao gồm CT tối đa (MPa) thấp hơn khoảng $71,5/\sqrt{t}$,

trong đó, khi vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bị rạn nứt, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh rạn nứt thành 2 mảnh/ in^2 hoặc ít hơn, trong đó kích thước mẫu sử dụng là hình vuông kích thước 5 cm x 5 cm (2 in x 2 in).

Phương án 2. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án 1, trong đó nồng độ của oxit kim loại là khác 0 và thay đổi dọc theo toàn bộ độ dày.

Phương án 3. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên, có ứng suất nén bề mặt (CS) khoảng 300 MPa hoặc lớn hơn.

Phương án 4. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án 3, trong đó ứng suất nén bề mặt là khoảng 400 MPa hoặc lớn hơn.

Phương án 5. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên, trong đó vùng CT có gradient nồng độ oxit kim loại.

Phương án 6. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên, có:

nồng độ oxit kim loại thứ nhất và nồng độ oxit kim loại thứ hai,

trong đó, nồng độ oxit kim loại thứ nhất thay đổi nằm trong phạm vi từ khoảng 15% mol đến khoảng 0% mol khi độ dày thay đổi trong phạm vi thứ nhất từ khoảng $0 \cdot t$ đến khoảng $0,5 \cdot t$, và

trong đó, nồng độ oxit kim loại thứ hai thay đổi nằm trong phạm vi từ khoảng 0% mol đến khoảng 10% mol khi độ dày thay đổi trong phạm vi thứ hai từ khoảng 0 micromet đến khoảng 25 micromet từ ít nhất một trong số bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai.

Phương án 7. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án 6, bao gồm oxit kim loại thứ ba.

Phương án 8. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm:

bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định ra độ dày (t); và

nồng độ của oxit kim loại mà vừa khác 0 và vừa thay đổi dọc theo phạm vi độ dày nằm trong khoảng từ $0 \cdot t$ đến khoảng $0,3 \cdot t$;

ứng suất nén bề mặt khoảng 200MPa hoặc lớn hơn; và

vùng CT có CT tối đa nhỏ hơn khoảng $71,5/\sqrt{t}$.

Phương án 9. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án 8, trong đó phạm vi độ dày của nồng độ oxit kim loại là từ khoảng $0 \cdot t$ đến khoảng $0,4 \cdot t$.

Phương án 10. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án 8 hoặc phương án 9, trong đó phạm vi độ dày của nồng độ oxit kim loại là từ khoảng $0 \cdot t$ đến khoảng $0,45 \cdot t$.

Phương án 11. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 1 đến 10, trong đó ion hóa trị một của oxit kim loại sinh ra ứng suất dọc theo phạm vi độ dày.

Phương án 12. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án 11, trong đó ion hóa trị một của oxit kim loại có đường kính ion lớn nhất trong số tất cả các ion hóa trị một của các oxit kim loại trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Phương án 13. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 1 đến 12, trong đó nồng độ của oxit kim loại giảm từ bề mặt thứ nhất tới giá trị tại điểm ở giữa bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai và gia tăng từ giá trị này đến bề mặt thứ hai.

Phương án 14. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 1 đến 13, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có độ khuếch tán ion natri hoặc ion kali khoảng $450 \mu\text{m}^2/\text{giờ}$ hoặc lớn hơn ở nhiệt độ khoảng 460°C và DOC lớn hơn khoảng $0,15 \cdot t$, và trong đó ứng suất nén bề mặt gấp 1,5 lần CT tối đa hoặc lớn hơn.

Phương án 15. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 8 đến 14, trong đó giá trị tuyệt đối của ứng suất nén bề mặt là lớn hơn giá trị tuyệt đối của CT tối đa.

Phương án 16. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 8 đến 15, trong đó ứng suất nén bề mặt là khoảng 300 MPa hoặc lớn hơn và độ dày là khoảng 2 millimet hoặc thấp hơn.

Phương án 17. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 8 đến 16, trong đó vùng CT bao gồm oxit kim loại mà vừa khác 0 và vừa thay đổi dọc theo phạm vi độ dày nằm trong khoảng từ $0 \cdot t$ đến khoảng $0,3 \cdot t$.

Phương án 18. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 1 đến 17, trong đó tỷ lệ của CT tối đa trên giá trị tuyệt đối của ứng suất nén bề mặt nằm trong phạm vi từ khoảng 0,1 đến khoảng 0,2.

Phương án 19. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm:

bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định ra độ dày (t) là nhỏ hơn khoảng 3 milimet; và

biên dạng ứng suất kéo dài dọc theo độ dày,

trong đó, tất cả các điểm của biên dạng ứng suất giữa phạm vi độ dày nằm trong khoảng từ $0 \cdot t$ đến $0,3 \cdot t$ và từ lớn hơn khoảng từ $0,7 \cdot t$ đến t , bao gồm tiếp tuyến với độ dốc có trị số tuyệt đối lớn hơn khoảng 0,1 MPa/micromet,

trong đó, biên dạng ứng suất bao gồm CS tối đa, DOC và ứng suất kéo trung tâm tối đa thấp hơn khoảng $71,5/\sqrt{t}$ (MPa), trong đó tỷ lệ của CT tối đa trên giá trị

tuyệt đối của CS tối đa nằm trong phạm vi từ khoảng 0,01 đến khoảng 0,2 và trong đó DOC là khoảng $0,1 \cdot t$ hoặc lớn hơn, và

trong đó, khi vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bị rạn nứt, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh rạn nứt thành 2 mảnh/ in^2 hoặc ít hơn, trong đó kích thước mẫu sử dụng là hình vuông kích thước 5 cm x 5 cm (2 in x 2 in).

Phương án 20. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 1 đến 7 hoặc phương án 19, có ứng suất nén bề mặt khoảng 200 MPa hoặc lớn hơn và độ sâu hóa học của lớp là khoảng $0,4 \cdot t$ hoặc lớn hơn.

Phương án 21. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm:

bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định rõ độ dày (t) (mm);

nồng độ oxit kim loại mà vừa khác 0 và vừa thay đổi dọc theo phạm vi độ dày từ khoảng $0 \cdot t$ đến khoảng $0,3 \cdot t$; và

vùng ứng suất kéo trung tâm (CT) bao gồm CT tối đa (MPa) thấp hơn khoảng $71,5/\sqrt{t}$,

trong đó, vật phẩm thể hiện ít nhất một trong số:

(i) ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng lớn hơn 500 Newton khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa; và

(ii) độ bền dư 125 Mpa hoặc cao hơn sau khi chịu va chạm bởi một lực va chạm 800 N khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa.

Phương án 22. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án 21, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có ứng suất nén bề mặt lớn hơn khoảng 200MPa.

Phương án 23. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm:

bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định ra độ dày (t) là nhỏ hơn khoảng 3 milimet; và

biên dạng ứng suất kéo dài dọc theo độ dày,

trong đó, tất cả các điểm của biên dạng ứng suất giữa phạm vi độ dày nằm trong khoảng từ $0 \cdot t$ đến $0,3 \cdot t$ và từ lớn hơn khoảng $0,7 \cdot t$ đến t , bao gồm tiếp tuyến với độ dốc có trị số tuyệt đối lớn hơn khoảng 0,1 MPa/micromet,

trong đó, biên dạng ứng suất bao gồm CS tối đa, DOC và ứng suất kéo trung tâm tối đa thấp hơn khoảng $71,5/\sqrt{t}$ (MPa) , trong đó tỷ lệ của CT tối đa trên giá trị tuyệt đối của CS tối đa nằm trong phạm vi từ khoảng 0,01 đến khoảng 0,2 và trong đó DOC là khoảng $0,1 \cdot t$ hoặc lớn hơn, và

trong đó, vật phẩm thể hiện ít nhất một trong số:

- (i) ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng lớn hơn 500 Newton khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa; và
- (ii) độ bền dư 125 Mpa hoặc cao hơn sau khi chịu va chạm bởi một lực va chạm 800 N khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa.

Phương án 24. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm:

bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định rõ độ dày (t) (mm); và

oxit kim loại mà tạo ra gradient nồng độ,

trong đó, nồng độ của oxit kim loại giảm từ bề mặt thứ nhất tới giá trị tại điểm ở giữa bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai và gia tăng từ giá trị này đến bề mặt thứ hai,

trong đó, nồng độ oxit kim loại tại điểm này là khác 0, và

trong đó, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm năng lượng kéo dự trữ nằm trong phạm vi từ khoảng lớn hơn 0 J/m^2 đến nhỏ hơn 25 J/m^2 và mô đun Young nhỏ hơn khoảng 80 GPa.

Phương án 25. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 1 đến 18, hoặc phương án 24, trong đó nồng độ của oxit kim loại là khoảng 0,05% mol hoặc cao hơn trong suốt toàn bộ độ dày.

Phương án 26. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 1 đến 18, phương án 24 hoặc 25, trong đó nồng độ của oxit kim loại tại

bề mặt thứ nhất lớn hơn gấp khoảng 1,5 lần hoặc hơn so với nồng độ của oxit kim loại ở độ sâu tương đương khoảng $0,5 \cdot t$.

Phương án 27. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 1 đến 18, phương án 20, hoặc phương án từ 24 đến 26, trong đó tổng nồng độ của oxit kim loại nằm trong phạm vi từ khoảng 1% mol đến khoảng 15% mol.

Phương án 28. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 1 đến 18, phương án 20 hoặc phương án từ 24 đến 27, trong đó oxit kim loại bao gồm bất kỳ một hoặc nhiều trong số Li_2O , Na_2O , K_2O , Rb_2O , và Cs_2O .

Phương án 29. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 1 đến 18, phương án 20 hoặc phương án từ 24 đến 28, bao gồm lớp CS kéo dài từ bề mặt thứ nhất đến DOC, trong đó DOC là khoảng $0,1 \cdot t$ hoặc lớn hơn.

Phương án 30. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án 19, 20, hoặc phương án 24 đến 29, trong đó vùng CT bao gồm CT tối đa và tỷ lệ của CT tối đa trên giá trị tuyệt đối của ứng suất nén bề mặt nằm trong phạm vi từ khoảng 0,01 đến khoảng 0,2.

Phương án 31. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm:

bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định ra độ dày (t) là nhỏ hơn khoảng 3 milimet; và

biên dạng ứng suất kéo dài dọc theo độ dày,

trong đó, biên dạng ứng suất tại tất cả các điểm giữa phạm vi độ dày nằm trong khoảng từ $0t$ đến $0,3t$ và từ lớn hơn khoảng $0,7 \cdot t$ đến t , bao gồm gradien tại chỗ có giá trị tuyệt đối lớn hơn khoảng 0,1 MPa/micromet ,

trong đó, biên dạng ứng suất bao gồm CS tối đa, DOC và CT tối đa, trong đó tỷ lệ của CT tối đa trên giá trị tuyệt đối của CS tối đa nằm trong phạm vi từ khoảng 0,01 đến khoảng 0,2 và trong đó DOC là khoảng $0,1 \cdot t$ hoặc lớn hơn, và

trong đó, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm năng lượng kéo dự trữ nằm trong phạm vi từ khoảng lớn hơn 0 J/m² đến nhỏ hơn 25 J/m² và mô đun Young nhỏ hơn khoảng 80 GPa.

Phương án 32. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án 31, bao gồm nồng độ khác 0 của oxit kim loại mà thay đổi liên tục dọc theo toàn bộ độ dày.

Phương án 33. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án 31 hoặc phương án 32, bao gồm nồng độ khác 0 của oxit kim loại mà thay đổi liên tục dọc theo đoạn độ dày khoảng 10 micromet.

Phương án 34. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án 19, 20, 25, hoặc phương án từ 31 đến 33, trong đó CS tối đa là khoảng 300 MPa hoặc lớn hơn.

Phương án 35. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 8 đến 18, hoặc phương án từ 31 đến 34, có độ sâu hóa học của lớp là khoảng $0,4 \cdot t$ hoặc lớn hơn.

Phương án 36. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án 19, 20, phương án 24 đến 29, phương án 31 đến 35, bao gồm vùng CT, trong đó vùng CT bao gồm gradient nồng độ oxit kim loại.

Phương án 37. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 24 đến 36, trong đó CT tối đa nhỏ hơn khoảng $71,5/\sqrt{t}$ (MPa).

Phương án 38. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm:

biên dạng ứng suất bao gồm vùng CS và vùng CT, trong đó vùng CT được tính xấp xỉ bằng phương trình Ứng suất(x) = T cực đại - (((CT_n • (n+1))/0,5ⁿ) • |(x/t) - 0,5|ⁿ),

trong đó, T cực đại là giá trị ứng suất kéo cực đại và là giá trị dương tính theo đơn vị MPa,

trong đó, CT_n là giá trị ứng suất kéo tại n, CT_n là nhỏ hơn hoặc tương đương T cực đại, và là giá trị dương tính theo đơn vị MPa,

trong đó, x là vị trí dọc theo độ dày (t) tính bằng micromet, và x=0 tại bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, và

trong đó, n nằm trong khoảng từ 1,5 đến 5.

