



(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)



1-0051086

(51)^{2020.01} C03C 21/00; C03C 3/085; H05K 5/03; (13) B
C03C 3/097; G06F 1/16; B32B 17/10;
C03C 3/093

(21) 1-2020-03244

(22) 22/07/2016

(62) 1-2018-00521

(86) PCT/US2016/043610 22/07/2016

(87) WO2017/030736 23/02/2017

(30) 62/194,984 21/07/2015 US; 62/343,320 31/05/2016 US

(45) 25/09/2025 450

(43) 25/08/2020 389A

(73) CORNING INCORPORATED (US)

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

(72) DEMARTINO, Steven Edward (US); FABIAN, Michelle Dawn (US); KOHLI, Jeffrey Todd (US); LYON, Jennifer Lynn (US); SMITH, Charlene Marie (US); TANG, Zhongzhi (US).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

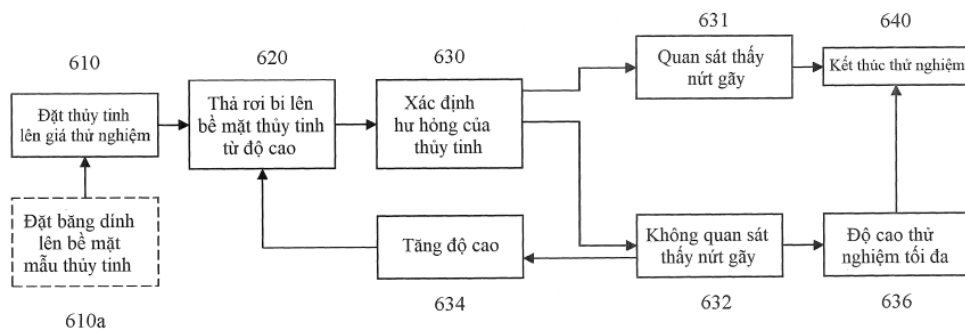
(54) VẬT PHẨM THỦY TINH ĐƯỢC GIA CƯỜNG VÀ SẢN PHẨM ĐIỆN TỬ TIÊU DÙNG BAO BAO GỒM VẬT PHẨM THỦY TINH NÀY

(21) 1-2020-03244

(57) Sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường bao gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện với bề mặt thứ nhất định ra độ dày (t) khoảng nhỏ hơn khoảng 1,1 mm; lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt thứ nhất đến chiều sâu nén (DOC) khoảng 0,1·t hoặc lớn hơn; sao cho khi vật phẩm thủy tinh nứt gãy, nó vỡ thành nhiều mảnh có tỷ số mặt cắt khoảng 5 hoặc nhỏ hơn. Theo một số phương án, vật phẩm thủy tinh thể hiện độ bền uốn đẳng lượng trục khoảng 20 kgf hoặc lớn hơn, sau khi được mài mòn bằng hạt SiC cỡ 90 (SiC 90-grit) ở áp suất 172,37 KPa (25 psi) trong 5 giây. Sáng chế cũng đề cập đến thiết bị và sản phẩm bao gói chứa các vật phẩm thủy tinh được mô tả ở đây.

FIG. 8

600



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến các vật phẩm thủy tinh được gia cường thể hiện đặc tính nứt gãy cải thiện, và cụ thể hơn là các vật phẩm thủy tinh thể hiện mẫu nứt gãy và đặc tính vỡ vụn cải thiện. Sáng chế cũng đề cập đến các thiết bị và sản phẩm bao gói chứa các vật phẩm thủy tinh được gia cường này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các thiết bị điện tử người tiêu dùng, bao gồm các thiết bị cầm tay như điện thoại thông minh, máy tính bảng, máy đọc sách điện tử và máy tính xách tay thường kết hợp các vật phẩm thủy tinh được gia cường bằng hóa học để dùng làm kính che. Do kính che kết nối trực tiếp với nền như tấm cảm ứng (touch-panel), màn hình hoặc các kết cấu khác, khi các vật phẩm thủy tinh được gia cường nứt gãy, các vật phẩm này có thể bắn ra các mảnh hoặc hạt nhỏ từ bề mặt tự do do năng lượng được lưu trữ được tạo ra bởi tổ hợp ứng suất nén bề mặt và ứng suất kéo dưới bề mặt thủy tinh. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ nứt gãy bao gồm nứt gãy và/hoặc hình thành các vết nứt gãy. Những mảnh nhỏ này là mối nguy hiểm tiềm tàng đối với người sử dụng thiết bị, đặc biệt khi xảy ra nứt gãy theo cách từ từ gần với mặt người sử dụng (tức là mắt và tai), và khi người sử dụng tiếp tục dùng và chạm vào bề mặt đã nứt gãy và, do đó, dễ bị đứt tay hoặc trầy xước, đặc biệt khi vết nứt gãy tương đối dài và có các mảnh với góc và cạnh sắc.

Theo đó, có nhu cầu về các vật phẩm thủy tinh mà thể hiện đặc tính tạo mảnh được cải biến sao cho khi các vật phẩm như vật nứt gãy, chúng thể hiện đặc tính tạo mảnh tăng cường, như chẳng hạn, hiệu quả tạo mảnh tạo ra vết nứt gãy ngắn và ít bắn ra các mảnh vụn hơn. Hơn nữa, cũng có nhu cầu về các vật phẩm thủy tinh, mà khi nứt gãy, bắn ra ít mảnh hơn và các mảnh có năng lượng động lực và động lượng nhỏ hơn.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường bao gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện với bề mặt thứ nhất định ra độ dày (t) khoảng 1,1 mm hoặc nhỏ hơn, và lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt thứ

nhất đến chiều sâu nén (depth of compression - DOC) lớn hơn khoảng $0,11 \cdot t$. Theo một số phương án, sau khi vật phẩm thủy tinh nứt gãy, vật phẩm thủy tinh này bao gồm nhiều mảnh, trong đó ít nhất 90% số mảnh có tỷ số mặt cắt khoảng 5 hoặc nhỏ hơn, vật phẩm thủy tinh nứt gãy thành nhiều mảnh trong 1 giây hoặc nhỏ hơn, như được xác định bằng thử nghiệm độ dễ vỡ.

Theo một số phương án, vật phẩm thủy tinh được gia cường thể hiện độ độ bền uốn đẳng lường trực khoảng 20 kgf hoặc lớn hơn, sau khi được mài mòn bằng hạt SiC cỡ 90 ở áp suất 172,37 KPa (25 psi) trong 5 giây. Theo một số phương án, sau khi nứt gãy, vật phẩm thủy tinh được gia cường có thể chứa các vết nứt gãy sao cho 50% số vết nứt gãy hoặc nhiều hơn chỉ kéo dài một phần qua chiều dày.

Theo khía cạnh thứ ba, sáng chế đề cập đến thiết bị bao gồm nền thủy tinh được gia cường, như được mô tả trong bản mô tả, lớp giữ; và bộ phận đỡ, trong đó thiết bị này bao gồm máy tính bảng, thiết bị hiển thị trong suốt, điện thoại di động, máy phát video, thiết bị xử lý thông tin cuối, máy đọc điện tử, máy tính xách tay, hoặc màn hình không trong suốt.

Theo khía cạnh thứ tư, sáng chế đề cập đến sản phẩm điện tử người tiêu dùng bao gồm vỏ có bề mặt trước, các bộ phận điện được cung cấp ít nhất một phần bên trong vỏ, các bộ phận điện bao gồm ít nhất một bộ điều khiển, bộ nhớ, và màn hình; và kính che được bố trí ở bề mặt trước của vỏ và phía trên màn hình, kính che bao gồm vật phẩm thủy tinh được gia cường như được mô tả trong bản mô tả.

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 kỹ năng trong lĩnh vực 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 là chỉ nhằm làm ví dụ, và dự định để cung cấp một cái nhìn tổng thể hoặc khung để hiểu 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.1A là hình chiếu cạnh của vật phẩm thủy tinh, theo một hoặc nhiều phương án;

Fig.1B là hình chiếu cạnh của vật phẩm thủy tinh theo Fig.1A sau khi nứt gãy;

Fig.2 là mặt cắt ngang của theo chiều dày của vật phẩm thủy tinh được ủ nhiệt đã biết;

Fig.2 là mặt cắt ngang theo chiều dày của vật phẩm thủy tinh được gia cường bằng phương pháp hóa học đã biết;

Fig.4 là mặt cắt ngang theo chiều dày của vật phẩm thủy tinh được gia cường theo một hoặc nhiều phương án;

Fig.5 là sơ đồ mặt cắt ngang của thiết bị vòng trên vòng (ring-on-ring);

Fig.6 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 (inverted ball on sandpaper - IBoS) được mô tả trong bản mô tả;

Fig.7 là hình đại diện sơ đồ mặt cắt ngang của cơ chế phá hủy chính do làm hỏng cùng với uốn cong mà thường xảy ra ở các vật phẩm thủy tinh được dùng trong các thiết bị điện tử di động hoặc cầm tay;

Fig.8 là lưu đồ về phương pháp tiến hành thử nghiệm IBoS trong thiết bị được mô tả trong bản mô tả; và

Fig.9A là hình chiếu cạnh của vật phẩm thủy tinh theo Fig.1A bao gồm lớp giữ;

Fig.9B là hình chiếu cạnh của vật phẩm thủy tinh theo Fig.9A bao gồm lớp giữ thứ hai;

Fig.10 là hình chiếu bằng từ phía trước của thiết bị điện tử kết hợp một hoặc nhiều phương án về các vật phẩm thủy tinh được mô tả trong bản mô tả.

Fig.11 là biểu đồ thể hiện kết quả thử nghiệm AROR cho ví dụ 1;

Fig.11 là biểu đồ thể hiện kết quả thử nghiệm thả rơi cho ví dụ 2;

Fig.13 là đồ thị thể hiện nồng độ K_2O dưới dạng hàm của độ sâu trao đổi ion cho ví dụ 4;

Fig.14 là đồ thị thể hiện biên dạng ứng suất của ví dụ 4G;

Fig.15A-15D là ảnh nứt gãy của ví dụ 5;

Fig.16A-16D là ảnh thể hiện tính dễ đọc của ví dụ 6 sau khi nút gãy ở các góc quan sát khác nhau;

Fig.17 là đồ thị giữa năng lượng kéo giãn dự trừ theo tính toán dưới dạng hàm của thời gian trao đổi ion, cho ví dụ 7; và

Fig.18 là đồ thị giữa sức căng ở tâm theo tính toán dưới dạng hàm của thời gian trao đổi ion, cho ví dụ 7; và

Fig.19 là đồ thị thể hiện biên dạng ứng suất của ví dụ 6, với ứng suất nén và ứng suất kéo được lập đồ thị dưới dạng hàm của độ sâu.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả chi tiết đến các phương án khác nhau, ví dụ về các phương án này được minh họa trong các hình vẽ kèm theo. Khi đề cập đến các hình vẽ nói chung, cần hiểu rằng những nội dung minh họa chỉ nhằm mục đích mô tả các phương án cụ thể và không được dự định để giới hạn sáng chế hoặc các yêu cầu bảo hộ kèm theo. 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 một cách phóng đại về tỷ lệ hoặc dưới dạng sơ đồ nhằm mục đích rõ ràng và ngắn gọn.

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 kết 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 danh 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.

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.

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ "vật phẩm thủy tinh" được sử dụng theo nghĩa rộng nhất của nó để bao gồm vật thể bất kỳ được làm toàn bộ hoặc một phần bằng thủy tinh. Các vật phẩm thủy tinh bao gồm các tấm mỏng làm từ vật liệu thủy tinh và vật liệu không phải thủy tinh, các tấm mỏng làm từ vật liệu vô định hình và vật liệu tinh thể, và gốm thủy tinh (bao gồm 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).

Như sẽ được thảo luận trong bản mô tả, các phương án về vật phẩm thủy tinh có thể bao gồm vật liệu thủy tinh được gia cường hoặc vật liệu gốm thủy tinh mà thể hiện khả năng cơ học và độ ổn định cải thiện so với các vật phẩm thủy tinh đã biết, đặc biệt là các vật phẩm thủy tinh dùng để che đậy đã biết. Các phương án về vật phẩm thủy tinh được mô tả trong bản mô tả có thể thể hiện đặc tính vỡ vụn mà không có ở các vật phẩm thủy tinh dùng để che đậy đã biết. Theo sáng chế, các nền trên cơ sở thủy tinh thường không được gia cường và vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thường chỉ các nền trên cơ sở thủy tinh mà đã được gia cường (bằng, ví dụ, phương pháp trao đổi ion).

Theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường mà thể hiện khả năng nứt gãy theo mẫu nứt gãy dày với hiệu quả tạo mảnh vỡ tương tự với thủy tinh được ủ nhiệt hoàn toàn được dùng trong tấm ngăn phòng tắm hoặc tấm cửa sổ ô tô. Theo một số phương án, các mảnh vỡ được dự định là ít gây thương tổn cho người hơn. Các vật phẩm như vậy thể hiện đặc tính này dù được gia cường hóa học và có độ dày nhỏ hơn đáng kể so với độ dày đạt được bằng các quy trình tôi nhiệt đã biết hiện nay. Theo một số phương án, các mảnh thậm chí nhỏ hơn hoặc mịn hơn so với các mảnh quán sát được với kính được ủ nhiệt đã biết. Ví dụ, các phương án về vật

phẩm thủy tinh thể hiện hiệu quả “tạo mảnh vụn” trong đó, khi vật phẩm thủy tinh bị nứt gãy, các mảnh “vỡ vụn” có tỷ số mặt cắt nhỏ và bề mặt do nứt gãy tạo ra và bề mặt như đã tạo ra tạo thành các góc lớn hơn (tức là, ít góc sắc như lưỡi dao hoặc như dao hơn), sao cho các mảnh giống như hình lập phương hơn là mảnh vụn, như được mô tả chi tiết hơn sau đây về Fig.1A. Trong một số trường hợp, các mảnh vỡ vụn bị giới hạn bằng kích thước lớn nhất hoặc dài nhất là 2 milimét (mm) hoặc nhỏ hơn theo chiều bất kỳ của mặt phẳng chính của vật phẩm thủy tinh. Trong một số trường hợp, khi bị nứt gãy hoặc sau khi vật phẩm thủy tinh nứt gãy, vật phẩm thủy tinh bao gồm nhiều mảnh có số mặt cắt trung bình khoảng 10 hoặc nhỏ hơn, hoặc khoảng 5 hoặc nhỏ hơn (ví dụ, khoảng 4,5 hoặc nhỏ hơn, khoảng 4 hoặc nhỏ hơn, khoảng 3,5 hoặc nhỏ hơn, khoảng 3 hoặc nhỏ hơn, khoảng 2,5 hoặc nhỏ hơn, khoảng 2 hoặc nhỏ hơn). Theo một số phương án, tỷ số mặt cắt trung bình của nhiều mảnh nằm trong khoảng từ khoảng 1 đến khoảng 2. Trong một số trường hợp, khoảng 90% hoặc lớn hơn, hoặc khoảng 80% hoặc lớn hơn số mảnh thể hiện tỷ số mặt cắt trung bình được mô tả trong bản mô tả. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “tỷ số mặt cắt” chỉ tỷ lệ giữa kích thước lớn nhất hoặc dài nhất của mảnh so với kích thước ngắn nhất hoặc nhỏ nhất của mảnh. Thuật ngữ “kích thước” có thể bao gồm chiều dài, chiều rộng, đường chéo, hoặc độ dày. Các vật phẩm thủy tinh mà thể hiện các mảnh vỡ như vậy sau khi nứt gãy ở đây có thể đặc trưng bởi việc thể hiện đặc tính “tạo mảnh vụn”.

Tham chiếu đến Fig.1A và 1B, theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm thủy tinh 10 được mô tả trong bản mô tả có thể có cấu hình tám với các bề mặt chính đối diện 12, 14 và các bề mặt phụ đối diện 16, 18. Ít nhất một bề mặt chính 12 tạo ra bề mặt “như đã tạo ra” cho vật phẩm thủy tinh. Khi bị nứt gãy, bề mặt mới do sự nứt gãy vật phẩm thủy tinh tạo ra, được tạo thành (tức là, bề mặt “do nứt gãy tạo ra”), như được chỉ ra bằng số tham chiếu 19 trong Fig. 1B. Góc α giữa bề mặt do nứt gãy tạo ra và bề mặt như đã tạo ra (sau khi vật phẩm thủy tinh bị nứt gãy) nằm trong khoảng từ khoảng 85 độ đến khoảng 95 độ hoặc từ khoảng 88 độ đến khoảng 92 độ. Theo một hoặc nhiều phương án, khoảng 90% số mảnh hoặc nhiều hơn trong vật phẩm thủy tinh thể hiện góc giữa bề mặt như đã tạo ra và tất cả các bề mặt do nứt gãy tạo ra, sau khi vật phẩm thủy tinh bị nứt gãy.

Theo một hoặc nhiều phương án, ít nhất 50% (ví dụ, khoảng 60% hoặc nhiều hơn, khoảng 70% hoặc nhiều hơn, khoảng 80% hoặc nhiều hơn, hoặc khoảng 90%

hoặc nhiều hơn) số mảnh mảnh có kích thước lớn nhất nhỏ hơn hoặc bằng $5 \cdot t$, nhỏ hơn hoặc bằng $3 \cdot t$, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng $3 \cdot t$. Trong một số trường hợp, ít nhất 50% (ví dụ, khoảng 60% hoặc nhiều hơn, khoảng 70% hoặc nhiều hơn, khoảng 80% hoặc nhiều hơn, hoặc khoảng 90% hoặc nhiều hơn) số mảnh có kích thước lớn nhất nhỏ hơn 2 lần kích thước nhỏ nhất. Theo một số phương án, kích thước lớn nhất bằng khoảng 1,8 lần kích thước nhỏ nhất hoặc nhỏ hơn, bằng khoảng 1,6 lần kích thước nhỏ nhất hoặc nhỏ hơn, bằng khoảng 1,5 lần kích thước nhỏ nhất hoặc nhỏ hơn, bằng khoảng 1,4 lần kích thước nhỏ nhất hoặc nhỏ hơn, bằng khoảng 1,2 lần kích thước nhỏ nhất hoặc nhỏ hơn, hoặc khoảng bằng kích thước nhỏ nhất.

Theo một hoặc nhiều phương án, ít nhất 50% (ví dụ, khoảng 60% hoặc nhiều hơn, khoảng 70% hoặc nhiều hơn, khoảng 80% hoặc nhiều hơn, hoặc khoảng 90% hoặc nhiều hơn) số mảnh có thể tích nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10 mm^3 . Theo một số phương án, thể tích có thể nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8 mm^3 , nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5 mm^3 , hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4 mm^3 . Theo một số phương án, thể tích này có thể nằm trong khoảng từ khoảng $0,1 \text{ mm}^3$ đến khoảng $1,5 \text{ mm}^3$.

Như được sử dụng ở đây, cụm từ “vật phẩm được gia cường” bao gồm các vật phẩm được gia cường hóa học, hoặc được gia cường hóa học và được gia cường bằng nhiệt, nhưng loại trừ các vật phẩm chỉ được gia cường bằng nhiệt. Như được thể hiện trên Fig. 4, vật phẩm thủy tinh được gia cường thể hiện biên dạng ứng suất có thể đặc trưng về ứng suất nén (compressive stress - CS) bề mặt, sức căng ở tâm (central tension - CT) và chiều sâu nén (DOC).

Biên dạng ứng suất được thể hiện bởi các vật phẩm thủy tinh được gia cường theo một hoặc nhiều phương án có thể được phân biệt với các biên dạng ứng suất được thể hiện bởi các vật phẩm thủy tinh được ủ nhiệt đã biết và các vật phẩm thủy tinh được gia cường hóa học đã biết. Theo truyền thống, thủy tinh ủ nhiệt đã được sử dụng để ngăn ngừa hư hỏng trong khi các vết nứt như vậy được tạo ra trên thủy tinh vì thủy tinh ủ nhiệt thường có các CS lớn (ví dụ, khoảng 21% tổng độ dày của thủy tinh), mà có thể ngăn các vết nứt lan ra và do đó, ngăn ngừa sự hư hỏng. Ví dụ về biên dạng ứng suất được tạo ra bởi việc ủ nhiệt được thể hiện trên Fig.2. Trên Fig.2, vật phẩm thủy tinh được xử lý nhiệt 100 bao gồm bề mặt thứ nhất 101, độ dày t_1 , CS bề mặt 110. Vật phẩm thủy tinh 100 thể hiện CS giảm từ bề mặt thứ nhất 101 đến DOC 130, như được

xác định trong bản mô tả, tại độ sâu này, ứng suất thay đổi từ ứng suất nén thành ứng suất kéo và đạt đến CT tối đa 120.

Phương pháp ủ nhiệt hiện bị giới hạn ở các vật phẩm thủy tinh dày (tức là, các vật phẩm thủy tinh có độ dày t_1 khoảng 3 milimét hoặc lớn hơn) vì để đạt được sự gia cường nhiệt và đạt được các ứng suất dư mong muốn, gradient nhiệt được tạo ra giữa phần lõi và phần bề mặt của các vật phẩm như vậy phải đủ. Các vật phẩm dày như vậy là không mong muốn hoặc không thiết thực trong nhiều ứng dụng như màn hình (ví dụ, các thiết bị điện tử tiêu dùng, bao gồm điện thoại di động, máy tính bảng, máy tính, các hệ thống điều hướng và tương tự), trong kiến trúc (ví dụ, cửa sổ, tấm ngăn phòng tắm, mặt quầy, v.v.), trong vận tải (ví dụ, ô tô, tàu hỏa, máy bay, tàu biển, v.v.), các thiết bị, bao gói hoặc ứng dụng bất kỳ mà yêu cầu độ bền chống gãy nứt ưu việt nhưng là các vật phẩm mỏng và có khối lượng nhẹ.

Các vật phẩm thủy tinh được gia cường hóa học đã biết không thể hiện biên dạng ứng suất của các vật phẩm trên được ủ nhiệt, mặc dù việc gia cường hóa học không bị giới hạn bởi độ dày của vật phẩm thủy tinh như trong phương pháp ủ nhiệt. Ví dụ về biên dạng ứng suất được tạo ra bằng việc gia cường hóa học (ví dụ, bằng quy trình trao đổi ion), được thể hiện trên Fig.3. Trên Fig.3, vật phẩm thủy tinh được gia cường hóa học 200 bao gồm bề mặt thứ nhất 201, độ dày t_2 và CS bề mặt 210. Vật phẩm thủy tinh 200 thể hiện CS giảm từ bề mặt thứ nhất 201 đến DOC 230, như được xác định trong bản mô tả, tại độ sâu này, ứng suất thay đổi từ ứng suất nén thành ứng suất kéo và đạt đến CT tối đa 220. Như được thể hiện trên Fig.3, các biên dạng như vậy thể hiện vùng CT bằng phẳng hoặc vùng CT với ứng suất kéo không đổi hoặc gần như không đổi và, thường thể hiện trị số CT thấp hơn so với trị số CT được thể hiện trên Fig.2.

Các vật phẩm thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế có độ dày t nhỏ hơn khoảng 3 mm (ví dụ, khoảng 2 mm hoặc nhỏ hơn, khoảng 1,5 mm hoặc nhỏ hơn, hoặc khoảng 1,1 mm hoặc nhỏ hơn) và lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt thứ nhất đến DOC là khoảng $0,1 \cdot t$ hoặc lớn hơn. Như được sử dụng trong bản mô tả, DOC dùng để chỉ độ sâu mà tại đó ứng suất trong vật phẩm thủy tinh thay đổi từ ứng suất nén thành ứng suất kéo. Tại DOC, ứng suất chuyển từ ứng suất dương (nén) sang ứng suất âm (kéo) (ví dụ, 130 trên Fig.2) và do đó có trị số ứng suất bằng không.

Theo quy ước thường được sử dụng trong lĩnh vực này, sự nén được biểu thị bằng ứng suất âm (<0) và sự kéo được biểu thị bằng ứng suất dương (>0). Tuy nhiên, trong toàn bộ phần mô tả này, CS được biểu thị bằng trị số dương hoặc trị số tuyệt đối – tức là, khi được nêu trong bản mô tả, $CS = |CS|$.

Cụ thể, các vật phẩm thủy tinh được mô tả trong bản mô tả là mỏng và có các biên dạng ứng suất mà thường là chỉ có thể có được thông qua việc ủ các vật phẩm thủy tinh dày (ví dụ, có độ dày khoảng 2 mm hoặc 3 mm hoặc lớn hơn). Trong một số trường hợp, các vật phẩm thủy tinh thể hiện CS bề mặt lớn hơn so với các vật phẩm thủy tinh được ủ. Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm thủy tinh thể hiện độ sâu của lớp chịu nén lớn hơn (trong đó CS giảm và tăng từ từ hơn so với các vật phẩm thủy tinh được gia cường hóa học đã biết), khiến sao cho vật phẩm thủy tinh này có được độ bền chống gãy nứt được cải thiện đáng kể, ngay cả khi vật phẩm thủy tinh hoặc thiết bị bao gồm vật phẩm thủy tinh bị rơi lên bề mặt cứng, nhám. Các vật phẩm thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án thể hiện trị số CT lớn hơn so với một số nền thủy tinh được gia cường hóa học đã biết.

CS khi được đo bằng ứng suất kế bề mặt (surface stress meter - FSM) sử dụng các dụng cụ có bán trên thị trường như FSM-6000 do hãng Orihara Industrial Co., Ltd. (Japan) sản xuất. 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 bằng cách viện dẫn. 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 này cần đủ để tạo ra ứng suất nén ít nhất 20 MPa. F_{max} được tính toán như sau:

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

Trong đó:

$$F_{max} = \text{Lực tính theo N}$$

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 theo N

D = đường kính của đĩa

h= độ dày của đường sáng

Các trị số CT khi được đo bằng thiết bị phân cực ánh sáng tán xạ (scattered light polariscope - SCALP, do hãng Glasstress Ltd., ở Tallinn, Estonia cung cấp với số model SCALP-04) và các kỹ thuật đã biết trong lĩnh vực này. SCALP cũng có thể được sử dụng để đo DOC, như sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Theo một số phương án, vật phẩm thủy tinh cũng có thể có độ sâu đâm xuyên của các ion kali (“DOL kali”) khác với DOC. Mức độ khác biệt giữa DOC và DOL kali phụ thuộc vào thành phần nền thủy tinh và việc xử lý trao đổi ion mà tạo ra ứng suất trong vật phẩm thủy tinh thu được. Khi ứng suất trong vật phẩm thủy tinh được tạo ra bằng cách trao đổi các ion kali trong vật phẩm thủy tinh, FSM (như được mô tả trên đây về CS) được sử dụng để đo DOL kali. Khi ứng suất được tạo ra bằng cách trao đổi ion natri trong vật phẩm thủy tinh, SCALP (như được mô tả trên đây về CT) được sử dụng để đo DOC và vật phẩm thủy tinh thu được sẽ không có DOL kali vì không có sự đâm xuyên của các ion kali. Khi ứng suất trong vật phẩm thủy tinh được tạo ra bằng cách trao đổi cả ion kali và ion natri trong thủy tinh, độ sâu trao đổi của natri chỉ thị DOC, và độ sâu trao đổi của ion kali chỉ thị sự thay đổi về cường độ ứng suất nén (mà không phải là sự thay đổi ứng suất từ nén sang kéo); theo các phương án như vậy, DOC khi được đo bằng SCALP, và DOL kali khi được đo bằng FSM. Khi cả DOL kali và DOC có trong vật phẩm thủy tinh, DOL kali thường nhỏ hơn DOC.

Phương pháp trường gần khúc xạ (Refracted near-field - RNF) hoặc phương pháp SCALP có thể được sử dụng để đo biên dạng ứng suất trong các vật phẩm thủy tinh được mô tả trong bản mô tả (về việc ứng suất có được tạo ra hay không bằng trao đổi ion natri và/hoặc trao đổi ion kali). Khi phương pháp RNF được sử dụng, trị số CT do

SCALP cung cấp được sử dụng. Cụ thể, biên dạng ứng suất khi được đo bằng RNF là lực được cân bằng và hiệu chỉnh đến trị số CT do phép đo SCALP cung cấp. 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”, được kết hợp toàn bộ 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.

Theo một hoặc nhiều phương án, trong đó ứng suất trong vật phẩm thủy tinh được tạo ra chỉ bằng trao đổi ion kali và DOL kali tương đương với DOC, biên dạng ứng suất cũng có thể thu được bằng các phương pháp được bộc lộ trong đơn sáng chế Mỹ số 13/463,322, với tên sáng chế “Systems And Methods for Measuring the Stress Profile of Ion-Exchanged Glass (sau đây gọi là “Roussev I”), của Rostislav V. Roussev và các đồng tác giả ngày 03/05/2012, và yêu cầu hưởng quyền ưu tiên của đơn ban đầu Mỹ số 61/489,800, có cùng tên sáng chế và nộp ngày 25/05/2011. Tài liệu Roussev I bộc lộ phương pháp trích xuất biên dạng ứng suất chi tiết và chuẩn xác (ứng suất dưới dạng hàm của độ sâu) của thủy tinh được gia cường hóa học bằng FSM. Cụ thể, phổ của các phương thức quang học biên đối với sự phân cực TM và TE được thu thập thông qua các kỹ thuật kết hợp lăng kính, và toàn bộ các phổ này được sử dụng để thu được các biên dạng hệ số khúc xạ TM và TE chi tiết và chính xác $n_{TM}(z)$ và $n_{TE}(z)$. Toàn bộ nội dung của đơn nêu trên được kết hợp vào đây bằng cách viện dẫn. các biên dạng hệ số chi tiết thu được phương thức bằng cách sử dụng phương pháp Wentzel–

Kramers–Brillouin nghịch đảo (IWKB), và khớp phổ phương thức đo được với phổ được tính toán bằng số của các dạng hàm số xác định trước mà mô tả hình dạng của các biên dạng hệ số và thu các thông số của các dạng hàm số từ thành phần khớp thích hợp nhất. Biên dạng ứng suất chi tiết $S(z)$ được tính từ hiệu số của các biên dạng hệ số TM và TE bằng cách sử dụng giá trị hệ số ứng suất quang đã biết (SOC):

$$S(z) = [n_{TM}(z) - n_{TE}(z)]/SOC \quad (2).$$

Do giá trị của SOC là nhỏ nên độ lưỡng chiết quang $n_{TM}(z) - n_{TE}(z)$ ở độ sâu z bất kỳ là phần nhỏ (thường vào khoảng 1%) của một trong hai hệ số $n_{TM}(z)$ và $n_{TE}(z)$. Việc thu nhận các biên dạng ứng suất mà không bị bóp méo một cách đáng kể do sự nhiễu tạp trong các phổ phương thức đo được cần sự xác định các hệ số hữu hiệu đối với phương thức với độ chính xác khoảng 0,00001 RIU. Các phương pháp được bộc lộ trong tài liệu Roussev I còn bao gồm các kỹ thuật được áp dụng cho các dữ liệu thô để đảm bảo sự chính xác cao như vậy cho các hệ số phương thức đo, bất chấp tạp nhiễu và/hoặc sự tương phản kém trong các phổ phương thức TE và TM thu thập được hay trong các hình ảnh của các phổ phương thức này. Các kỹ thuật này bao gồm trung hòa tạp nhiễu, lọc, và khớp đường cong để phát hiện các vị trí của các điểm cực trị tương ứng với các phương thức với độ phân giải dưới pixel.

Như nêu trên, các vật phẩm thủy tinh được mô tả ở đây có thể được gia cường hóa học bằng cách trao đổi ion và thể hiện các biên dạng ứng suất mà khác biệt với các ứng suất được thể hiện bởi thủy tinh được gia cường đã biết. Trong quy trình này, các ion ở hoặc ở gần bề mặt của vật phẩm 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 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 thủy tinh), Na^+ , K^+ , Rb^+ , và Cs^+ . 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.

Các quy trình trao đổi ion điển hình được thực hiện bằng cách ngâm vật phẩm thủy tinh trong bể muối nóng chảy (hoặc hai hoặc nhiều bể muối nóng chảy) chứa các ion lớn hơn cần được trao đổi với các ion nhỏ hơn trong vật phẩm 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. Người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này sẽ thấy được rằng, các thông số của quy trình trao đổi ion, bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở, thành phần và nhiệt độ bể chứa, thời gian ngâm, số lần ngâm của vật phẩm thủy tinh trong bể muối (hoặc các bể), việc sử dụng nhiều bể muối, các bước bổ sung như ủ, rửa và bước tương tự, thông thường được xác định bởi thành phần cấu tạo của vật phẩm thủy tinh (bao gồm cấu trúc của vật phẩm này và các pha tinh thể có trong đó) và DOC và CS mong muốn của vật phẩm thủy tinh mà phát sinh từ hoạt động gia cường. Bằng cách ví dụ, việc trao đổi ion của các vật phẩm thủy tinh có thể đạt được bằng cách ngâm các vật phẩm thủy tinh này 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 khoảng từ 380°C đến khoảng 450°C , trong khi thời gian ngâm nằm trong khoảng từ 15 phút đến khoảng 100 giờ tùy thuộc vào độ dày của thủy tinh, nhiệt độ của bể và tính khuếch tán của thủy tinh. Tuy nhiên, nhiệt độ và thời gian ngâm khác với khoảng mô tả ở trên cũng có thể được sử dụng.

Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm thủy tinh có thể được ngâm trong bể muối nóng chảy chứa 100% NaNO_3 có nhiệt độ từ khoảng 370°C đến khoảng 480°C . Theo một số phương án, nền thủy tinh có thể được ngâm trong bể muối hỗn hợp nóng chảy chứa từ khoảng 5% đến khoảng 90% KNO_3 và từ khoảng 10% đến khoảng 95% NaNO_3 . Theo một số phương án, vật nền thủy tinh có thể được ngâm 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 thủy tinh có thể được ngâm trong bể thứ hai, sau khi ngâm trong bể thứ nhất. Việc ngâm trong bể thứ hai có thể gồm ngâm trong bể muối nóng chảy chứa 100% KNO_3 trong thời gian 15 phút đến 8 giờ.

Các điều kiện trao đổi ion có thể được thay đổi dựa trên thành phần của thủy tinh và độ dày của nền thủy tinh. Ví dụ, nền thủy tinh có thành phần bình thường như được thể hiện trong ví dụ 1 dưới đây có độ dày 0,4 mm có thể được ngâm trong bể muối nóng chảy chứa 80-100% KNO_3 (với lượng còn lại là NaNO_3) có nhiệt độ khoảng 460°C trong khoảng thời gian từ khoảng 10 giờ đến khoảng 20 giờ. Cùng nền này có độ

dày khoảng 0,55 mm có thể được ngâm trong bể muối nóng chảy chứa 70-100%KNO₃ (với lượng còn lại là NaNO₃) có nhiệt độ khoảng 460 °C trong khoảng thời gian từ khoảng 20 giờ đến khoảng 40 giờ. Cùng nền này có độ dày khoảng 0,8 mm có thể được ngâm trong bể muối nóng chảy chứa 60-100%KNO₃ (với lượng còn lại là NaNO₃) có nhiệt độ khoảng 460 °C trong khoảng thời gian từ khoảng 40 giờ đến khoảng 80 giờ.

Theo một hoặc nhiều phương án, nền trên cơ sở thủy tinh có thể được ngâm trong bể muối hỗn hợp bao gồm NaNO₃ và KNO₃ (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 dưới khoảng 5 giờ, hoặc thậm chí khoảng 4 giờ hoặc nhỏ 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.4, vật phẩm thủy tinh 300 theo một hoặc nhiều phương án gồm bề mặt thứ nhất 302 và bề mặt thứ hai 304 đối diện với bề mặt thứ nhất, định ra độ dày t . Theo một hoặc nhiều phương án, độ dày t có thể nhỏ hơn khoảng 3 mm, khoảng 2 mm hoặc nhỏ hơn, khoảng 1,5 mm hoặc nhỏ hơn, khoảng 1,1 mm hoặc nhỏ hơn, hoặc 1 mm hoặc nhỏ hơn (ví dụ, nằm trong khoảng từ khoảng 0,01 mm đến khoảng 1,5 mm, từ khoảng 0,1 mm đến khoảng 1,5 mm, từ khoảng 0,2 mm đến khoảng 1,5 mm, từ khoảng 0,3 mm đến khoảng 1,5 mm, từ khoảng 0,4 mm đến khoảng 1,5 mm, nằm trong khoảng từ khoảng 0,01 mm đến khoảng 1,1 mm, từ khoảng 0,1 mm đến khoảng 1,1 mm, từ khoảng 0,2 mm đến khoảng 1,1 mm, từ khoảng 0,3 mm đến khoảng 1,1 mm, từ khoảng 0,4 mm đến khoảng 1,1 mm, từ khoảng 0,01 mm đến khoảng 1,4 mm, từ khoảng 0,01 mm đến khoảng 1,2 mm, từ khoảng 0,01 mm đến khoảng 1,1 mm, từ khoảng 0,01 mm đến khoảng 1 mm, từ khoảng 0,01 mm đến khoảng 0,9 mm, từ khoảng 0,01 mm đến khoảng 0,8 mm, từ khoảng 0,01 mm đến khoảng 0,7 mm, từ khoảng 0,01 mm đến khoảng 0,6 mm, từ khoảng 0,01 mm đến khoảng 0,5 mm, từ khoảng 0,1 mm đến khoảng 0,5 mm, or từ khoảng 0,3 mm đến khoảng 0,5 mm).

Fig. 4 là hình vẽ minh họa mặt cắt ngang của biên dạng ứng suất của vật phẩm thủy tinh được gia cường hóa học 300 dọc theo độ dày 330 của nó (được mô tả dọc theo trục x). Cường độ ứng suất được minh họa trên trục y với đường 301 là ứng suất không.

Biên dạng ứng suất 312 bao gồm lớp CS 315 (với giá trị CS về mặt 310) mà kéo dài từ một hoặc cả hai bề mặt chính thứ nhất 302 và bề mặt chính thứ hai 304 đến DOC 330, và lớp CT 325 (với CT 320) mà kéo dài từ DOC 330 đến phần tâm của vật thể.

Như được sử dụng trong bản mô tả, DOC dùng để chỉ độ sâu mà tại đó ứng suất trong vật phẩm thủy tinh thay đổi từ ứng suất nén thành ứng suất kéo. Tại DOC, ứng suất chuyển từ ứng suất dương (nén) sang ứng suất âm (kéo) (ví dụ, 330 trên Fig.5) và do đó có trị số ứng suất bằng không.

Lớp CS có độ sâu hoặc độ dài kết hợp 317 kéo dài từ bề mặt chính 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. Theo một hoặc nhiều phương án, CS bề mặt 310 có thể nằm trong khoảng từ khoảng 150 MPa đến khoảng 1200 MPa, từ khoảng 200 MPa đến khoảng 1200 MPa, từ khoảng 250 MPa đến khoảng 1200 MPa, từ khoảng 300 MPa đến khoảng 1200 MPa, từ khoảng 350 MPa đến khoảng 1200 MPa, từ khoảng 400 MPa đến khoảng 1200 MPa, từ khoảng 450 MPa đến khoảng 1200 MPa, từ khoảng 500 MPa đến khoảng 1200 MPa, từ khoảng 200 MPa đến khoảng 1100 MPa, từ khoảng 200 MPa đến khoảng 1000 MPa, từ khoảng 200 MPa đến khoảng 900 MPa, từ khoảng 200 MPa đến khoảng 800 MPa, từ khoảng 200 MPa đến khoảng 700 MPa, từ khoảng 200 MPa đến khoảng 600 MPa, từ khoảng 200 MPa đến khoảng 500 MPa, từ khoảng 300 MPa đến khoảng 900 MPa, hoặc từ khoảng 400 MPa đến 600 MPa.