Phương án 39. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án 38, trong đó n nằm trong khoảng từ 1,5 đến 2.

Phương án 40. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án 38 hoặc 39, trong đó vùng CT bao gồm giá trị CT tối đa nằm trong phạm vi từ khoảng 50 MPa đến khoảng 250 MPa và giá trị CT tối đa là tại độ sâu nằm trong phạm vi từ khoảng $0,4t$ đến khoảng $0,6t$.

Phương án 41. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 38 đến 40, trong đó, đối với độ dày nằm trong phạm vi từ khoảng $0t$ đến khoảng $0,1t$, biên dạng ứng suất có độ dốc mà độ lớn của nó theo giá trị tuyệt đối nằm trong phạm vi từ khoảng 20 MPa/micron đến khoảng 200 MPa/micron.

Phương án 42. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 38 đến 41, trong đó biên dạng ứng suất được lấy xấp xỉ bằng cách kết hợp nhiều hàm số sai số được đo từ $0,5t$ đến bề mặt.

Phương án 43. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm:

biên dạng ứng suất bao gồm vùng CS và vùng CT, trong đó vùng CT được tính xấp xỉ bằng phương trình Ứng suất(x) = T cực đại – (((CT_n • (n+1))/0,5ⁿ)•|(x/t)–0,5|ⁿ),

trong đó, T cực đại là giá trị ứng suất kéo cực đại và là giá trị dương tính theo đơn vị MPa,

trong đó, CT_n là giá trị ứng suất kéo tại n, CT_n là nhỏ hơn hoặc tương đương T cực đại, và là giá trị dương tính theo đơn vị MPa,

trong đó, x là vị trí dọc theo độ dày (t) tính bằng micromet, và x=0 tại bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh,

trong đó, n nằm trong khoảng từ 1,5 đến 5, và

trong đó, vật phẩm thể hiện ít nhất một trong số:

(i) ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng lớn hơn 500 Newton khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa; và

(ii) độ bền dư 125 Mpa hoặc cao hơn sau khi chịu va chạm bởi một lực va chạm 800 N khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa.

Phương án 44. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm:

bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định rõ độ dày (t) (mm); và

oxit kim loại mà tạo ra gradient nồng độ,

trong đó, nồng độ của oxit kim loại giảm từ bề mặt thứ nhất tới giá trị tại điểm ở giữa bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai và gia tăng từ giá trị này đến bề mặt thứ hai,

trong đó, nồng độ oxit kim loại tại điểm này là khác 0, và

trong đó, vật phẩm thể hiện ít nhất một trong số:

(i) ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng lớn hơn 500 Newton khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa; và

(ii) độ bền dư 125 Mpa hoặc cao hơn sau khi chịu va chạm bởi một lực va chạm 800 N khi vật phẩm được uốn để truyền ứng suất kéo 100 MPa.

Phương án 45. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 21 đến 23, phương án 43, hoặc 44, trong đó vật phẩm thể hiện ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng lớn hơn 600 Newton.

Phương án 46. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 21 đến 23, phương án 44 hoặc 44, trong đó vật phẩm thể hiện ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng lớn hơn 700 Newton.

Phương án 47. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 21 đến 23, phương án 43, hoặc 44, trong đó vật phẩm thể hiện ngưỡng lực va chạm gây hư hỏng lớn hơn 800 Newton.

Phương án 48. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 21 đến 23, phương án 43 hoặc 44, trong đó vật phẩm thể hiện độ bền dư 150 Mpa hoặc cao hơn.

Phương án 49. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 21 đến 23, phương án 43 hoặc 44, trong đó vật phẩm thể hiện độ bền dư 200 Mpa hoặc cao hơn.

Phương án 50. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên, trong đó t bao gồm khoảng 3 millimet hoặc thấp hơn.

Phương án 51. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là vô định hình.

Phương án 52. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là tinh thể.

Phương án 53. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên, còn thể hiện hệ số truyền khoảng 88% hoặc lớn hơn theo bước sóng nằm trong phạm vi từ khoảng 380 nm đến khoảng 780 nm.

Phương án 54. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên, còn thể hiện các tọa độ không gian màu CIELAB, dưới nguồn sáng CIE F02, với các trị số L^* khoảng 88 và lớn hơn, các trị số a^* nằm trong phạm vi từ khoảng -3 đến khoảng +3, và các trị số b^* nằm trong phạm vi từ khoảng -6 đến khoảng +6.

Phương án 55. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có độ bền chống nứt vỡ (K_{IC}) là khoảng $0,65 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ hoặc lớn hơn.

Phương án 56. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên, có mô đun Young nhỏ hơn 80 GPa.

Phương án 57. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên, trong đó t bao gồm khoảng 1 millimet hoặc thấp hơn.

Phương án 58. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên, có độ nhót đường lỏng khoảng 100 kP hoặc lớn hơn.

Phương án 59. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên, bao gồm bất kỳ một hoặc nhiều trong số:

thành phần bao gồm một lượng kết hợp của Al_2O_3 và Na_2O lớn hơn khoảng 17% mol,

thành phần bao gồm lớn hơn khoảng 4% mol Na_2O ,

thành phần cơ bản không chứa B_2O_3 , ZnO , hoặc cả B_2O_3 và ZnO , và

thành phần bao gồm lượng khác 0 của P_2O_5 .

Phương án 60. Thiết bị bao gồm:

vỏ có bề mặt trước, bề mặt sau và các bề mặt bên;

các linh kiện điện mà nằm ít nhất một phần bên trong vỏ;

bộ hiển thị tại hoặc gần kề với bề mặt trước của vỏ; và

nền phủ bố trí ở trên mà hiển thị, trong đó nền phủ bao gồm vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm:

bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định rõ độ dày (t) (mm); và

nồng độ oxit kim loại mà vừa khác 0 và vừa thay đổi dọc theo phạm vi độ dày từ $0 \cdot t$ đến $0,3 \cdot t$;

ứng suất nén bề mặt bằng 300MPa hoặc lớn hơn; và

vùng CT có CT tối đa nhỏ hơn $71,5/\sqrt{t}$.

2. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 1, trong đó CT tối đa nằm trong khoảng từ 50 MPa đến 80 MPa.

3. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 1 hoặc 2, trong đó nồng độ của oxit kim loại giảm từ bề mặt thứ nhất tới giá trị tại điểm ở giữa bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai và gia tăng từ giá trị này đến bề mặt thứ hai.

4. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó ứng suất nén bề mặt lên đến 1000 MPa.

5. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó tỷ lệ của CT tối đa trên giá trị tuyệt đối của ứng suất nén bề mặt nằm trong khoảng từ 0,02 đến 0,2, tốt hơn là từ 0,04 đến 0,2, tốt hơn là từ 0,05 đến 0,2, tốt hơn là từ 0,1 đến 0,2.

6. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó t bằng 1 millimet hoặc thấp hơn.

7. Thiết bị bao gồm:

vỏ có bề mặt trước, bề mặt sau và các bề mặt bên;

các linh kiện điện mà nằm ít nhất một phần bên trong vỏ;

bộ hiển thị tại hoặc gần kề với bề mặt trước của vỏ; và

nền phủ bố trí ở trên màn hiển thị, trong đó nền phủ bao gồm vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên.

FIG. 1 (TÌNH TRẠNG KỸ THUẬT)

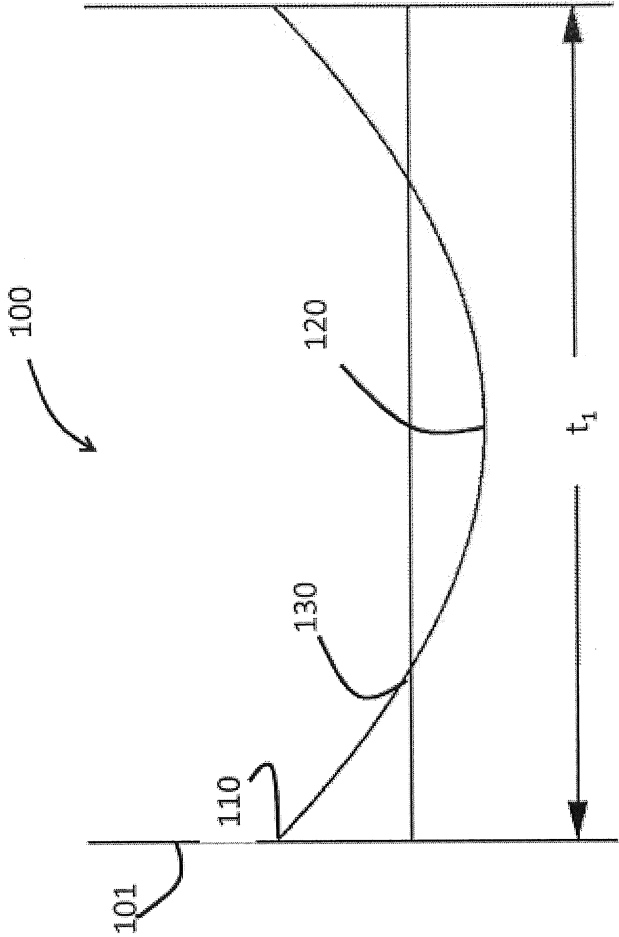
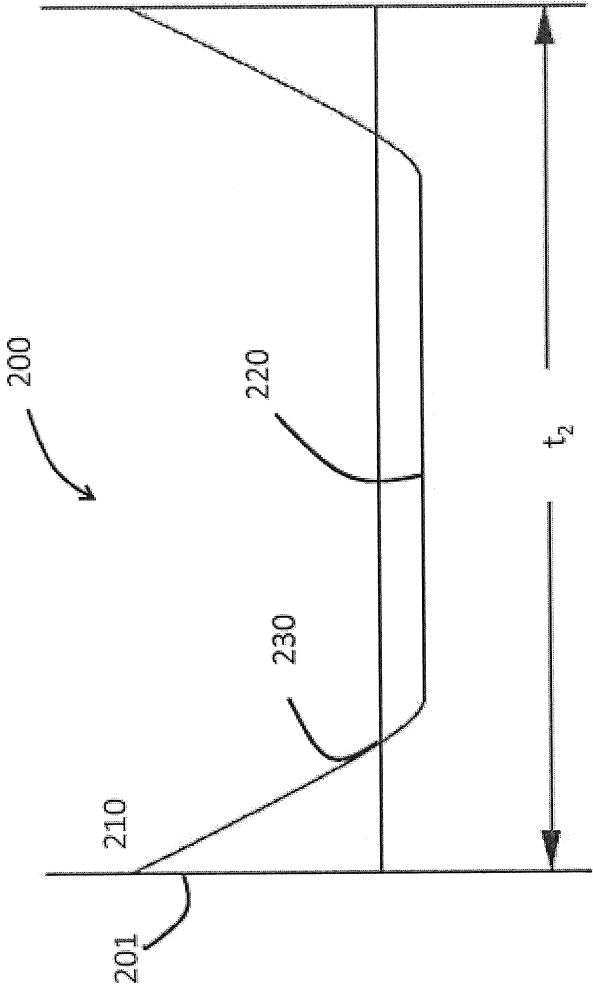
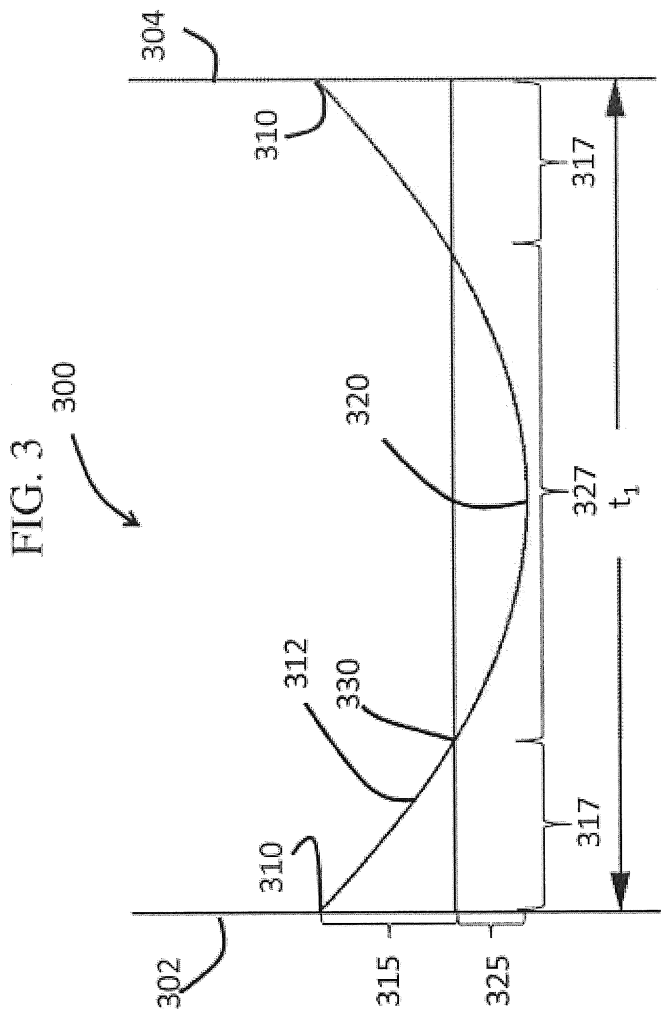