CT 320 có thể bằng khoảng 25 MPa hoặc lớn hơn, khoảng 50 MPa hoặc lớn hơn, khoảng 75 MPa hoặc lớn hơn, hoặc khoảng 85 MPa hoặc lớn hơn, hoặc khoảng 100

MPa hoặc lớn hơn (ví dụ, khoảng 150 MPa hoặc lớn hơn, khoảng 200 MPa hoặc lớn hơn, 250 MPa hoặc lớn hơn, hoặc khoảng 300 MPa hoặc lớn hơn). Theo một số phương án, CT 320 có thể nằm trong khoảng từ khoảng 50 MPa đến khoảng 400 MPa, (ví dụ, từ khoảng 75 MPa đến khoảng 400 MPa, từ khoảng 100 MPa đến khoảng 400 MPa, từ khoảng 150 MPa đến khoảng 400 MPa, từ khoảng 50 MPa đến khoảng 350 MPa, từ khoảng 50 MPa đến khoảng 300 MPa, từ khoảng 50 MPa đến khoảng 250 MPa, từ khoảng 50 MPa đến khoảng 200 MPa, từ khoảng 100 MPa đến khoảng 400 MPa, từ khoảng 100 MPa đến khoảng 300 MPa, từ khoảng 150 MPa đến khoảng 250 MPa). Như được sử dụng ở đây, CT là cường độ lớn nhất của ứng suất trung tâm trong vật phẩm thủy tinh.

Cần lưu ý rằng, một hoặc nhiều trị số bất kỳ trong số CS bề mặt 310 và CT 320 có thể phụ thuộc vào độ dày của vật phẩm thủy tinh. Ví dụ, các vật phẩm thủy tinh có độ dày khoảng 0,8 mm có CT khoảng 100 MPa hoặc lớn hơn. Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm thủy tinh có độ dày khoảng 0,4 mm có CT khoảng 130 MPa hoặc lớn hơn. Theo một số phương án, CT có thể được biểu thị bằng độ dày t của vật phẩm thủy tinh. Ví dụ, theo một hoặc nhiều phương án, CT có thể bằng khoảng $(100 \text{ MPa})/\sqrt{(t/1\text{mm})}$, hoặc lớn hơn, trong đó t là độ dày theo mm. Theo một số phương án, CT có thể bằng khoảng $(105 \text{ MPa})/\sqrt{(t/1\text{mm})}$ hoặc lớn hơn, $(110 \text{ MPa})/\sqrt{(t/1\text{mm})}$ hoặc lớn hơn, $(115 \text{ MPa})/\sqrt{(t/1\text{mm})}$ hoặc lớn hơn, $(120 \text{ MPa})/\sqrt{(t/1\text{mm})}$ hoặc lớn hơn, hoặc $(125 \text{ MPa})/\sqrt{(t/1\text{mm})}$ hoặc lớn hơn.

CT 320 có thể được định vị trong khoảng 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 CS bất kỳ trong số CS bề mặt 310 và CT 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 ở độ dày khoảng 0,8 mm có thể có CT khoảng 75 MPa hoặc nhỏ hơn. Khi độ dày của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh giảm, CT có thể tăng. Nói cách khác, CT tăng khi độ dày giảm (hoặc khi vật phẩm trên cơ sở thủy tinh trở nên mỏng hơn).

Mô đun Young của vật phẩm thủy tinh có thể ảnh hưởng đến CT của các vật phẩm thủy tinh được gia cường được mô tả trong bản mô tả. Cụ thể, khi mô đun Young của vật phẩm thủy tinh giảm, vật phẩm thủy tinh có thể được gia cường để có CT nhỏ hơn, ở độ dày nhất định, và vẫn thể hiện đặc tính nứt gãy được mô tả trong bản mô tả. Ví dụ, khi so sánh vật phẩm thủy tinh 1 mm có mô đun Young tương đối thấp

hơn so với vật phẩm thủy tinh dày 1mm khác có mô đun Young cao hơn, vật phẩm thủy tinh có mô đun Young thấp hơn có thể được gia cường đến mức độ thấp hơn (tức là, đến trí số CT tương đối thấp hơn) và vẫn thể hiện đặc tính nứt gãy giống với thủy tinh có mô đun Young cao hơn (mà có thể có CT cao hơn so với CT của vật phẩm thủy tinh).

Theo một số phương án, tỷ lệ giữa CT 320 và CS bề mặt nằm trong khoảng từ khoảng 0,05 đến khoảng 1 (ví dụ, nằm trong khoảng từ khoảng 0,05 đến khoảng 0,5, từ khoảng 0,05 đến khoảng 0,3, từ khoảng 0,05 đến khoảng 0,2, từ khoảng 0,05 đến khoảng 0,1, từ khoảng 0,5 đến khoảng 0,8, từ khoảng 0,05 đến khoảng 1, từ khoảng 0,2 đến khoảng 0,5, từ khoảng 0,3 đến khoảng 0,5). Trong các vật phẩm thủy tinh được gia cường hóa học đã biết, tỷ lệ giữa CT 320 và CS bề mặt là 0,1 hoặc nhỏ hơn. Theo một số phương án, CS bề mặt có thể gấp 1,5 lần (hoặc 2 lần hoặc 2,5 lần) CT hoặc gấp nhiều hơn thế. Theo một số phương án, CS bề mặt có thể gấp đến khoảng 20 lần CT.

Theo một hoặc nhiều phương án, biên dạng ứng suất 312 bao gồm CS tối đa, mà điển hình là CS 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, vùng hoặc lớp CS 315 kéo dài dọc theo một phần của độ dày đến DOC 317 và CT 320. Theo một hoặc nhiều phương án, DOC 317 có thể là khoảng $0,1 \cdot t$ hoặc lớn hơn. Ví dụ, DOC 317 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 317 nhỏ hơn độ sâu hóa học tối đa 342. Độ sâu hóa học tối đa 342 có thể là khoảng $0,4 \cdot t$ hoặc lớn hơn, $0,5 \cdot t$ hoặc lớn hơn, khoảng $55 \cdot t$ 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 có DOL kali nằm trong khoảng từ khoảng 6 micromet đến khoảng 20 micromet. Theo một số phương án, DOL kali có thể được biểu thị dưới dạng hàm của độ dày t của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Theo một hoặc nhiều phương án, DOL kali có thể nằm trong khoảng từ khoảng $0,005t$ đến khoảng $0,05t$. Theo một số phương án, DOL kali có thể nằm trong khoảng 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, trị số ứng suất nén ở độ sâu DOL kali có thể nằm trong khoảng từ khoảng 50 MPa đến khoảng 300 MPa. Theo một số phương án, giá trị ứng suất nén ở độ sâu DOL kali có thể nằm trong khoảng 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 to 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 1100 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, vật phẩm thủy tinh thể hiện tập hợp CS bề mặt nằm trong khoảng từ khoảng 450 MPa đến khoảng 600 MPa, CT nằm trong khoảng từ khoảng 200 đến 300 MPa, và độ dày nằm trong khoảng từ khoảng 0,4 mm đến 0,5 mm. Theo một số phương án, DOC của vật phẩm thủy tinh nằm trong khoảng từ khoảng 0,18t đến khoảng 0,21t.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm thủy tinh thể hiện tập hợp CS bề mặt nằm trong khoảng từ khoảng 350 MPa đến khoảng 450 MPa, CT nằm trong khoảng từ khoảng 150 đến 250 MPa, và độ dày nằm trong khoảng từ khoảng 0,4 mm đến 0,5 mm. Theo một số phương án, DOC của vật phẩm thủy tinh nằm trong khoảng từ khoảng 0,18t đến khoảng 0,21t.

Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm thủy tinh này thể hiện độ sâu hóa học tối đa là khoảng 0,4•t hoặc lớn hơn, 0,5•t hoặc lớn hơn, khoảng 55•t hoặc lớn hơn, hoặc khoảng 0,6•t hoặc lớn hơn. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “độ sâu hóa học” nghĩa là độ sâu mà ở đó ion của oxit kim loại hoặc oxit kim loại kiềm (ví dụ, ion kim

loại hoặc ion kim loại kiềm) khuếch tán vào vật phẩm thủy tinh và độ sâu mà ở đó nồng độ ion đạt giá trị tối đa, như được xác định bằng phương pháp vi phân tích đầu dò điện tử (Electron Probe Micro-Analysis - EPMA). Ion là ion khuếch tán vào vật phẩm thủy tinh được gia cường hóa học do kết quả của sự trao đổi ion. Độ sâu hóa học tối đa chỉ độ sâu khuếch tán tối đa của ion bất kỳ được trao đổi vào vật phẩm thủy tinh được gia cường hóa học bằng quy trình trao đổi ion. Ví dụ, khi bể muối nóng chảy có nhiều hơn một loại ion khuếch tán (tức là, bể muối nóng chảy chứa cả NaNO_3 và KNO_3), các loại ion khác nhau có thể khuếch tán đến độ sâu khác nhau vào các vật phẩm thủy tinh được gia cường hóa học. Độ sâu hóa học tối đa là độ sâu khuếch tán lớn nhất của tất cả các loại ion được trao đổi ion vào vật phẩm thủy tinh được gia cường hóa học.

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 (tức là, ứng suất nén hoặc kéo) bằng phẳng hoặc không có phần mà thể hiện ứng suất (tức là, ứng suất nén hoặc kéo) hầu như không đổi. 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 nằm trong khoảng độ dày từ khoảng $0 \cdot t$ lên đến khoảng $0,2 \cdot t$ và lớn hơn $0,8 \cdot t$ (hoặc từ khoảng $0 \cdot t$ đến khoảng $0,3 \cdot t$ và lớn hơn $0,7 \cdot t$) có tang số nhỏ hơn khoảng $-0,1$ MPa/micromet hoặc lớn hơn khoảng $0,1$ MPa/micromet. Theo một số phương án, tang số này 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, tang số này có thể nhỏ hơn khoảng $-0,3$ MPa/micromet hoặc lớn hơn khoảng $0,3$ MPa/micromet. Theo các phương án cụ thể hơn nữa, tang số này 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 cùng với các khoảng độ dày này (tức là, $0 \cdot t$ lên đến khoảng $2 \cdot t$ và lớn hơn khoảng $0,8t$, hoặc từ khoảng $0t$ đến khoảng $0,3 \cdot t$ và $0,7 \cdot t$ hoặc lớn hơn) loại trừ các điểm có tang số, như được mô tả ở đây. Không bị ràng buộc bởi lý thuyết, hàm sai số đã biết hoặc các biên dạng ứng suất gần như tuyến tính có các điểm dọc theo các khoảng độ dày này (tức là, từ khoảng $0 \cdot t$ lên đến

khoảng $2 \cdot t$ và lớn hơn $0,8 \cdot t$, hoặc từ khoảng $0 \cdot t$ đến khoảng $0,3 \cdot t$ và $0,7 \cdot t$ hoặc lớn hơn) mà có tang số nằm trong khoảng từ khoảng $-0,1$ MPa/micromet đến khoảng $0,1$ MPa/micromet, từ khoảng $-0,2$ MPa/micromet đến khoảng $0,2$ MPa/micromet, từ khoảng $-0,3$ MPa/micromet đến khoảng $0,3$ MPa/micromet, hoặc từ khoảng $-0,5$ MPa/micromet đến khoảng $0,5$ MPa/micromet (thể hiện biên dạng ứng suất phẳng hoặc có độ dốc bằng không dọc theo các khoảng độ dày này, như được thể hiện trên Fig.3, 220). Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế không thể hiện biên dạng ứng suất có biên dạng ứng suất phẳng hoặc độ dốc bằng không dọc theo các khoảng độ dày như vậy, như được thể hiện trên Fig.4.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thể hiện biên dạng ứng suất trong khoảng độ dày từ khoảng $0,1 \cdot t$ đến $0,3 \cdot t$ và từ khoảng $0,7 \cdot t$ đến $0,9 \cdot t$ có tang số tối đa và tang số tối thiểu. Trong một số trường hợp, chênh lệch giữa tang số tối đa và tang số 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 bao gồm biên dạng ứng suất 312 mà hầu như không có các đoạn tuyến tính bất kỳ mà kéo dài theo hướng độ 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 tăng hoặc giảm gần như liên tục dọc theo độ dày t . Theo một số phương án, biên dạng ứng suất này hầu như không có các đoạn tuyến tính bất kỳ theo hướng độ sâu có độ dài khoảng 10 micromet hoặc hơn, khoảng 50 micromet hoặc hơn, hoặc khoảng 100 micromet hoặc hơn, hoặc khoảng 200 micromet hoặc hơn. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “tuyến tính” chỉ độ dốc có độ lớn nhỏ hơn khoảng 5 MPa/micromet, hoặc nhỏ hơn khoảng 2 MPa/micromet dọc theo đoạn tuyến tính. Theo một số phương án, một hoặc nhiều phần của biên dạng ứng suất mà hầu như không có đoạn tuyến tính bất kỳ theo hướng độ sâu, có mặt ở các độ sâu trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là khoảng 5 micromet hoặc lớn hơn (ví dụ, 10 micromet hoặc lớn hơn, hoặc 15 micromet hoặc lớn hơn) tính từ một hoặc cả hai bề mặt thứ nhất hoặc bề mặt thứ hai. Ví dụ, dọc theo độ sâu khoảng 0 micromet đến nhỏ hơn khoảng 5 micromet tính từ bề mặt thứ nhất, biên dạng ứng suất có thể 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 là không có các đoạn tuyến tính.

Theo một số phương án, biên dạng ứng suất có thể gồm các đoạn tuyến tính từ các độ sâu từ khoảng $0t$ lên đến khoảng $0,1t$ và có thể hầu như không có các đoạn tuyến tính ở các độ sâu từ khoảng $0,1t$ đến khoảng $0,4t$. Theo một số phương án, biên dạng ứng suất trên độ dày nằm trong khoảng từ khoảng $0t$ đến khoảng $0,1t$ có thể có độ dốc nằm trong khoảng 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 quy trình trao đổi ion đơn qua đó bể chứa hai hoặc nhiều muối kiềm hoặc là bể muối kiềm hỗn hợp hoặc nhiều (ví dụ, 2 hoặc nhiều) quy trình trao đổi ion.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được mô tả theo hình dạng của biên dạng ứng suất dọc theo vùng CT (327 trên Fig.4). Ví dụ, theo một số phương án, biên dạng ứng suất dọc theo vùng CT (trong đó ứng suất là ở dạng kéo) có thể được làm xấp xỉ bằng một phương trình. Theo một số phương án, biên dạng ứng suất dọc theo vùng CT có thể được tính xấp xỉ bằng phương trình (1):

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

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), MaxT là giá trị ứng suất kéo tối đa và CT_n là giá trị ứng suất kéo ở n và nhỏ hơn hoặc bằng MaxT. Cả MaxT và CT_n có giá trị dương tính bằng MPa. Trị số x là vị trí dọc theo độ dày (t) với đơn vị là micromet, nằm trong khoảng từ 0 đến t; $x=0$ là một bề mặt (302, trên Fig.4), $x=0,5t$ là tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, $\text{ứng suất}(x)=\text{MaxCT}$, và $x=t$ là bề mặt đối diện (304, trên Fig.4). MaxT được sử dụng trong phương trình (1) là tương đương với CT, mà có thể nhỏ hơn khoảng $71,5/\sqrt{t}$. Theo một số phương án, MaxT được sử dụng trong phương trình (1) có thể nằm trong khoảng 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, số mũ không phải $n=2$ tạo ra các biên dạng ứng suất với các các biên dạng ứng suất gần như parabol. Fig. 5 là đồ thị 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, CTn có thể nhỏ hơn MaxT tại 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, CTn bằng MaxT 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 dẫn đến sự giảm 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, quy 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 (và/hoặc biên dạng ứng suất được ước tính 340) được tạo ra do nồng độ (các) oxit kim loại khác không, biến thiên dọc theo phần độ dày. Sự biến thiên nồng độ này ở đây có thể được đề cập như là gradien. Theo một số phương án, nồng độ oxit kim loại là khác không và biến thiên, dọc theo khoảng 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 không và biến thiên dọc theo khoảng 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 khoảng 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 khi được đo bằng các phương pháp đã biết trong lĩnh vực này bao gồm dụng cụ vi đầu dò, như được thể hiện trong ví dụ 1. Oxit kim loại mà có nồng độ khác không 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 khoảng 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 khoảng 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 quy 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. Điều này một phần là do kích cỡ của các ion. 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^+) là 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 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 các kim loại 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 vật 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 đáng kể của độ dày t hoặc toàn bộ độ dày t của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, 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 về cơ bản là liên tục đến điểm giữa bề mặt thứ nhất 302 và bề mặt thứ hai 304. Tại điểm giữa 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 không. Nói cách

khác, nồng độ khác không của oxit kim loại cụ thể kéo dài dọc theo phần đáng kể của độ dày t (như được mô tả ở đây) hoặc trên toàn bộ độ dày t . Theo một số phương án, nồng độ thấp nhất của 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 khoảng 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 là nằm trong khoảng từ khoảng 0% mol đến khoảng 15% mol dọc theo khoảng độ dày thứ nhất từ khoảng $0t$ đến khoảng $0,5t$, và nồng độ oxit kim loại thứ hai nằm trong khoảng từ khoảng 0% mol đến khoảng 10% mol từ khoảng 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 không dọc theo phần đáng kể hoặc toàn bộ chiều 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 gồm Na_2O trong khi oxit kim loại thứ hai có thể 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 gradien nồng độ của oxit kim loại này.

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 dẫn đến sự giảm 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, quy 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 không, biến thiên dọc theo phần độ dày. Sự biến thiên nồng độ này ở đây có thể được đề cập như là gradien. Theo một số phương án, nồng độ oxit kim loại là khác không và biến thiên, dọc theo khoảng 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 không và biến thiên dọc theo khoảng 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 khoảng 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 khi được đo bằng các phương pháp đã biết trong lĩnh vực này bao gồm dụng cụ vi đầu dò, như được thể hiện trong ví dụ 1. Oxit kim loại mà có nồng độ khác không 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 khoảng 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 khoảng 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 quy 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. Điều này một phần là do kích cỡ của các ion. 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^+) là 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).

Gradien hoặc biến thiên nồng độ của một hoặc nhiều oxit kim loại được tạo ra bằng cách gia cường hóa học nền 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 các kim loại 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 vật 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, gradien nồng độ oxit kim loại kéo dài qua phần đáng kể của độ dày t hoặc toàn bộ độ dày t của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, 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 về cơ bản là liên tục đến điểm giữa bề mặt thứ nhất 302 và bề mặt thứ hai 304. Tại điểm giữa 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 không. Nói cách khác, nồng độ khác không của oxit kim loại cụ thể kéo dài dọc theo phần đáng kể của độ dày t (như được mô tả ở đây) hoặc trên toàn bộ độ dày t . Theo một số phương án, nồng độ thấp nhất của 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 khoảng 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 là nằm trong khoảng từ khoảng 0% mol đến khoảng 15% mol dọc theo khoảng độ dày thứ nhất từ khoảng $0t$ đến khoảng $0,5t$, và nồng độ oxit kim loại thứ hai nằm trong khoảng từ khoảng 0% mol đến khoảng 10% mol từ khoảng 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 không dọc theo phần đáng kể hoặc toàn bộ chiều 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 gồm Na_2O trong khi oxit kim loại thứ hai có thể 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 thủy tinh trước khi được biến đổi để có gradien nồng độ của oxit kim loại này.

Các vật phẩm thủy tinh được mô tả trong bản mô tả có thể thể hiện năng lượng ứng suất kéo dự trữ nằm trong khoảng từ lớn hơn 15 J/m² hoặc lớn hơn (ví dụ, từ khoảng 15 J/m² đến khoảng 50 J/m²). Ví dụ, theo một số phương án, năng lượng ứng suất kéo dự trữ có thể nằm trong khoảng từ khoảng 20 J/m² đến khoảng 150 J/m². Trong một số trường hợp, năng lượng ứng suất kéo dự trữ có thể nằm trong khoảng từ khoảng 25 J/m² đến khoảng 150 J/m², từ khoảng 30 J/m² đến khoảng 150 J/m², từ khoảng 35 J/m² đến khoảng 150 J/m², từ khoảng 40 J/m² đến khoảng 150 J/m², từ khoảng 45 J/m² đến khoảng 150 J/m², từ khoảng 50 J/m² đến khoảng 150 J/m², từ khoảng 55 J/m² đến khoảng 150 J/m², từ khoảng 60 J/m² đến khoảng 150 J/m², từ khoảng 65 J/m² đến khoảng 150 J/m², từ khoảng 25 J/m² đến khoảng 140 J/m², từ khoảng 25 J/m² đến khoảng 130 J/m², từ khoảng 25 J/m² đến khoảng 120 J/m², từ khoảng 25 J/m² đến khoảng 110 J/m², từ khoảng 30 J/m² đến khoảng 140 J/m², từ khoảng 35 J/m² đến khoảng 130 J/m², từ khoảng 40 J/m² đến khoảng 120 J/m² hoặc từ khoảng 40 J/m² đến khoảng 100 J/m². Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được gia cường nhiệt và hóa học theo một hoặc nhiều phương án có thể thể hiện năng lượng ứng suất kéo dự trữ khoảng 40 J/m² hoặc lớn hơn, khoảng 45 J/m² hoặc lớn hơn, khoảng 50 J/m² hoặc lớn hơn, khoảng 60 J/m² hoặc lớn hơn, hoặc khoảng 70 J/m² hoặc lớn hơn.

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

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

trong đó ν là tỷ lệ Poisson, E là mô đun Young và phép tích phân này được tính toán chỉ cho vùng ứng suất kéo. Phương trình (2) được mô tả trong tài liệu Suresh T. Gulati, *Frangibility of Tempered Soda-Lime Glass Sheet*, GLASS PROCESSING DAYS, The Fifth International Conference on Architectural and Automotive Glass, 13-15 Sept. 1997, dưới dạng phương trình 4.

Các vật phẩm thủy tinh theo một số phương án thể hiện tính năng cơ học ưu việt hơn như được chứng tỏ bằng thử nghiệm thả rơi dụng cụ hoặc thử nghiệm mức độ thành phần, so với các vật phẩm thủy tinh được gia cường đã biết. Theo một hoặc

hiều phương án, các vật phẩm thủy tinh thể hiện độ bền bề mặt được cải thiện khi thử nghiệm mài mòn vòng trên vòng (abraded ring-on-ring: AROR). Độ bền của vật liệu được định nghĩa là ứng suất tại đó sự nứt gãy xảy ra. Thử nghiệm A-ROR là phép đo độ bền bề mặt để thử nghiệm các mẫu thủy tinh phẳng, và tiêu chuẩn ASTM C1499-09(2013), có tên là “Phương pháp thử nghiệm chuẩn về độ bền uốn đẳng lượng trục đơn điều của gốm tăng cường ở nhiệt độ môi trường” (Standard Test Method for Monotonic Equibiaxial Flexural Strength of Advanced Ceramics at Ambient Temperature), đóng vai trò là cơ sở cho phương pháp thử nghiệm mài mòn ROR được mô tả trong bản mô tả. Toàn bộ nội dung của tiêu chuẩn ASTM C1499-09 được đính kèm theo đây bằng cách viện dẫn. 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 thủy tinh được mài mòn như được mô tả trong tiêu chuẩn ASTM C158-02, phụ lục 2, để chuẩn hóa và/hoặc đối chứng điều kiện khiếm khuyết bề mặt của mẫu bằng cách sử dụng thiết bị được thể hiện trên Fig. A2.1 của tiêu chuẩn ASTM C158-02. Vật liệu mài mòn thường được phun cát lên bề mặt 110 của vật phẩm thủy tinh ở tải trọng hoặc áp lực 103,42 Kpa (15 psi) bằng áp suất không khí 304 kPa (44 psi). Theo một số phương án, vật liệu mài mòn có thể được phun cát lên bề mặt 110 ở tải trọng 137,9 KPa (20 psi), 172,37 KPa (25 psi) hoặc thậm chí 310,26 Kpa (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.

Để thử nghiệm vòng trên vòng, vật phẩm thủy tinh có ít nhất một bề mặt được mài mòn 112 như được thể hiện trên Fig.5 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 vật liệu có thể trụ vững khi được uốn giữa hai vòng đồng tâm), như cũng được thể hiện trên Fig.5. Trong hệ mài mòn vòng-trên-vòng 10, vật phẩm thủy tinh đã mài mòn 110 được

đỡ bằng vòng đỡ 120 có đường kính D2. Lực F được tác dụng bằng cảm biến lực (không được thể hiện) lên bề mặt của vật phẩm thủy tinh bằng vòng tải 130 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 thủy tinh 110. Vòng tải 130 và vòng đỡ 120 thường được làm từ thép cứng với độ cứng HRc > 40. Các bộ gá lắp ROR có bán trên thị trường.

Cơ chế hư hỏng dự tính đối với thử nghiệm ROR là quan sát sự nứt vỡ của vật phẩm thủy tinh 110 bắt đầu từ bề mặt 130a trong vòng tải 130. Các hư hỏng mà diễn ra ngoài vùng này – tức là, giữa các vòng tải 130 và các vòng đỡ 120 – được bỏ qua không phân tích dữ liệu. Tuy nhiên, do độ mỏng và độ bền cao của mẫu thủy tinh 110, đôi khi vẫn quan sát được độ võng lớn quá $\frac{1}{2}$ độ dày mẫu h. Do đó, sẽ hiếm gặp phần trăm hư hỏng cao khởi đầu từ bên dưới vòng tải 130. 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 thủy tinh phụ 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 bản chất là có tính thống kê. 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 thủy tinh được gia cường được mô tả trong bản mô tả thể hiện độ bền uốn đẳng lượng trục hoặc tải trọng khi hư hỏng là 20

kgf hoặc lớn hơn và lên tới khoảng 45 kgf như được xác định bằng thử nghiệm AROR sử dụng tải trọng 172,37 KPa (25 psi) hoặc thậm chí 310,26 KPa (45 psi) để mài mòn bề mặt. Theo các phương án khác, độ bền bề mặt là ít nhất 25 kgf, và theo các phương án khác nữa, là ít nhất 30 kgf.

Theo một số phương án, các vật phẩm thủy tinh được gia cường có thể thể hiện tính năng thả rơi được cải thiện. Như được sử dụng ở đây, tính năng thả rơi được đánh giá bằng cách lắp vật phẩm thủy tinh vào thiết bị điện thoại di động. Trong một số trường hợp, một số trong số các vật phẩm thủy tinh có thể được lắp vào thiết bị điện thoại di động giống nhau và thử nghiệm giống nhau. Sau đó, thiết bị điện thoại di động có lắp đặt vật phẩm thủy tinh lên đó được thả rơi lên giấy nhám (mà gồm các hạt Al_2O_3 hoặc vật liệu mài mòn khác) theo cách thả rơi liên tục bắt đầu ở độ cao 50 cm. Nếu mẫu vẫn bền nguyên sau khi thả rơi từ một độ cao, thiết bị điện thoại di động có gắn mẫu được thả rơi tiếp từ độ cao lớn hơn đến khi vật phẩm thủy tinh nứt gãy, ở điểm đó độ cao nứt gãy của mẫu được ghi lại làm độ cao nứt gãy tối đa.