FIG. 2 (TÌNH TRẠNG KỸ THUẬT)

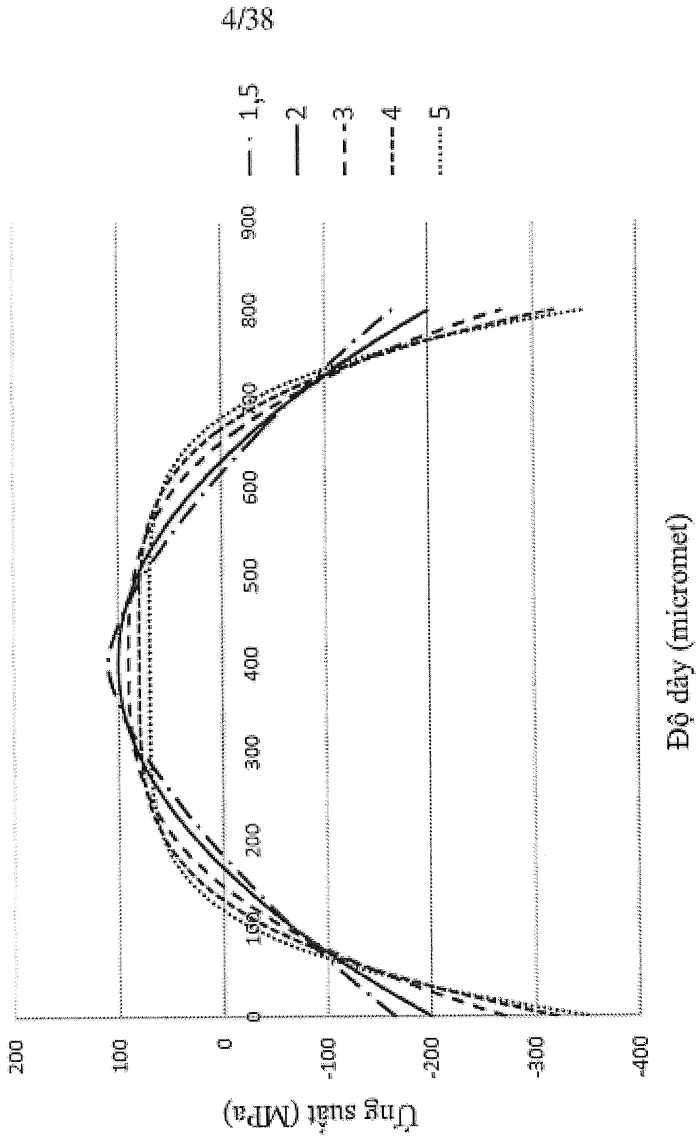


2/38



3/38

FIG. 4



5/38

FIG. 5A

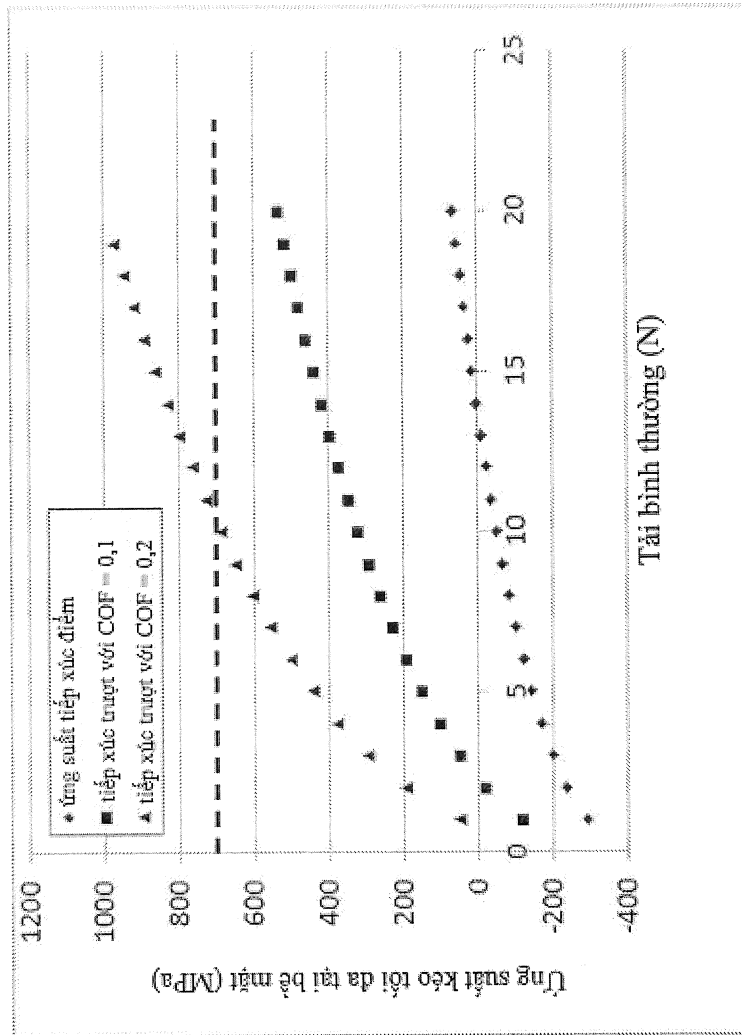


FIG. 5B

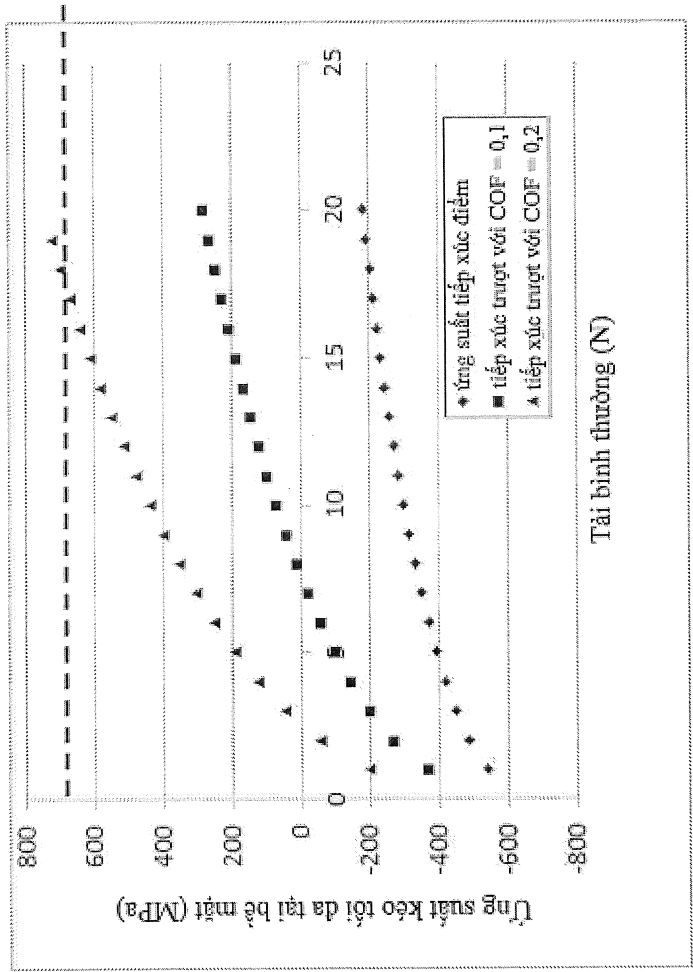


FIG. 6

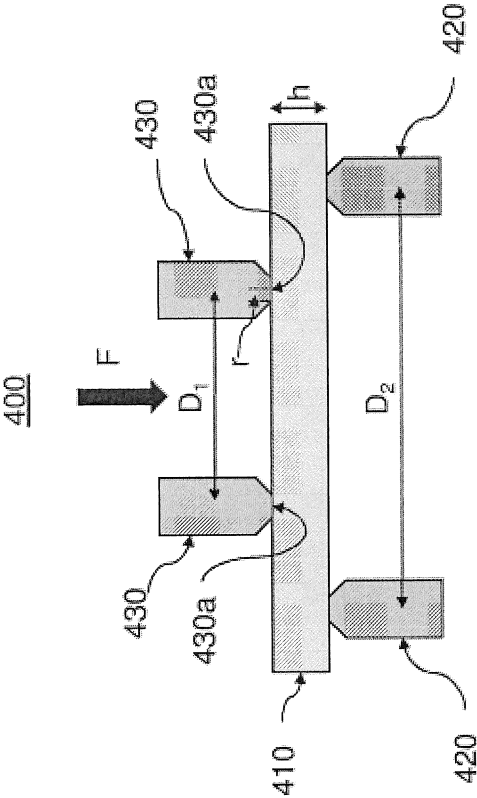


FIG. 7

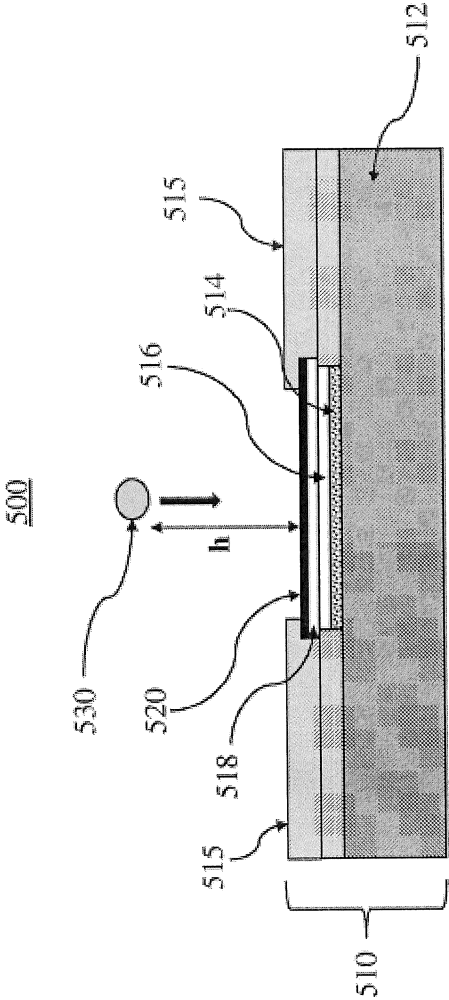


FIG. 8

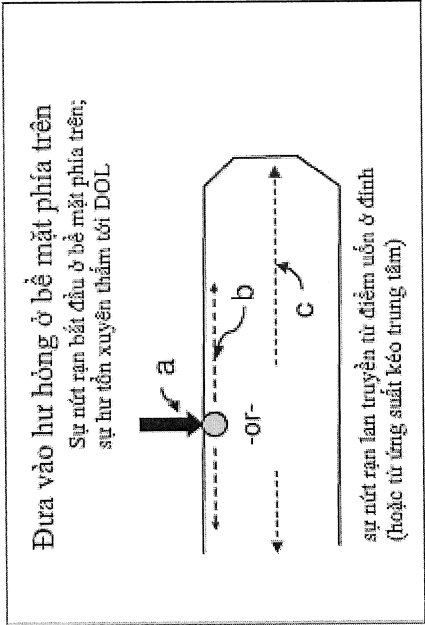


FIG. 9

600

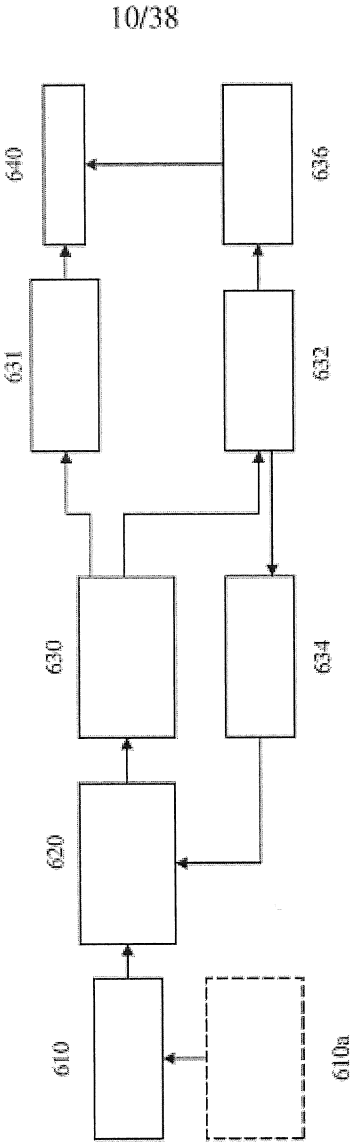
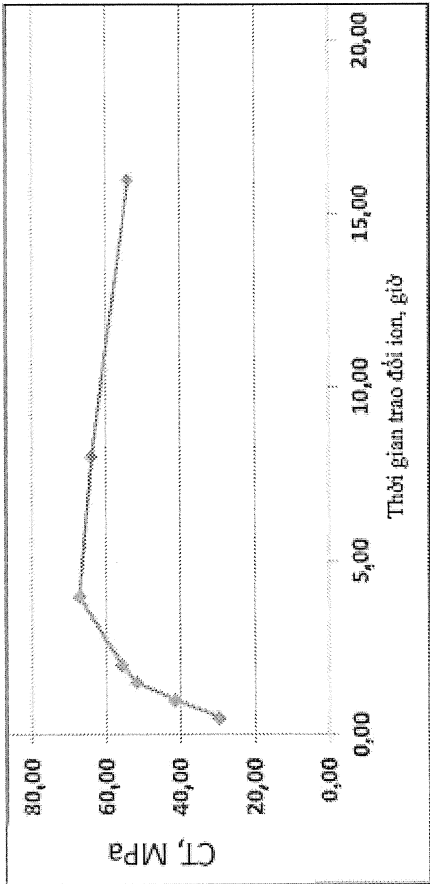


FIG. 10



12/38

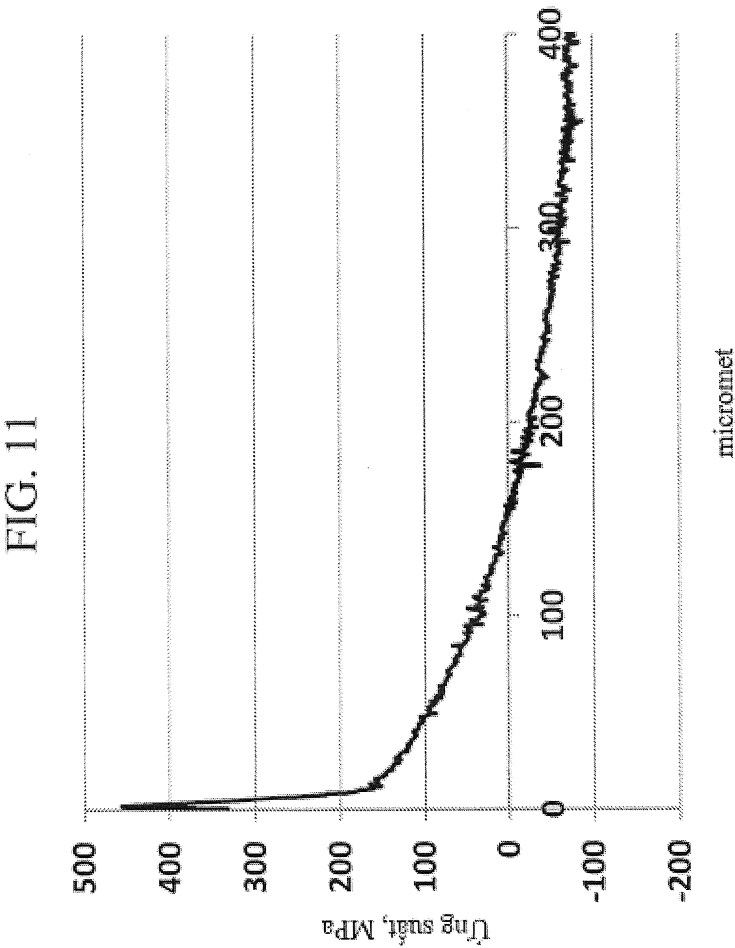


FIG. 12

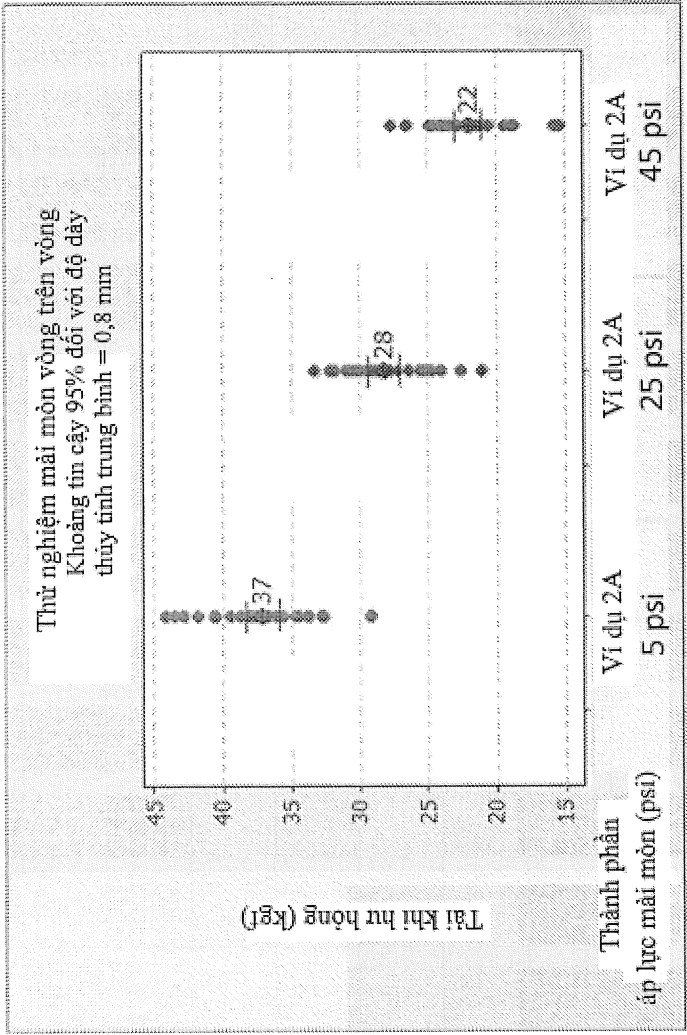
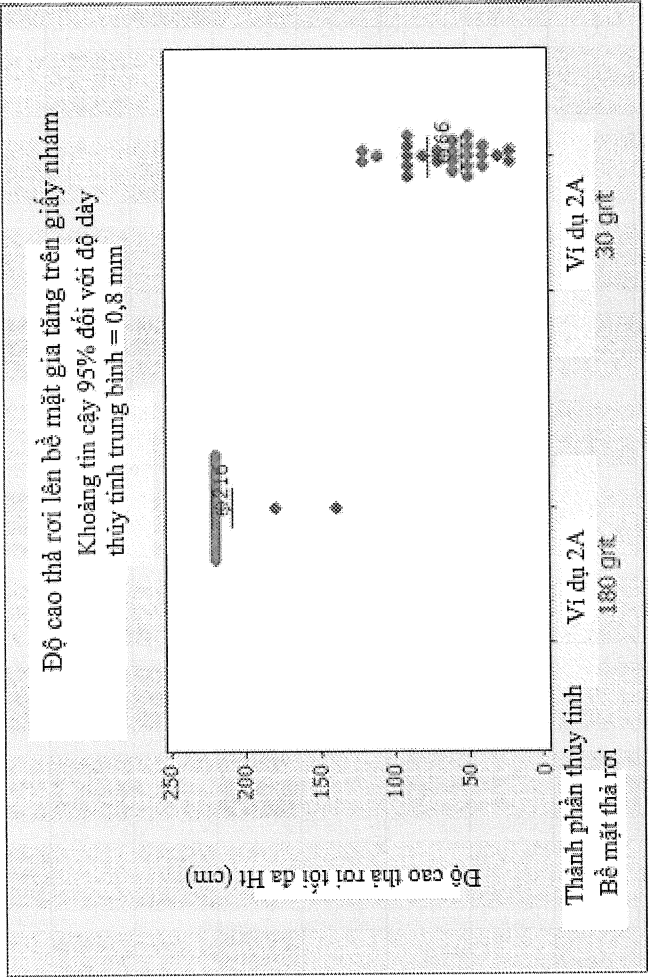


FIG. 13



15/38

FIG. 14

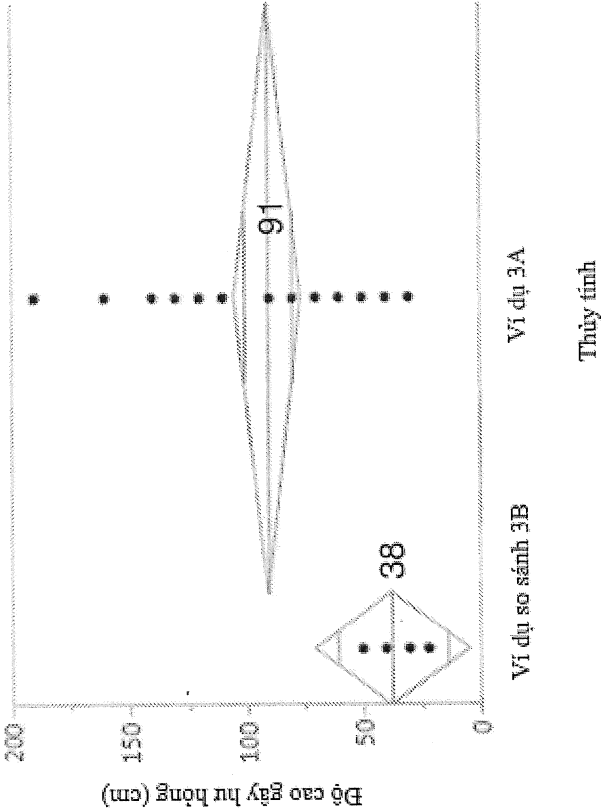
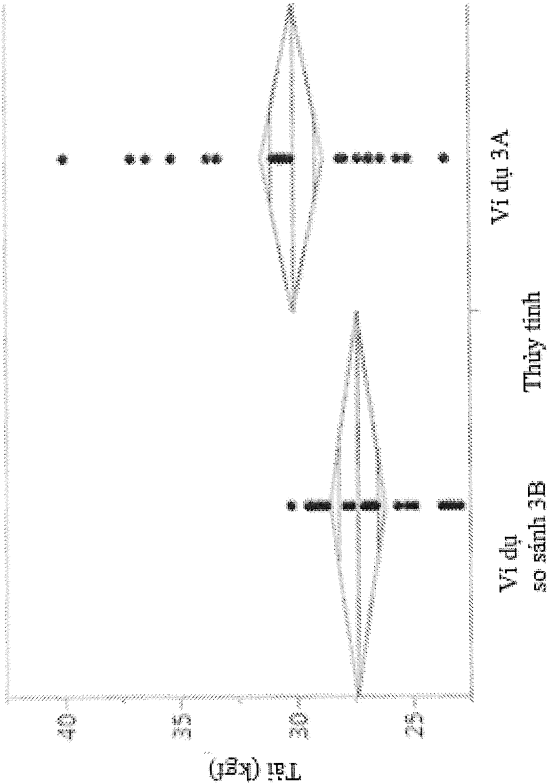
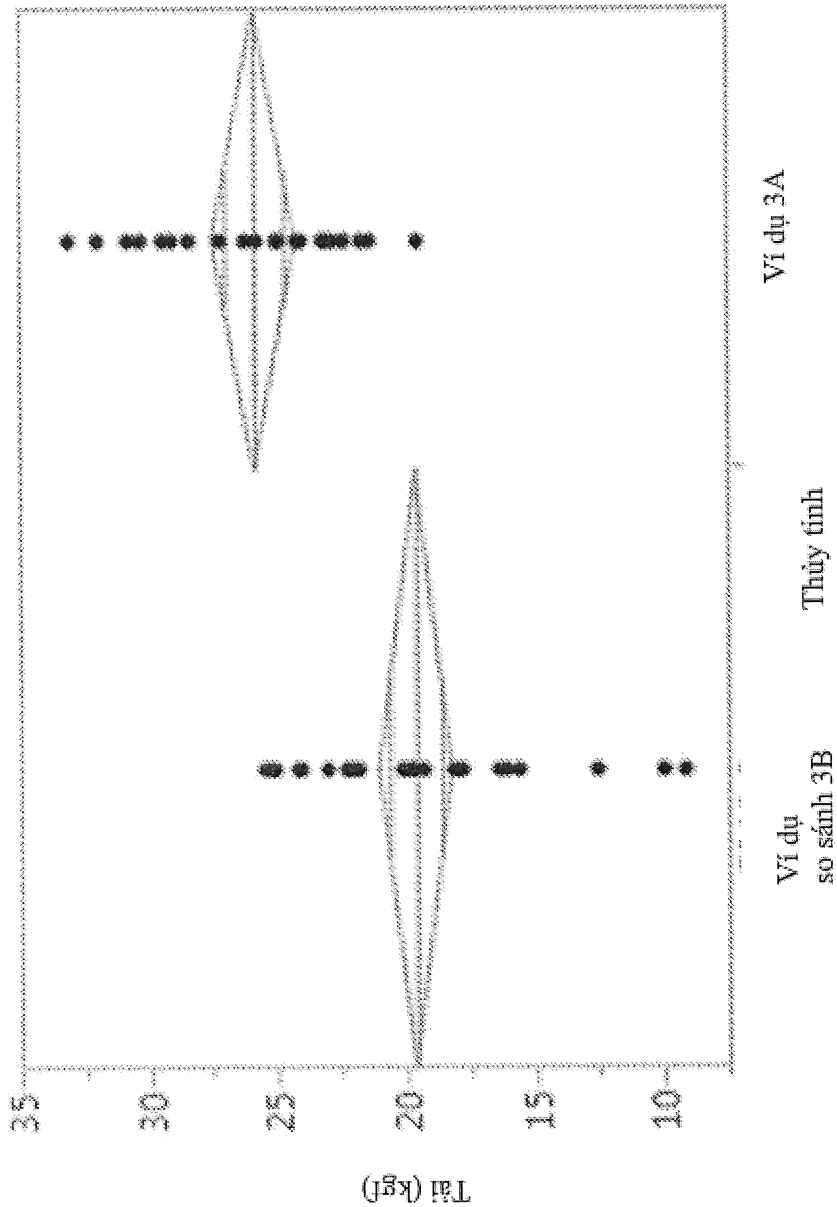