Theo một số phương án, các vật phẩm thủy tinh thể hiện độ cao nứt gãy tối đa khoảng 100 cm hoặc lớn hơn, khi có độ dày khoảng 1 mm. Theo một số phương án, các vật phẩm thủy tinh thể hiện độ cao nứt gãy tối đa khoảng 120 cm hoặc lớn hơn, khoảng 140 cm hoặc lớn hơn, khoảng 150 cm hoặc lớn hơn, khoảng 160 cm hoặc lớn hơn, khoảng 180 cm hoặc lớn hơn hoặc khoảng 200 cm hoặc lớn hơn, ở độ dày khoảng 1 mm. Các vật phẩm thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án thể hiện mẫu nứt gãy vụn sau khi bị hỏng ở độ cao nứt gãy. Mẫu nứt gãy vụn bao gồm thể hiện tỷ số mặt cắt được mô tả trong bản mô tả.

Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm thủy tinh ở đây thể hiện đặc tính nứt gãy sao cho, khi vật phẩm thủy tinh được kết nối trực tiếp với nền (tức là đơn vị hiển thị), sau khi vật phẩm thủy tinh nứt gãy, 50% số vết nứt hoặc nhiều hơn là vết nứt dưới bề mặt (khi đó các vết nứt chỉ kéo dài qua độ dày và kết thúc dưới bề mặt. Ví dụ, trong một số trường hợp, các vết nứt có thể kéo dài một phần qua độ dày t của vật phẩm thủy tinh, cho ví dụ, từ $0,05t$ đến $0,95t$. Tỷ lệ phần trăm số vết nứt trong vật phẩm thủy tinh mà chỉ kéo dài một phần qua độ dày t có thể là 50% hoặc lớn hơn, 60% hoặc lớn hơn, 70% hoặc lớn hơn, 80% hoặc lớn hơn hoặc 90% hoặc lớn hơn.

Theo một số phương án, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được gia cường được mô tả ở đây có thể được mô tả về đặc tính trong thử nghiệm bi ngược trên giấy nhám (IBoS). Thử nghiệm bi ngược trên giấy nhám (IBoS) là thử nghiệm mức thành phần động lực mà mô phỏng cơ chế chính của sự hư hỏng do tác dụng lực phá hủy cùng với sự uốn cong mà thường xảy ra 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.6. Trong lĩnh vực này, việc tác dụng lực phá hủy (a trên Fig.7) xảy ra trên bề mặt trên của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Sự nứt gãy bắt đầu trên bề mặt trên của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh và sự phá hỏng xuyên qua vật phẩm trên cơ sở thủy tinh (b trên Fig.7) hoặc sự nứt gãy lan truyền từ điểm uốn trên bề mặt trên hoặc từ các phần bên trong của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh (c trên Fig.7). Thử nghiệm IBoS được thiết kế để đồng thời tác dụng lực phá hủy 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 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 bi thép không gỉ 4,2 gam 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 định trước **h**. Giá thử nghiệm 510 bao gồm một đế chắc 512 bằng vật liệu cứng, rắn như granit hoặc vật liệu 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 mẫu 514 và giá thử nghiệm 510 được thiết kế thích hợp để phù hợp với độ dày mẫu lên đến khoảng 2 mm. Khe không khí

516 nằm trong khoảng từ khoảng 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 gãy 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 tiến hành thử nghiệm IBoS sử dụng thiết bị 500 được mô tả trên đây được thể hiện trên Fig.8. 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 rắn 530 có khối lượng và kích cỡ đã định được rơi từ độ cao đã định 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 gãy” có nghĩa là vết nứt gãy 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 gãy vỡ (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 gãy xảy ra.

Theo một số phương án, thử nghiệm IBoS theo phương pháp 600 chỉ được thực hiện 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 mẫu có thể được thực hiện nhiều thử nghiệm ở mỗi độ cao.

Nếu sự nứt gãy của mẫu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 518 đã xảy ra (bước 631 trên Fig.7), thì thử nghiệm IBoS theo phương pháp 600 được kết thúc (bước 640). Nếu không quan sát thấy sự nứt gãy 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 gãy mẫu (631) hoặc khi đạt đến độ cao thử nghiệm tối đa (636) mà không có sự nứt gãy mẫu. Nếu đạt đến bước 631 hoặc bước 636 thì thử nghiệm theo phương pháp 600 được kết thúc.

Khi được thử nghiệm bi ngược trên giấy nhám (IBoS) như mô tả trên đây, các phương án về vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được mô tả ở đây có tỷ lệ bền nguyên ít nhất khoảng 60% khi bi được thả rơi lên bề mặt 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 là 60% khi được thả rơi từ độ cao nhất định nếu ba trong số năm mẫu giống nhau (hoặc gần giống nhau) (tức là, có thành phần gần giống nhau và, khi được gia cường, ứng suất nén và chiều sâu nén hoặc lớp ứng suất nén là gần như nhau, như được mô tả ở đây) bền nguyên sau thử

nghiệm thả rơi IBoS mà không có sự nứt gãy khi được thả rơi từ độ cao đã định (ở đây là 100 cm). Theo các phương án khác, tỷ lệ bền nguyên của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh đã được gia cường trong thử nghiệm IBoS 100 cm là ít nhất khoảng 70%, theo các phương án khác, ít nhất khoảng 80%, và theo các phương án khác nữa, ít nhất khoảng 90%. Theo các phương án khác, tỷ lệ bền nguyên của các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được gia cường được thả rơi từ độ cao 100 cm trong thử nghiệm IBoS ít nhất là khoảng 60%, theo các phương án khác, ít nhất là khoảng 70%, theo các phương án khác nữa, ít nhất là khoảng 80%, và theo các phương án khác, ít nhất là khoảng 90%. Theo một hoặc nhiều phương án, tỷ lệ bền nguyên của các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được gia cường được thả rơi từ độ cao 150 cm trong thử nghiệm IBoS ít nhất là khoảng 60%, theo các phương án khác, ít nhất là khoảng 70%, theo các phương án khác nữa, ít nhất là khoảng 80%, và theo các phương án khác, ít nhất là khoảng 90%.

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 gãy cho đến khi đạt đến độ cao định trước, và được kiểm tra bằng mắt thường (tức là, bằng mắt thường) về dấu hiệu nứt gãy (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 gãy 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 gãy 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 bền nguyên sau thử nghiệm rơi. Ví dụ, nếu 7 mẫu trong nhóm 10 mẫu không nứt gãy khi rơi từ độ cao đã định thì tỷ lệ bền nguyên của thủy tinh sẽ là 70%.

Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm thủy tinh thể hiện tỷ lệ nứt gãy chậm thấp hơn (tức là, các vật phẩm thủy tinh, khi nứt gãy, nứt gãy nhanh hoặc thậm

chí ngay lập tức). Theo một số phương án, tỷ lệ nứt gãy này có thể do DOC sâu và mức CT cao. Cụ thể, khả năng vật phẩm thủy tinh tự vỡ lâu sau khi xảy ra sự tác động vào vật phẩm thủy tinh làm nứt gãy hoặc hư hỏng là thấp hơn. Theo một hoặc nhiều phương án, khi vật phẩm thủy tinh nứt gãy, nó nứt gãy thành nhiều mảnh trong 2 giây hoặc 1 giây hoặc nhỏ hơn sau khi va chạm khi được đo bằng thử nghiệm “tính dễ vỡ”, như được mô tả bởi Z. Tang, và các đồng tác giả. *Automated Apparatus for Measuring the Frangibility and Fragmentation of Strengthened Glass*. Experimental Mechanics (2014) 54:903-912. Thử nghiệm độ giòn sử dụng độ cao thả rơi của kim là 50 mm và kim có đầu vonfram carbide (của hãng Fisher Scientific Industries, với nhãn hiệu TOSCO® và số định dạng của nhà sản xuất #13-378, với đầu nhọn hình nón-cầu 60 độ), có khối lượng 40 g. Theo một số phương án, sự nứt gãy đầu tiên (hoặc sự nứt gãy đầu tiên thấy được bằng mắt thường mà tạo ra 2 mảnh) xảy ra ngay hoặc trong khoảng không giây hoặc 0,1 giây sau khi tác động làm cho vật phẩm thủy tinh nứt gãy. Theo một hoặc nhiều phương án, khả năng xảy ra nứt gãy đầu tiên trong các khoảng thời gian được mô tả ở đây, như khi được đo bằng thử nghiệm độ giòn, là khoảng 90% hoặc lớn hơn theo một số phương án, (các) vết nứt gãy thứ cấp xảy ra trong khoảng 5 giây hoặc nhỏ hơn (tức là, 4 giây hoặc nhỏ hơn, 3 giây hoặc nhỏ hơn, 2 giây hoặc nhỏ hơn hoặc khoảng 1 giây hoặc nhỏ hơn). Như được sử dụng ở đây, “vết nứt gãy thứ cấp” nghĩa là vết nứt gãy xảy ra sau vết nứt gãy đầu tiên. Theo một hoặc nhiều phương án, khả năng xảy ra (các) vết nứt gãy thứ cấp trong các khoảng thời gian được mô tả ở đây, như khi được đo bằng thử nghiệm độ giòn, là khoảng 90% hoặc lớn hơn.

Theo một hoặc nhiều phương án, khi gãy vỡ, vật phẩm thủy tinh bắn ra ít mảnh và mảnh nhỏ mà có thể là mối quan tâm với người dùng hơn so với các vật phẩm thủy tinh đã biết hiện được dùng trong các thiết bị điện tử di động. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “bắn ra” hoặc các mảnh “được bắn ra” chỉ các mảnh dịch chuyển từ vị trí hoặc sắp đặt ban đầu của chúng trong vật phẩm thủy tinh sau khi vật phẩm thủy tinh bị nứt gãy. Theo một số phương án, sau khi vật phẩm thủy tinh bị nứt gãy và tạo ra nhiều mảnh, khoảng 10% hoặc nhỏ hơn (tức là, khoảng 8% hoặc nhỏ hơn, khoảng 6% hoặc nhỏ hơn, hoặc khoảng 5% hoặc nhỏ hơn) số mảnh bị bắn ra. Theo một số phương án, sau khi vật phẩm thủy tinh bị nứt gãy và tạo thành nhiều mảnh, khoảng 50% phần bị bắn ra của nhiều mảnh này hoặc cao hơn có kích thước lớn nhất nhỏ hơn 0,5 mm. Theo một số phương án, số hoặc lượng các mảnh bắn ra có thể đặc trưng bởi khối

lượng, so với vật phẩm thủy tinh trước và sau nứt gãy. Ví dụ, sự khác biệt giữa khối lượng vật phẩm thủy tinh trước khi nứt gãy (bao gồm tổng khối lượng của phần bắn ra của nhiều mảnh và phần không bắn ra của các mảnh, sau nứt gãy) và khối lượng của phần không bắn ra của các mảnh, có thể nhỏ hơn khoảng 1% khối lượng trước khi va chạm hoặc nhỏ hơn. Trong một số trường hợp, sự khác biệt giữa khối lượng vật phẩm thủy tinh trước khi nứt gãy (bao gồm tổng khối lượng của phần bắn ra của nhiều mảnh và phần không bắn ra của các mảnh, sau nứt gãy) và khối lượng của phần không bắn ra của các mảnh, có thể nhỏ hơn khoảng 0,0005 g (ví dụ, 0,0004 g hoặc nhỏ hơn, 0,0003 g hoặc nhỏ hơn, 0,0002 g hoặc nhỏ hơn, hoặc 0,0001 g hoặc nhỏ hơn). Để xác định khối lượng của phần không bắn ra.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm thủy tinh thể hiện độ vỡ vụn cao theo kiểu đồng đều hơn dọc theo bề mặt và thể tích của nó. Theo một số phương án, độ vỡ vụn và độ đồng đều cao được thể hiện khi vật phẩm thủy tinh có độ dày không đều (tức là, được tạo hình để có hình dạng ba chiều hoặc 2,5 chiều). Không bị ràng buộc bởi lý thuyết, điều này cho phép phần mỏng nhất của vật phẩm thủy tinh được gia cường đủ, mà không có hiện tượng một số phần của vật phẩm thủy tinh dễ vỡ trong khi các phần khác không dễ vỡ, như xác định bằng các quy tắc hiện có trong công nghiệp.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm thủy tinh (kết nối trực tiếp với nền, tức là bộ hiển thị) thể hiện sự mờ đục sau khi nứt gãy, do mật độ mẫu nứt gãy. Khả năng đọc được tùy thuộc vào góc quan sát và độ dày của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Ở góc quan sát 90 độ so với bề mặt chính của vật phẩm thủy tinh hoặc ở phạm vi ảnh hưởng bình thường, vật phẩm thủy tinh bị gãy nứt thể hiện độ mờ đục thấp sao cho hình ảnh hoặc chữ viết dưới đó nhìn thấy được bằng mắt thường. Ở góc quan sát 70 độ hoặc nhỏ hơn so với bề mặt chính của vật phẩm thủy tinh (hoặc 30 độ hoặc lớn hơn ở khoảng nằm ngoài phạm vi ảnh hưởng bình thường), vật phẩm thủy tinh bị gãy nứt thể hiện độ mờ đục ngăn cản khả năng thấy được hình ảnh hoặc chữ viết dưới đó được bằng mắt thường. Cần hiểu rằng có độ mờ đục như vậy khi các mảnh của vật phẩm thủy tinh vẫn dính với nhau hoặc khi ít hơn 10% số mảnh bị bắn ra khỏi vật phẩm thủy tinh. Không bị ràng buộc bởi lý thuyết, vật phẩm thủy tinh sau khi nứt gãy được cho là có thể tạo ra chức năng màn hình chống nhìn trộm nhờ độ mờ đục thấp ở 90 độ và độ mờ đục cao ở góc quan sát nhỏ hơn của nó.