FIG. 15



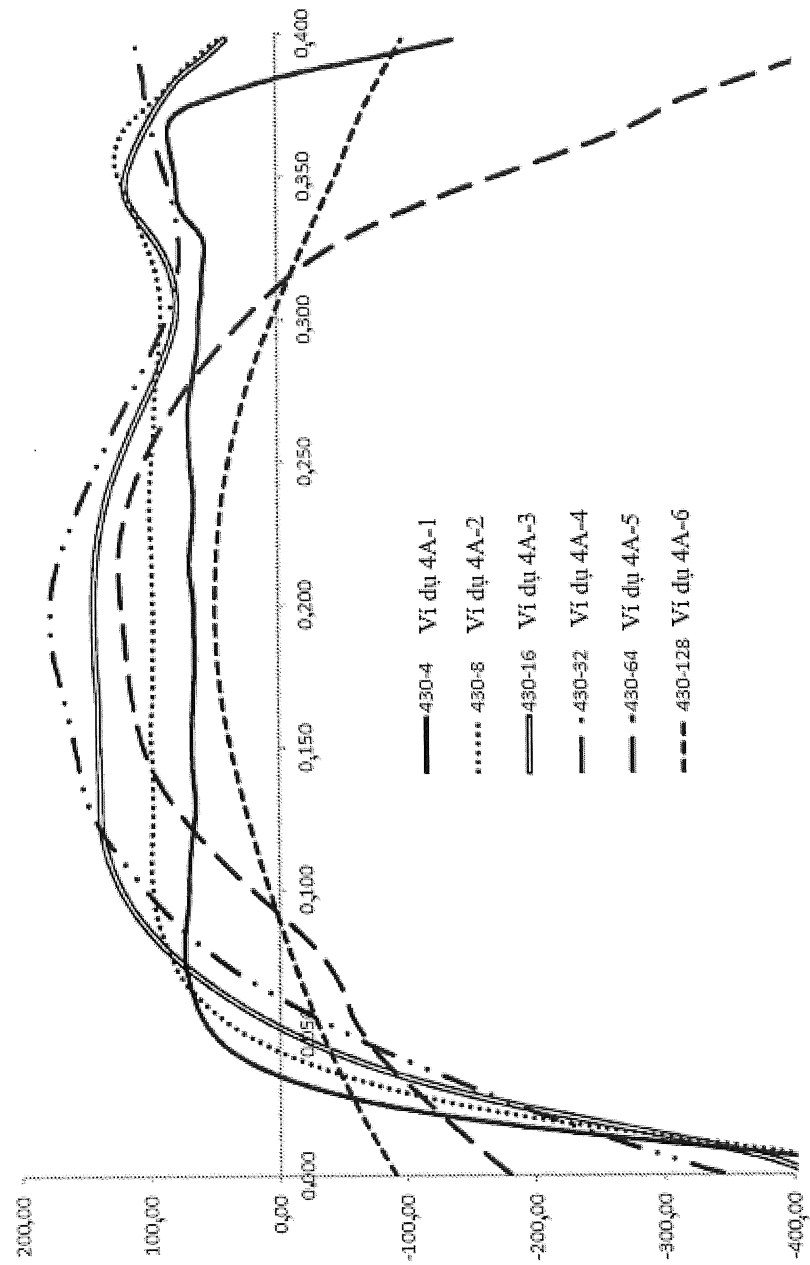
17/38

FIG. 16



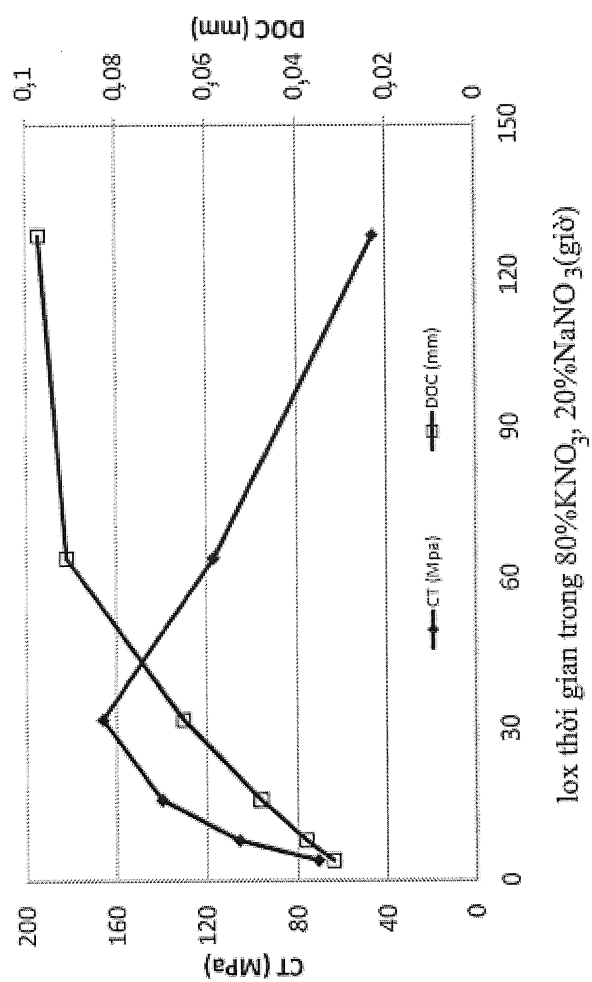
18/38

FIG. 17



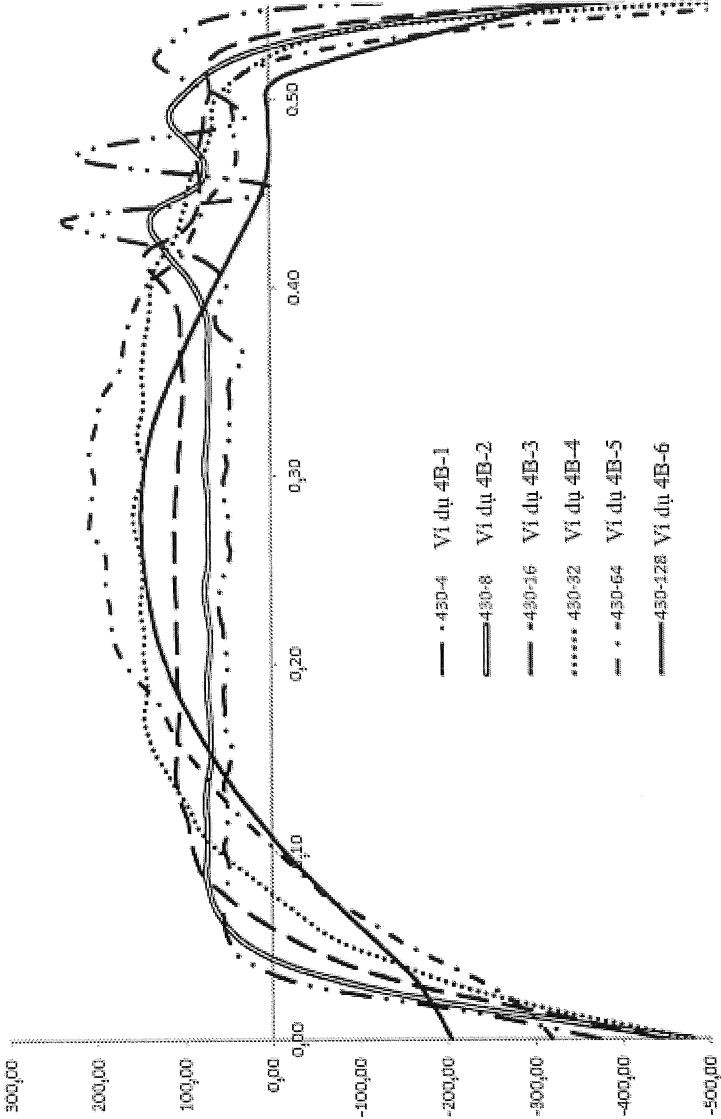
19/38

FIG. 18



20/38

FIG. 19



21/38

FIG. 20

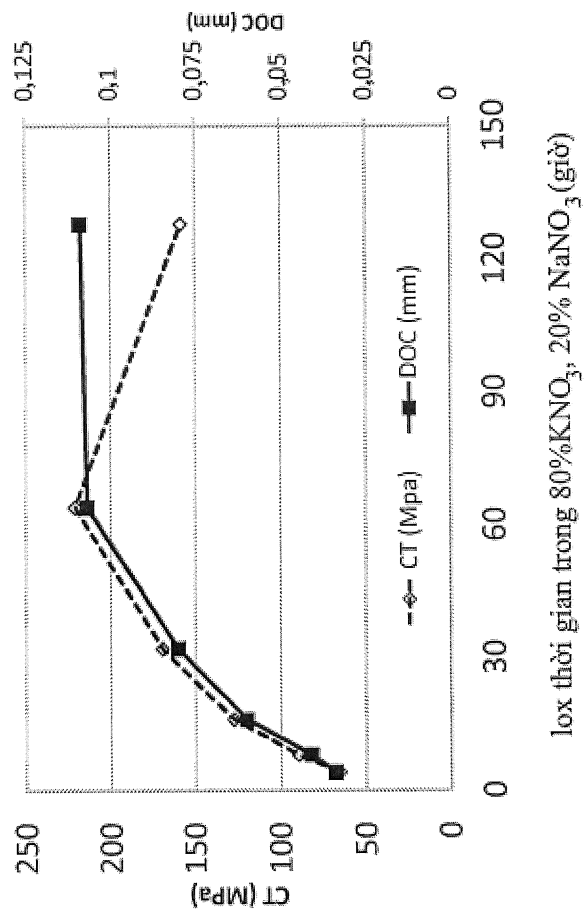


FIG. 21

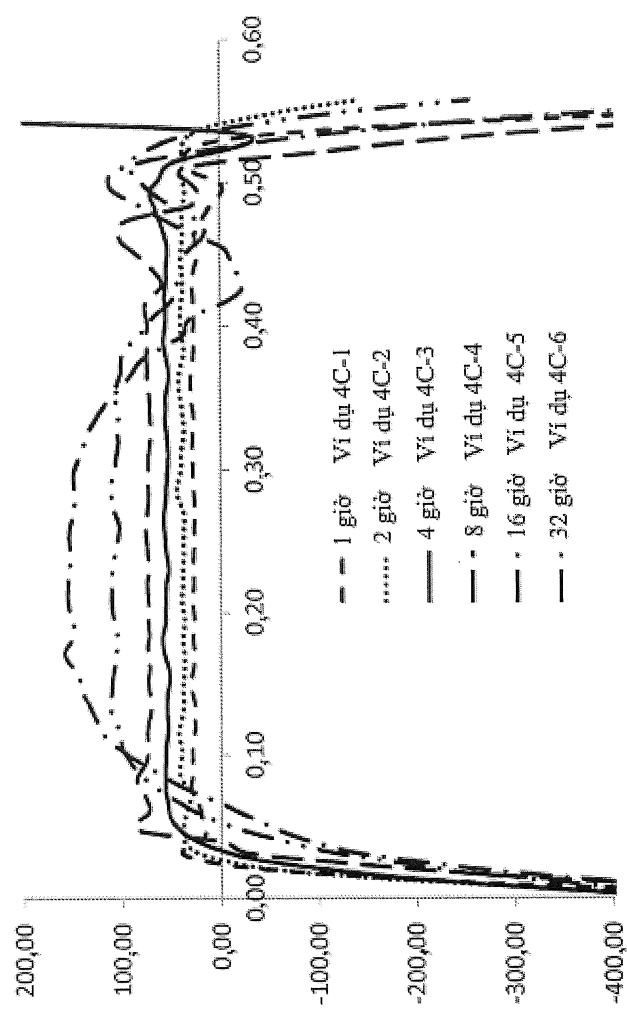
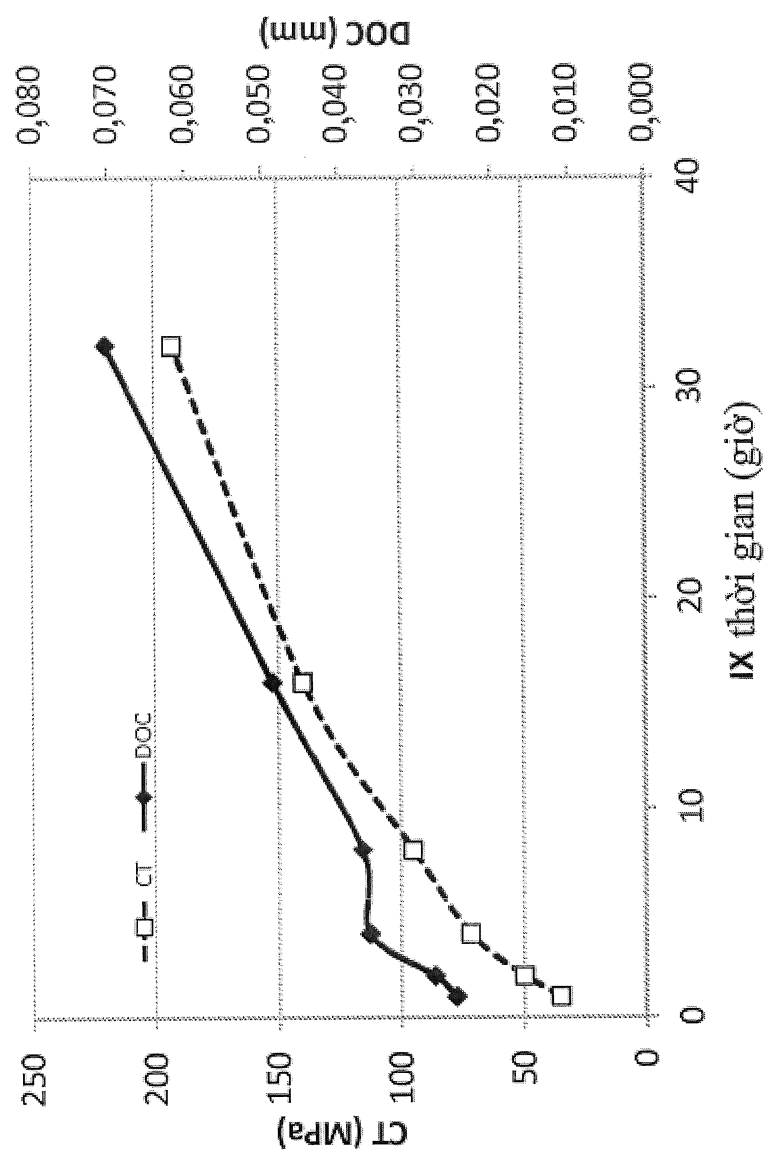
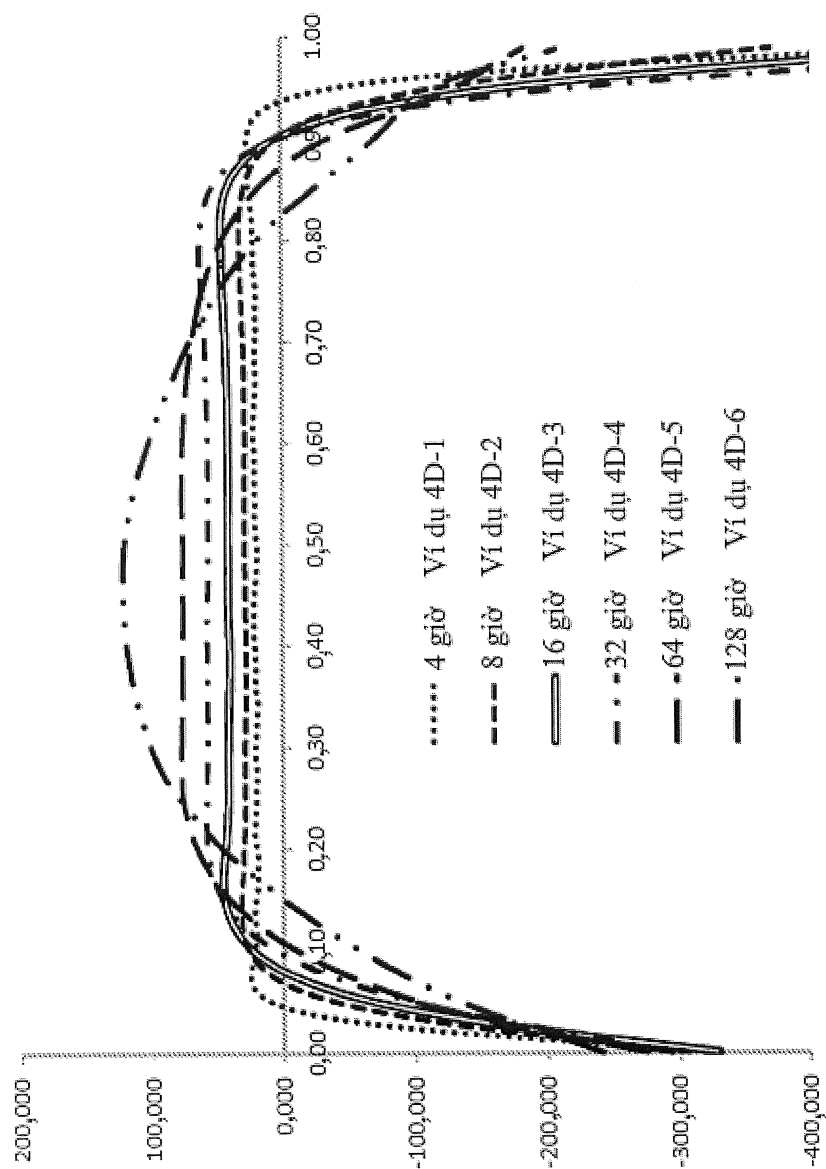


FIG. 22



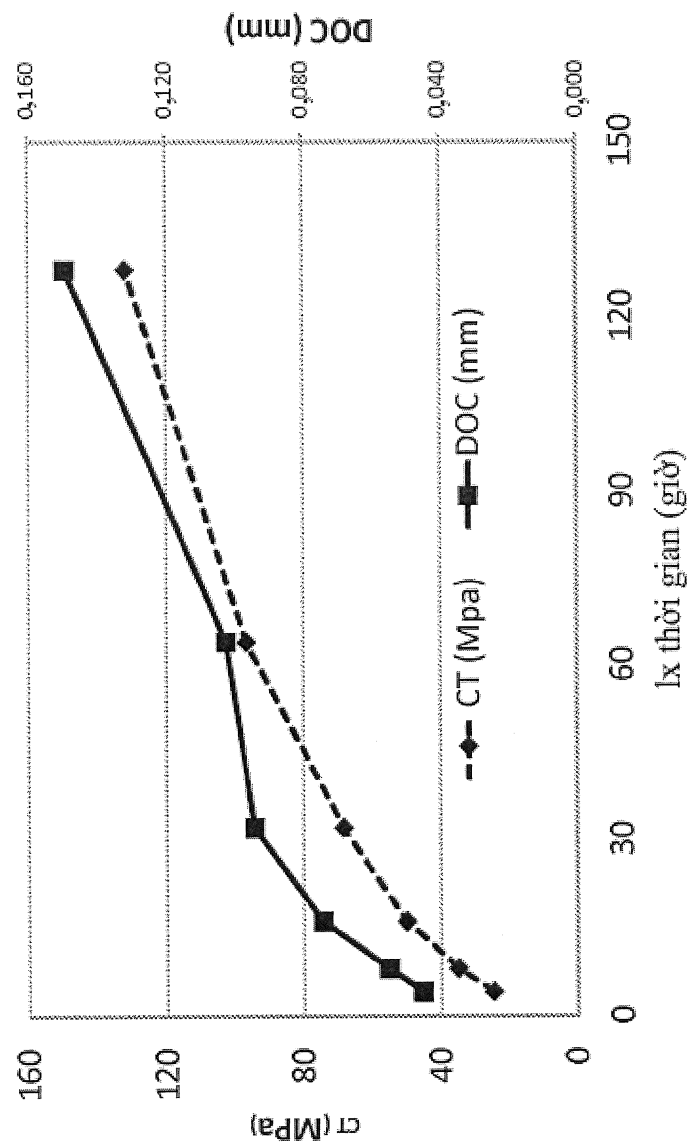
24/38

FIG. 23



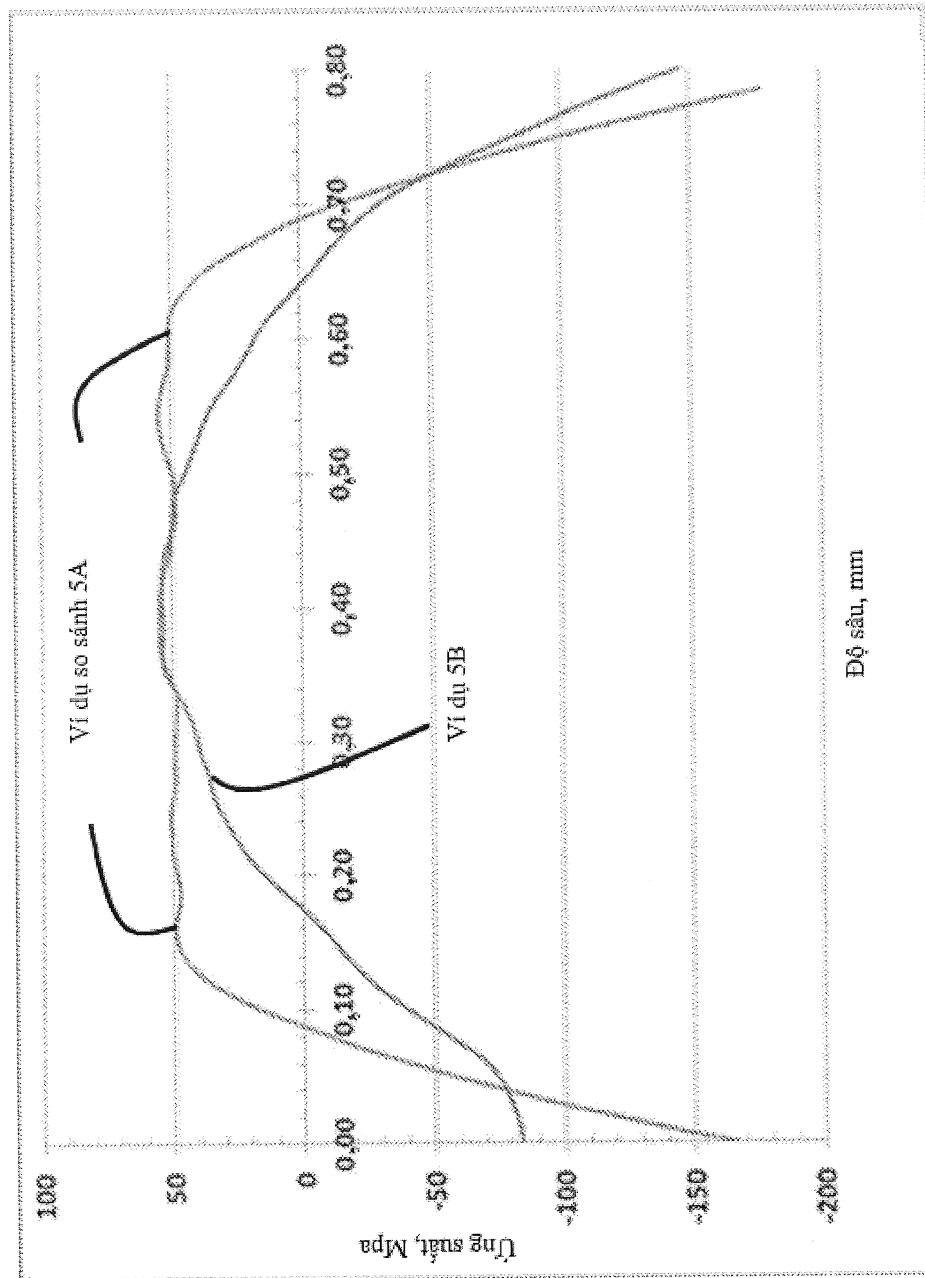
25/38

FIG. 24



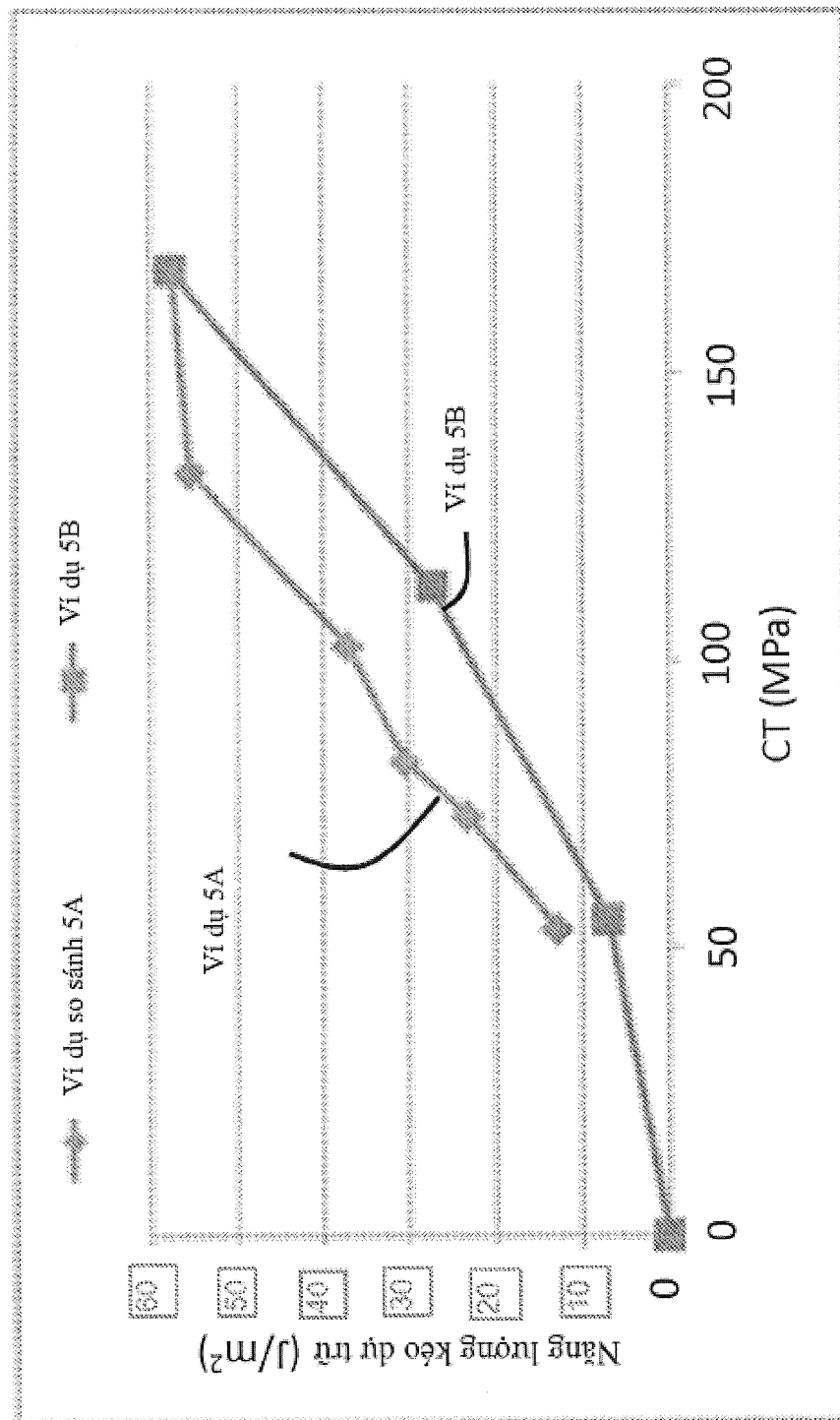
26/38

FIG. 25