Theo một số phương án, ít nhất một bề mặt chính của vật phẩm thủy tinh có độ nhẵn bề mặt thấp sau khi vật phẩm thủy tinh bị nứt gãy. Điều này được mong muốn khi vật phẩm thủy tinh có thể được dùng hoặc chạm bởi người sử dụng ngay cả sau khi vật phẩm thủy tinh bị nứt gãy sao cho giảm thiểu hoặc tránh được các vết cắt và trầy xước cho người sử dụng.

Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm thủy tinh được mô tả ở đây có thể được kết hợp với lớp giữ. Lớp giữ là vật liệu mà có thể chứa các mảnh của vật phẩm thủy tinh, khi bị nứt gãy. Ví dụ, lớp giữ có thể bao gồm vật liệu polyme. Theo một hoặc nhiều phương án, lớp giữ có thể bao gồm vật liệu kết dính (như vật liệu kết dính nhạy áp). Theo một hoặc nhiều phương án, lớp giữ có thể có mô đun Young nằm trong khoảng từ khoảng 0,5 đến khoảng 1,2 MPa. Theo một hoặc nhiều phương án, lớp giữ có thể bao gồm epoxy độn, epoxy không độn, uretan độn hoặc uretan không độn.

Ví dụ về epoxy độn bao gồm epoxy xúc tác bằng UV từ sản phẩm polyme hóa của 70,69 % khối lượng sol silic oxit keo Nanopox C620 (40% hạt nano silic oxit trong nhựa epoxy vòng béo), 23,56 % khối lượng Nanopox C680 (50% khối lượng hạt nano silic oxit trong 3-etyl-3-hydroxymetyl-oxetan), 3 % khối lượng silan chức epoxy Coatosil MP-200 (chất thúc đẩy kết dính), 2,5 % khối lượng Cyracril UVI-6976 (chất khơi mào quang hóa cation, bao gồm muối triarylsulfoni hexafluorantimonat trong propylen cacbonat), 0,25 % khối lượng chất ổn định amin Tinuvine 292 (bis(1,2,2,6,6-pentametyl-4-piperidiny)-sebacat và 1-(metyl)-8-(1,2,2,6,6-pentametyl-4-piperidiny)-sebacat),

Ví dụ về vật liệu epoxy không độn bao gồm 48 % khối lượng epoxy vòng béo Synasia S06E, 48 % khối lượng Synasia S-101 (3-ethyl-3-oxetanmetanol), 1 % khối lượng UVI-6976 (chất khơi mào quang hóa cation), và 3 % khối lượng Silquest A-186 (silan chức epoxy).

Theo một số phương án, uretan acrylat mô đun thấp có thể được sử dụng trong lớp giữ. Theo một số phương án, vật liệu này có thể bao gồm silic oxit độn. Ví dụ về uretan acrylat mô đun thấp bao gồm 31,5 % khối lượng Doublemer 554 (nhựa uretan diacrylat béo), 1,5 % khối lượng Genomer 4188/M22 (uretan acrylat đơn chức), 20 % khối lượng NK Ester A-SA (beta-acryloyl oxyetyl hydro succinat), 10 % khối lượng Sartomer SR339 2 (phenoxyetyl acrylat), 4 % khối lượng Irgacure 2022 (chất khơi

màu quang hóa, axyl phosphin oxit/alpha hydroxy keton), 3 % khối lượng chất thúc đẩy kết dính (ví dụ, Silquest A-189, gama-mercaptopropyltrimetoxysilan). Để tạo ra uretan độn, 4 % khối lượng bột silic oxit (như Hi Sil 233) có thể được bổ sung vào.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm thủy tinh có thể được kết hợp với lớp giữ bằng cách dính hoặc không dính vào đó. Theo một số phương án, các vật phẩm thủy tinh có thể được đặt trên và kết dính với lớp giữ. Vật phẩm thủy tinh có thể được kết dính tạm thời hoặc kết dính lâu dài với lớp giữ. Như được thể hiện trên Fig. 9A, lớp giữ 20 được đặt trên ít nhất một bề mặt chính (ví dụ, 12, 14, trong Fig. 1A) của vật phẩm thủy tinh. Trong Fig. 9A, lớp giữ 20 không được đặt trên phần bất kỳ nào của các bề mặt phụ 16, 18; tuy nhiên, lớp giữ 20 có thể kéo dài từ bề mặt chính để dọc theo ít nhất một phần của một hoặc cả hai bề mặt phụ (16, 18) hoặc dọc theo toàn bộ chiều dài của một hoặc cả hai bề mặt phụ (16, 18). Theo các phương án như vậy, lớp giữ có thể được tạo ra từ cùng vật liệu. Theo một hoặc nhiều phương án khác, lớp giữ được tạo ra trên bề mặt chính có thể khác với lớp giữ được tạo ra trên phần bất kỳ của (các) bề mặt phụ. Fig. 9B minh họa phương án trong đó lớp giữ 20 được bố trí trên bề mặt chính 14 và lớp giữ thứ hai 22 được bố trí trên cả hai bề mặt phụ 16, 18. Theo một hoặc nhiều phương án, lớp giữ 20 khác với lớp giữ thứ hai 22 về mặt thành phần.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm thủy tinh có thể bao gồm biên dạng ứng suất gồm đỉnh, như được mô tả trong bản mô tả, sao cho CS bề mặt nằm trong khoảng từ khoảng 400 MPa đến khoảng 1200 MPa và bao gồm vật liệu giữ 20 trên một bề mặt chính 14, và vật liệu giữ thứ hai 22 trên cả hai bề mặt phụ 16, 18 (như được thể hiện trên Fig. 9B). Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm thủy tinh có thể bao gồm biên dạng ứng suất không có đỉnh, sao cho CS bề mặt nằm trong khoảng từ khoảng 150 MPa đến khoảng 500 MPa, và chỉ bao gồm vật liệu giữ 20 trên bề mặt chính 14 (như được thể hiện trên Fig. 9A).

Các vật phẩm thủy tinh được mô tả ở đây có thể được kết hợp vào các sản phẩm và vật phẩm khác nhau như trong các sản phẩm hoặc thiết bị điện tử tiêu dùng (ví dụ, kính che cho các thiết bị điện tử di động và màn hình cho phép chạm). Các vật phẩm 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 yết thị, điểm thuộc hệ thống bán hàng, máy tính, các hệ thống điều hướng, và tương tự), các vật phẩm kiến trúc (tường, vật gá, panen, cửa sổ, v.v.), các vật phẩm vận tải (ví dụ, trong các ứng dụng ô tô, tàu, máy bay, tàu thủy,

v.v.), đồ gia dụng (ví dụ, máy giặt, máy sấy, máy rửa bát, tủ lạnh, và tương tự), hoặc vật phẩm bất kỳ mà cần độ bền chống nứt gãy nhất định.

Như được thể hiện trên Fig. 10, 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 ở 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.

Theo một số phương án, thiết bị điện tử có thể bao gồm máy tính bảng, thiết bị hiển thị trong suốt, điện thoại di động, máy phát video, thiết bị thông tin đầu cuối, máy đọc sách điện tử, máy tính xách tay, hoặc thiết bị hiển thị không trong suốt.

Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm thủy tinh được mô tả ở đây có thể được dùng trong bao gói. Ví dụ, bao gói có thể bao gồm các vật phẩm thủy tinh ở dạng chai, lọ hoặc vật chứa mà đựng vật liệu lỏng, rắn hoặc khí. Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm thủy tinh là lọ chứa hóa chất như dược chất. Theo một hoặc nhiều phương án, bao gói chứa vỏ bao gồm miệng, bề mặt ngoài và bề mặt trong định ra phần chứa đựng. Vỏ có thể được tạo ra từ các vật phẩm thủy tinh được mô tả ở đây. Vật phẩm thủy tinh bao gồm lớp giữ. Theo một số phương án, phần chứa đựng được nạp hóa chất hoặc dược chất. Theo một hoặc nhiều phương án, miệng của vỏ có thể được đậy hoặc bịt lại bằng nắp. Nói cách khác, nắp có thể được đặt trong miệng để đậy hoặc bịt phần chứa đựng.

Vật phẩm thủy tinh có thể gồm nền vô định hình, nền tinh thể hoặc tổ hợp của chúng (ví dụ, nền gốm thủy tinh). Vật phẩm thủy tinh có thể bao gồm thủy tinh nhômsilicat kiềm, thủy tinh bosilicat chứa kiềm, thủy tinh nhômphosphosilicat kiềm hoặc thủy tinh nhômborosilicat kiềm. Theo một hoặc nhiều phương án, nền vật phẩm thủy tinh (trước khi được gia cường hóa học như được mô tả ở đây) có thể gồm thủy tinh có thành phần, tính theo phần trăm mol (% mol), gồm: SiO₂ nằm trong khoảng từ khoảng 40 đến khoảng 80, Al₂O₃ nằm trong khoảng từ khoảng 10 đến khoảng 30,

B_2O_3 nằm trong khoảng từ khoảng 0 đến khoảng 10, R_2O nằm trong khoảng từ khoảng 0 đến khoảng 20, và RO nằm trong khoảng từ khoảng 0 đến khoảng 15. Trong một số trường hợp, thành phần có thể gồm một hoặc cả ZrO_2 trong khoảng từ khoảng 0% mol đến khoảng 5% mol và P_2O_5 trong khoảng 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, thành phần của thủy tinh có thể bao gồm SiO_2 với lượng, tính theo %mol, nằm trong khoảng 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, hoặc từ khoảng 50 đến khoảng 65.

Theo một số phương án, thành phần của thủy tinh có thể bao gồm Al_2O_3 với lượng, tính theo % mol, nằm trong khoảng 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, từ khoảng 16 đến khoảng 30, từ khoảng 18 đến khoảng 30, hoặc từ khoảng 18 đến khoảng 28.

Theo một hoặc nhiều phương án, chế phẩm thủy tinh có thể chứa B_2O_3 với lượng, tính theo % mol, nằm trong khoảng 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 không 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 không 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 khoảng từ khoảng 0,1 đến 10, từ khoảng 0,1 đến 8, từ khoảng 0,1 đến 6, từ khoảng 0,1 đến 5, từ khoảng 1 đến 10, từ khoảng 2 đến 10, hoặc từ khoảng 2,5 đến 8. Lượng MgO có thể nằm trong khoảng từ khoảng 0% mol đến khoảng 5% mol (ví dụ, từ khoảng 2% mol đến khoảng 4% mol). Lượng ZnO có thể nằm trong khoảng từ khoảng 0 đến khoảng 2% mol. Lượng CaO có thể nằm trong khoảng 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 khoảng 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 6 đến khoảng 13, hoặc từ khoảng 8 đến khoảng 12.

Theo một hoặc nhiều phương án, chế phẩm thủy tinh chứa Na_2O với lượng nằm trong khoảng từ khoảng 0% mol đến khoảng 18% mol, từ khoảng 0% mol đến khoảng 16% mol or từ khoảng 0% mol đến khoảng 14% mol, từ khoảng 0% mol đến khoảng 10% mol, từ khoảng 0% mol đến khoảng 5% mol, từ khoảng 0% mol đến khoảng 2% mol, từ khoảng 0,1% mol đến khoảng 6% mol, từ khoảng 0,1% mol đến khoảng 5% mol, từ khoảng 1 % mol đến khoảng 5% mol, từ khoảng 2 % mol đến khoảng 5% mol, hoặc từ khoảng 10% mol đến khoảng 20% mol.

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 or 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 chứa P_2O_5 với lượng nằm trong khoảng 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 4% mol đến khoảng 8% mol, hoặc từ khoảng 5% mol đến khoảng 8% 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 khoảng từ khoảng 0,1% mol đến khoảng 6% mol, hoặc từ khoảng 0,1% mol đến khoảng 4% mol. Theo một số phương án, thủy tinh có thể hầu như không chứa TiO_2 .

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 Li_2O (tính theo % mol) và tổng lượng R_2O (tính theo % mol) nằm trong khoảng từ khoảng 0,5 đến khoảng 1. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể có chênh lệch giữa tổng lượng R_2O (tính theo % mol) và lượng Al_2O_3 (tính theo % mol) nằm trong khoảng từ khoảng -5 đến khoảng 0. Trong một số trường hợp, chế phẩm thủy tinh có thể có chênh lệch giữa tổng lượng R_xO (tính theo % mol) và lượng Al_2O_3 nằm trong khoảng từ khoảng 0 đến khoảng 3. 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 khoảng từ khoảng 0 đến khoảng 2.

Theo một số phương án, các thành phần cấu tạo được sử dụng cho vật nền thủy tinh có thể được phối liệu với 0-2% mol của ít nhất một chất làm trong được 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 khoảng 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 bọc 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 này cụ thể là có thể chứa 62% mol đến 75% mol SiO_2 ; 10,5% mol đến khoảng 17% mol Al_2O_3 ; 5% mol đến khoảng 13% mol Li_2O ; 0% mol đến khoảng 4% mol ZnO ; 0% mol đến khoảng 8% mol MgO ; 2% mol đến khoảng 5% mol TiO_2 ; 0% mol đến khoảng 4% mol B_2O_3 ; 0% mol đến khoảng 5% mol Na_2O ; 0% mol đến khoảng 4% mol K_2O ; 0% mol đến khoảng 2% mol ZrO_2 ; 0% mol đến khoảng 7% mol P_2O_5 ; 0% mol đến khoảng 0,3% mol Fe_2O_3 ; 0% mol đến khoảng 2% mol MnOx ; và 0,05% mol đến khoảng 0,2% mol SnO_2 .