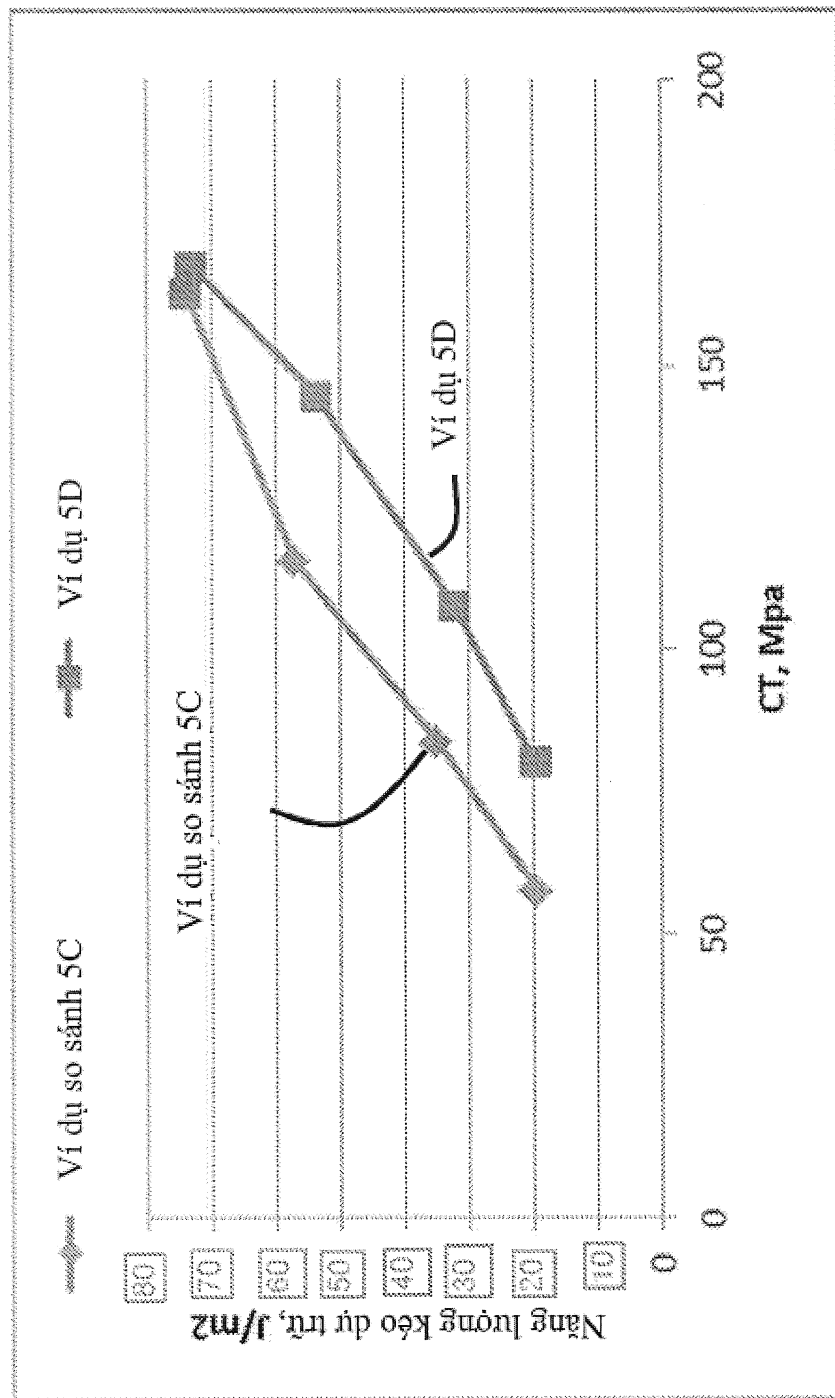
27/38

FIG. 26



28/38

FIG. 27



29/38

FIG. 28

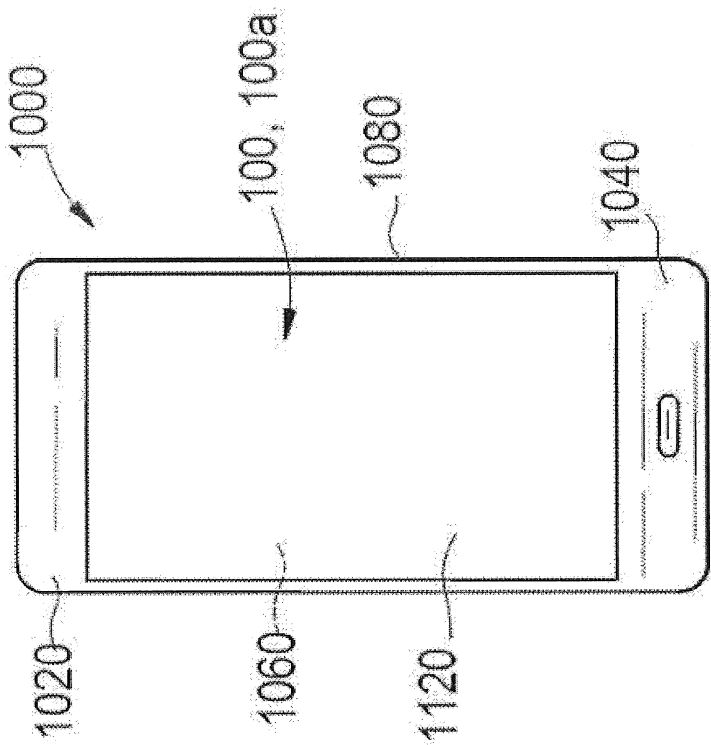
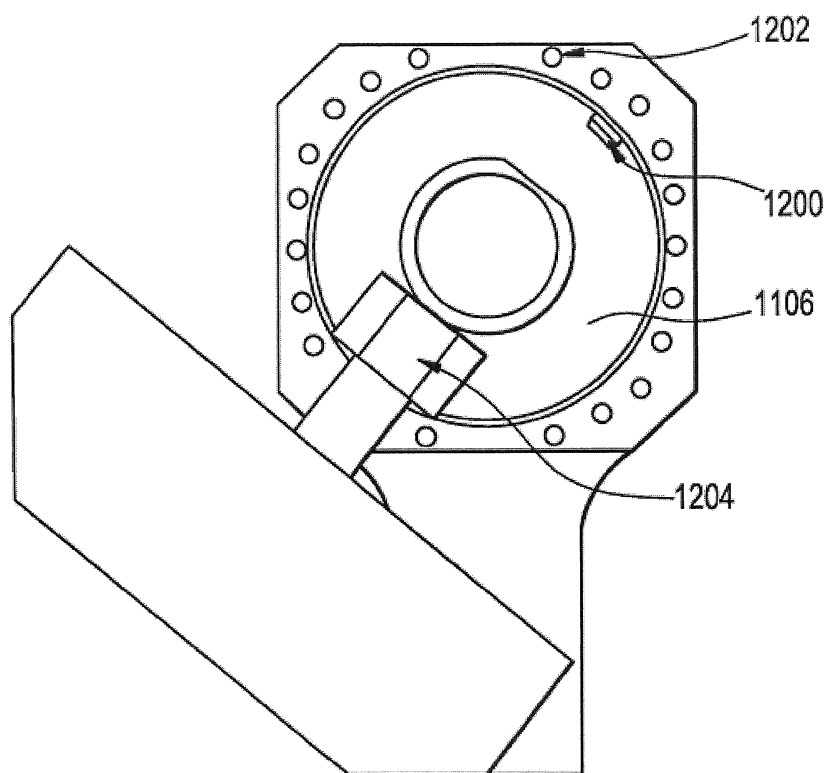
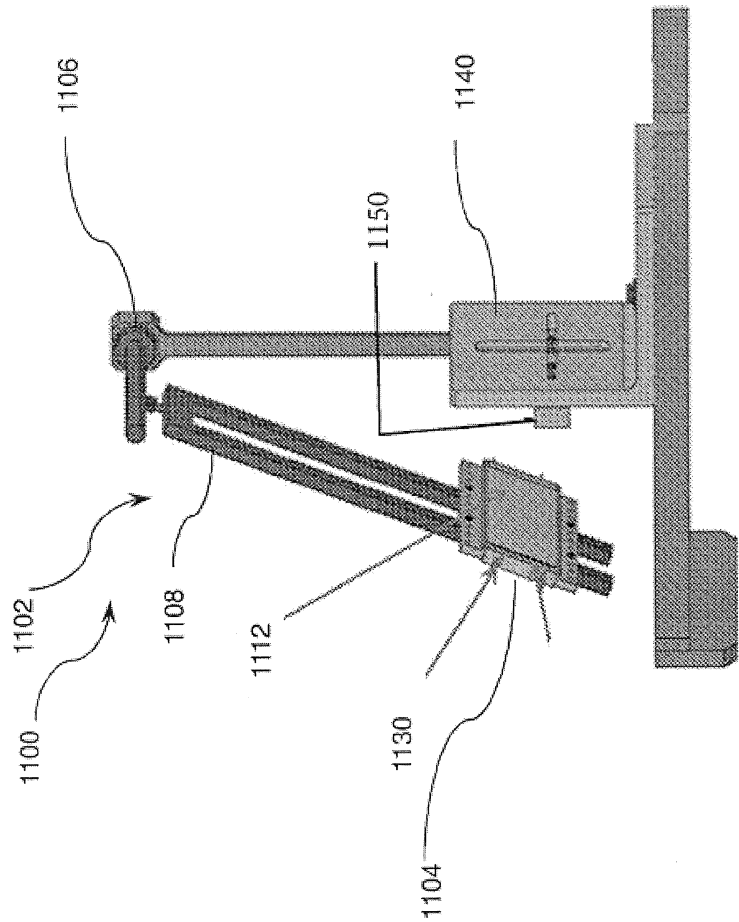


FIG. 30



Tờ thay thế (quy định 26)

FIG. 31



33/38

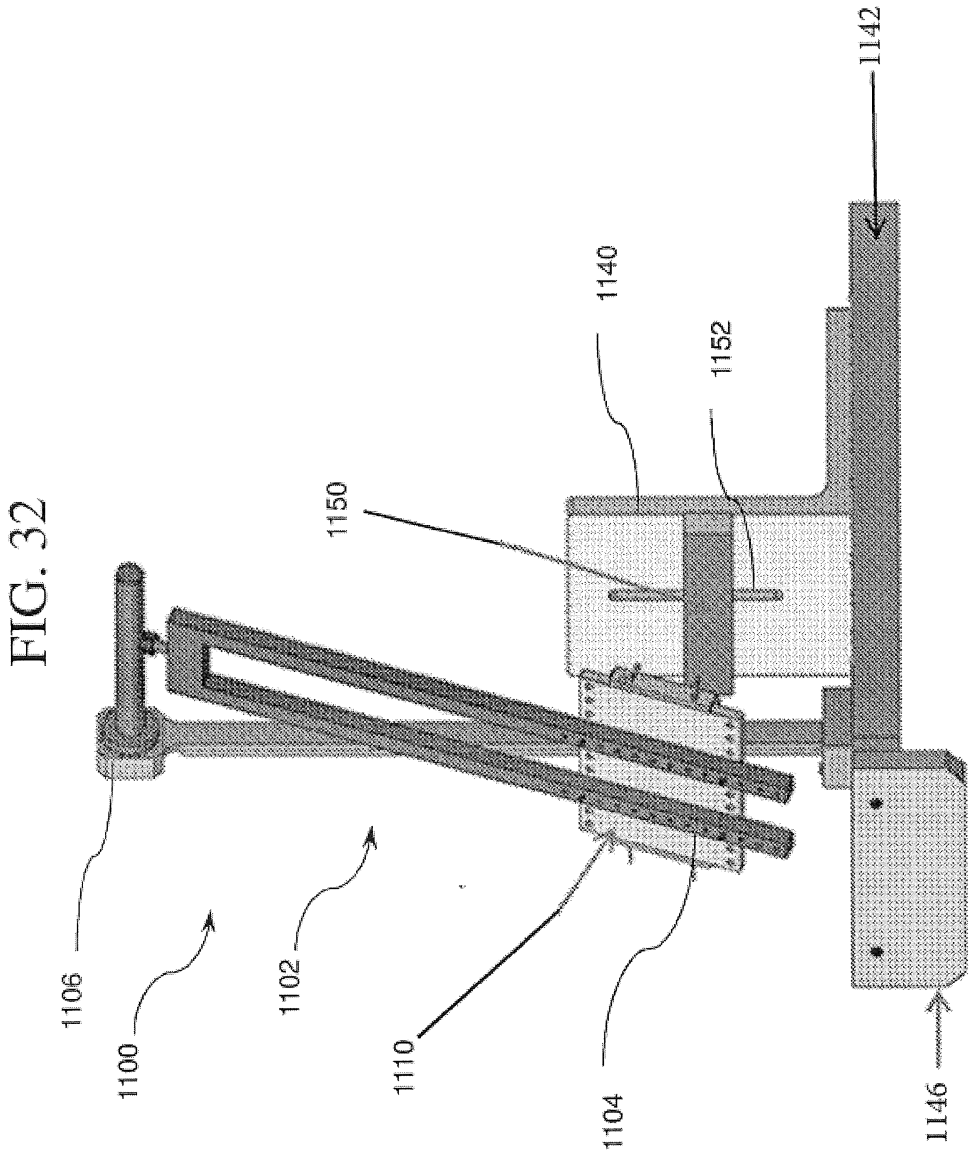


FIG. 33

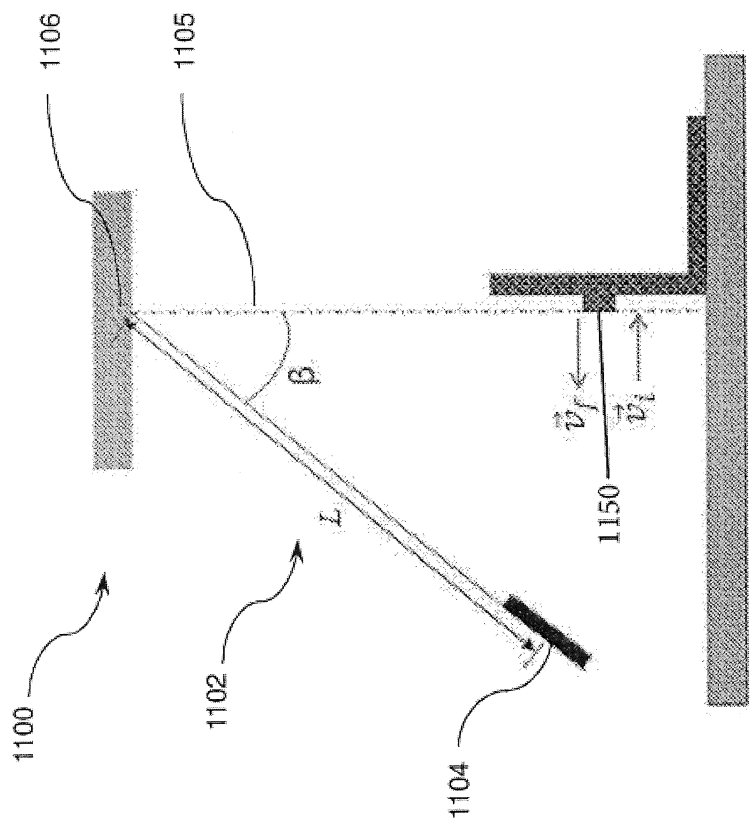
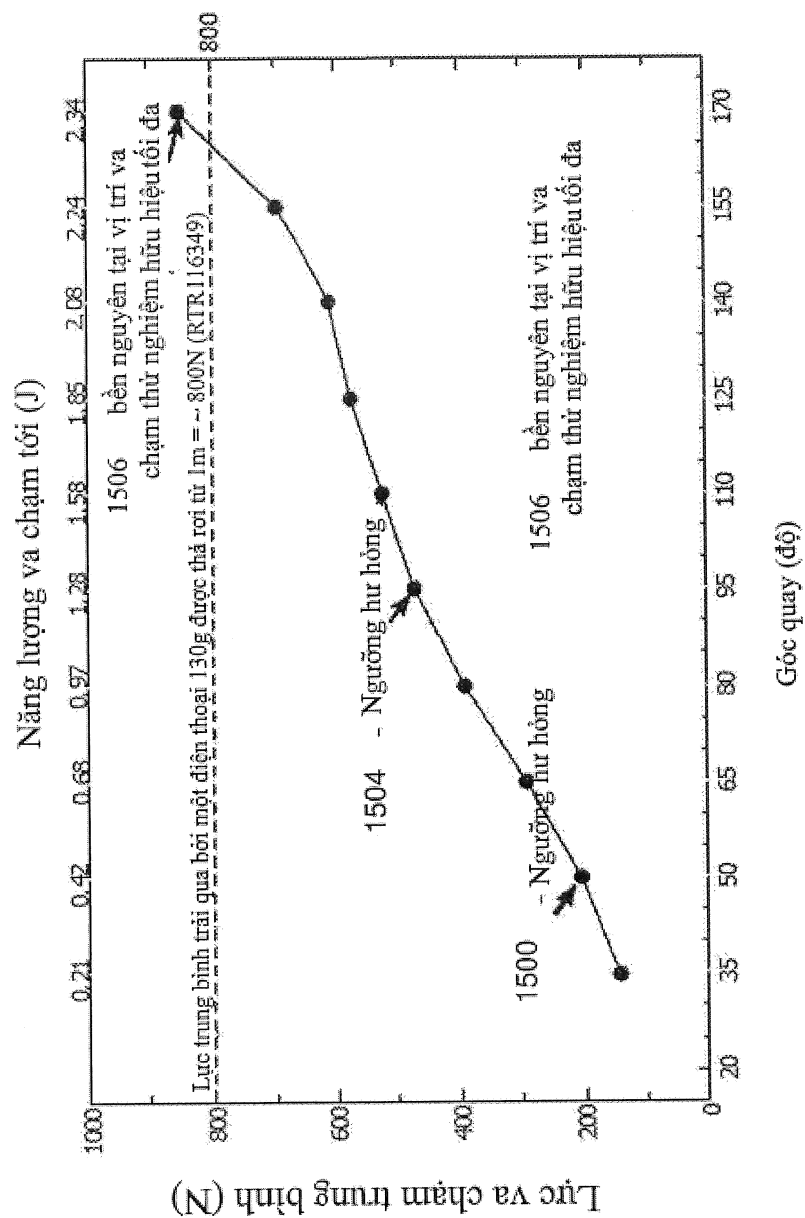


FIG. 35

Lực va chạm trung bình đối với góc quay



37/38

FIG. 36

Vị trí va chạm ở giữa

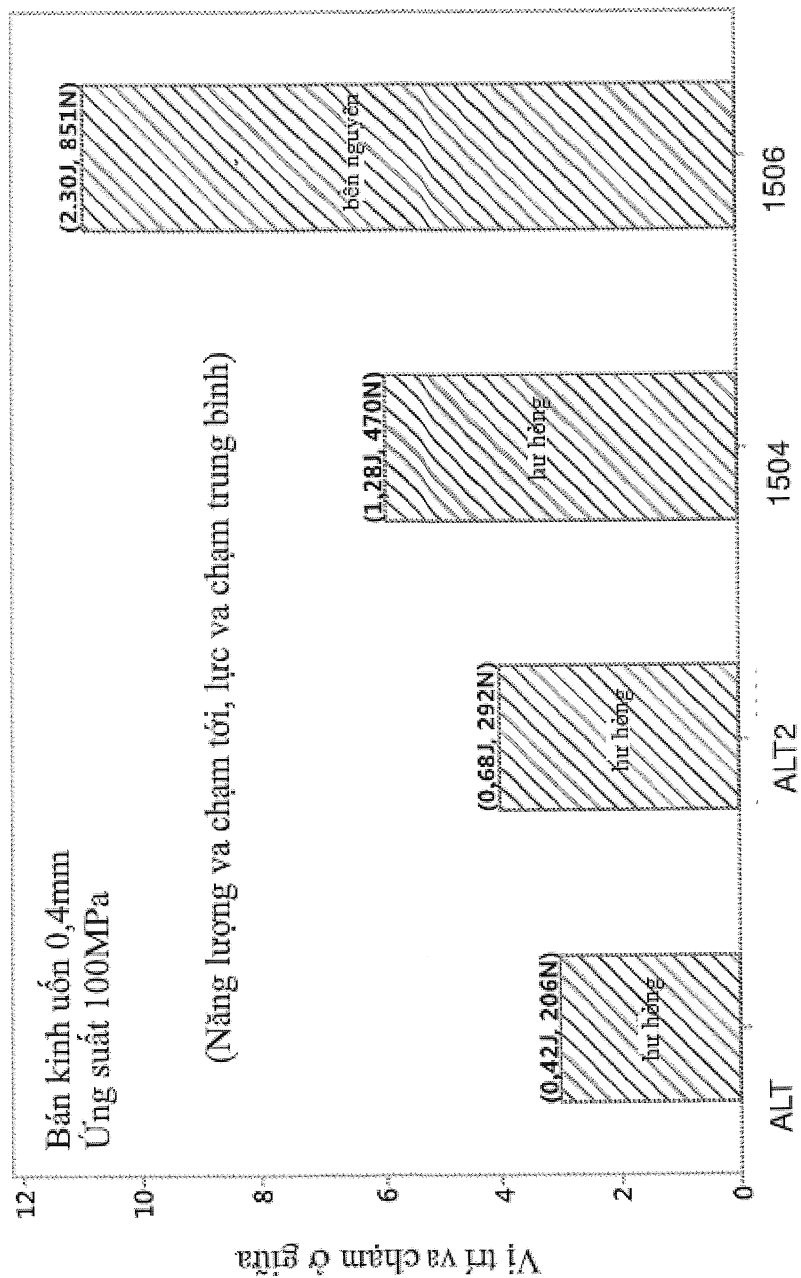


FIG. 37

Độ bền dư sau khi va chạm với giấy nhám 180 grit