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

Theo một hoặc nhiều phương án, chế phẩm này có thể chứa 70% mol đến 75% mol SiO_2 ; 10% mol đến khoảng 15% mol Al_2O_3 ; 5% mol đến khoảng 13% mol Li_2O ; 0% mol đến khoảng 4% mol ZnO ; 0,1% mol đến khoảng 8% mol MgO ; 0% mol đến khoảng 5% mol TiO_2 ; 0,1% mol đến khoảng 4% mol B_2O_3 ; 0,1% mol đến khoảng 5% mol Na_2O ; 0% mol đến khoảng 4% mol K_2O ; 0% mol đến khoảng 2% mol ZrO_2 ; 0% mol đến khoảng 7% mol P_2O_5 ; 0% mol đến khoảng 0,3% mol Fe_2O_3 ; 0% mol đến khoảng 2% mol MnOx ; và 0,05% mol đến khoảng 0,2% mol SnO_2 .

Theo một hoặc nhiều phương án, chế phẩm này có thể chứa 52% mol đến khoảng 63% mol SiO_2 ; 11% mol đến khoảng 15% mol Al_2O_3 ; 5,5% mol đến khoảng 9% mol Li_2O ; 0,5% mol đến khoảng 2% mol ZnO ; 2% mol đến khoảng 4,5% mol MgO ; 3% mol đến khoảng 4,5% mol TiO_2 ; 0% mol đến khoảng 2,2% mol B_2O_3 ; 0% mol đến khoảng 1% mol Na_2O ; 0% mol đến khoảng 1% mol K_2O ; 0% mol đến khoảng 1% mol ZrO_2 ; 0% mol đến khoảng 4% mol P_2O_5 ; 0% mol đến khoảng 0,1% mol Fe_2O_3 ; 0% mol đến khoảng 1,5% mol MnOx ; và 0,08% 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 này có thể bao gồm ít nhất 0,5 %mol P_2O_5 , Na_2O và, tùy ý, Li_2O , trong đó $Li_2O(mol\%)/Na_2O(mol\%) < 1$. 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 này có thể chứa: 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 ; from 0 %mol đến khoảng 6 %mol MgO ; và từ 0 %mol đến khoảng 6 %mol ZnO . Theo các phương án nhất định, chế phẩm này có thể chứa: 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 ; from 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 như sau $R_2O(mol\%)/Al_2O_3(mol\%) < 2$, where $R_2O = Li_2O + Na_2O$. Theo một số phương án, $65\%mol < SiO_2(mol\%) + P_2O_5(mol\%) < 67\%mol$. Theo các phương án nhất định, $R_2O(mol\%) + R'O(mol\%) - Al_2O_3(mol\%) + P_2O_5(mol\%) > -3\%mol$, trong đó $R_2O = Li_2O + Na_2O$ và $R'O$ là tổng lượng oxit kim loại hóa trị hai có trong chế phẩm.

Các chế phẩm làm ví dụ khác của vật phẩm thủy tinh trước khi được gia cường hóa học, như được mô tả ở đây, được thể hiện trên bảng 1.

Bảng 1: Các chế phẩm được lấy làm ví dụ trước khi gia cường hóa học.

% mol	Ví dụ A	Ví dụ B	Ví dụ C	Ví dụ D	Ví dụ E	Ví dụ F
SiO_2	71,8	69,8	69,8	69,8	69,8	69,8
Al_2O_3	13,1	13	13	13	13	13
B_2O_3	2	2,5	4	2,5	2,5	4
Li_2O	8	8,5	8	8,5	8,5	8
MgO	3	3,5	3	3,5	1,5	1,5
ZnO	1,8	2,3	1,8	2,3	2,3	1,8
Na_2O	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
TiO_2	0	0	0	1	1	1

Fe ₂ O ₃	0	0	0	0,8	0,8	0,8
SnO ₂	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

% mol	Ví dụ G	Ví dụ H	Ví dụ I	Ví dụ J	Ví dụ K	Ví dụ L	Ví dụ M	Ví dụ N
SiO ₂	70,18	70,91	71,28	71,65	71,65	71,65	74,77	72,00
Al ₂ O ₃	12,50	12,78	12,93	13,07	13,07	13,07	10,00	12,50
B ₂ O ₃	1,91	1,95	1,98	2,00	2,00	2,00	1,99	2,00
Li ₂ O	7,91	7,95	7,96	7,98	6,98	5,00	6,13	6,00
Na ₂ O	4,43	2,43	1,42	0,41	1,41	3,40	3,97	0,50
MgO	2,97	2,98	2,99	3,00	3,00	3,00	2,94	2,10
ZnO	0,00	0,89	1,34	1,80	1,80	1,80	0,00	0,00
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	4,90
SnO ₂	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Li ₂ O/R ₂ O	0,64	0,77	0,85	0,95	0,83	0,60	0,61	0,92
R ₂ O- Al ₂ O ₃	-0,16	-2,41	-3,54	-4,68	-4,68	-4,67	0,10	-6,00
R _x O- Al ₂ O ₃	2,81	1,47	0,79	0,12	0,12	0,13	3,09	1,00
MgO/RO	1,00	0,77	0,69	0,63	0,63	0,63	1,00	1,00
R ₂ O	12,34	10,38	9,39	8,39	8,39	8,40	10,10	6,50
RO	2,97	3,88	4,34	4,79	4,79	4,79	2,99	7,00

Các chế phẩm làm ví dụ 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 xác định được cho các ví dụ được liệt kê trong bảng 1A. Các tính chất vật lý được 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 10¹¹ poa, nhiệt độ 35 kPa, nhiệt độ 200 kPa, nhiệt độ đường lỏng, và nhiệt độ phân hóa ziricon; độ nhớt phân hóa ziricon và độ nhớt 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 được mô tả ở đây có CTE nhiệt độ cao nhỏ hơn hoặc bằng 30 ppm/°C và/hoặc mô đun Young ít nhất là 70 GPa và theo một số phương án, mô đun Young lên đến 80 GPa.

Bảng 1A: Các chế phẩm được lấy làm ví dụ 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 ₂ O/Al ₂ O ₃	1,19	1,10	1,22	1,14	1,30	1,03	1,03
Li ₂ O/Na ₂ O	0,10	0,22	0,10	0,21	0,00	0,17	0,40
(R ₂ O + RO) - Al ₂ O ₃ - P ₂ O 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 ₂ O ₃	16,55	15,29	15,27	15,30	15,27	15,22	15,29
P ₂ O ₅	2,47	2,24	2,31	2,39	2,40	2,48	2,37
Li ₂ O	7,27	3,46	2,98	4,02	4,46	4,96	5,39
Na ₂ O	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 ₂ O/Al ₂ O ₃	1,03	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,10
Li ₂ O/Na ₂ O	0,75	0,26	0,21	0,31	0,36	0,41	0,47
(R ₂ O + RO) - Al ₂ O ₃ - P ₂ O 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 ₂ O/Al ₂ O ₃	1,05	1,04	1,02	0,99	0,98	1,14	0,96
Li ₂ O/Na ₂ O	0,60	0,68	0,87	1,10	1,42	0,44	0,41
(R ₂ O + RO) - Al ₂ O ₃ - P ₂ O 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 ₂ O ₃	18,95	15,25	15,65	16,2	15,1	15,425	15,7	15,71
P ₂ O ₅	2,42	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,45
Li ₂ O	4,96	6	7	7,5	6	7	7,5	6,37
Na ₂ O	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 ₂ O/Al ₂ O ₃	0,99	1,10	1,07	1,05	1,10	1,07	1,05	1,09
Li ₂ O/Na ₂ O	0,36	0,56	0,72	0,79	0,57	0,74	0,84	0,6
(R ₂ O + RO) - Al ₂ O ₃ - P ₂ O 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 lỏng (°C)		980		990	975	990	1000
Độ nhót đường lỏng (P)				1,15 x10 ⁶	2,17 x10 ⁶	9,39 x10 ⁵	7,92 x10 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 ziricon (°C)	1195	1195	1210	1225	1195	1195	1220
Độ nhót phân hóa ziricon (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 nm	1,506	1,5036	1,505	1,5063	1,5026	1,5041	1,5052
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 ziricon (P)	5,86E+ 04	6,91E+ 04	5,59E+ 04	5,72E+ 04			1,05E+ 05
Nhiệt độ đường lỏng (°C)	975	980	1080	1025			940
Độ nhót đường lỏng (P)	4,14E+ 06	4,52E+ 06	3,56E+ 05	1,27E+ 06			2,92E+ 07
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	1,5006	1,4987	1,5014
Hệ số ứng suất quang (nm/mm/ MPa)	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 zircon (°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/ MPa)	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 ziricon (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/ MPa)	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 ziricon (°C)	1185		1200		1210		
Độ nhót phân hóa ziricon (P)	7,20E+ 04		4,26E+ 04		3,00E+ 04		
Nhiệt độ đường lỏng (°C)	995		990		965		
Độ nhót 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 nhớt 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 +06	1,34E +06	8,98E +05

	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 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	1,5014	1,5026	1,5036	1,5047	1,5061	1,505	1,5059	1,5064
Hệ số ứng suất quang (nm/mm/MPa)	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)							

	Ví dụ 51	Ví dụ 52	Ví dụ 53	Ví dụ 54	Ví dụ 55	Ví dụ 56	Ví dụ 57
Nhiệt độ đường lỏng (°C)	1060	1115	1160	1205			
Độ nhớt 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 kP (°C)	
T ²⁰⁰ 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 thủy tinh bao gồm thủy tinh thì các pha tinh thể có thể gồm β -spodumen, rutil, gahnit hoặc các pha tinh thể đã biết khác và tổ hợp của chúng.

Vật phẩm thủy tinh có thể gần như phẳng, mặc dù các phương án khác có thể sử dụng nền cong hoặc nền được tạo hình hoặc điêu khắc khác. Trong một số trường hợp, vật phẩm thủy tinh có thể có hình dạng 3D hoặc 2,5D. Vật phẩm thủy tinh có thể gần như trong suốt về mặt quang học, trong suốt, và không tán xạ ánh sáng. Vật phẩm thủy tinh có thể có hệ số khúc xạ nằm trong khoảng 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 theo cách khác, độ dày của vật phẩm thủy tinh có thể không đổi dọc theo một hoặc nhiều chiều hoặc có thể thay đổi dọc theo một hoặc nhiều chiều của nó vì các lý do thẩm mỹ và/hoặc chức năng. Ví dụ, các mép của vật phẩm thủy tinh có thể dày hơn so với các vùng trung tâm hơn của vật phẩm thủy tinh. Chiều dài, chiều rộng và chiều dày của vật phẩm thủy tinh cũng có thể thay đổi theo ứng dụng hoặc mục đích sử dụng vật phẩm.

Vật phẩm thủy tinh có thể đặc trưng bởi cách thức tạo ra nó. Chẳng hạn, vật phẩm thủy tinh có thể đặc trưng là có thể tạo ra bằng phương pháp nổi (tức là, được tạo ra bằng quy trình nổi), có thể được tạo ra bằng phương pháp chuốt xuôi và, cụ thể là có thể tạo ra bằng phương pháp nung chảy hoặc chuốt qua khe (tức là, được tạo ra bằng quy trình chuốt xuôi như quy trình nung-chuốt hoặc quy trình chuốt qua khe).

Vật phẩm thủy tinh tạo ra được bằng phương pháp nổi có thể đặc trưng bởi các bề mặt nhẵn và độ dày đồng đều, được tạo ra bằng cách làm nổi thủy tinh nóng chảy trên tầng 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 dải thủy tinh này chảy dọc theo bề mặt thiếc, nhiệt độ giảm dần cho đến khi dải thủy tinh này hóa rắn thành vật phẩm thủy tinh rắn mà có thể được nâng khỏi tầng thiếc lên các trục lăn. Khi ra khỏi bề mặt thiếc, vật phẩm thủy tinh có thể được làm nguội thêm và được ủ để giảm ứng suất trong. Khi vật phẩm thủy tinh là gốm thủy tinh, thì vật phẩm thủy tinh được tạo ra từ quy trình nổi có thể được đưa vào quy trình gốm hóa qua đó một hoặc nhiều pha tinh thể được tạo ra.

Các quy trình chuốt xuôi tạo ra các vật phẩm thủy tinh có độ dày đồng đều mà có các bề mặt tương đối tinh khôi. Vì độ bền uốn trung bình của vật phẩm thủy tinh được

kiểm soát bằng lượng và kích cỡ các vết rạn trên bề mặt, nên bề mặt tinh khôi mà mới chỉ có sự tiếp xúc tối thiểu sẽ có độ bền ban đầu cao hơn. Nếu sau đó vật phẩm 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 thủy tinh với bề mặt đã được mài và đánh bóng. Các vật phẩm thủy tinh chuốt xuôi có thể được kéo đến độ dày nhỏ hơn khoảng 2 mm. Ngoài ra, các vật phẩm thủy tinh chuốt xuôi có bề mặt rất nhẵn, phẳng có thể được sử dụng trong ứng dụng cuối cùng của nó mà không cần việc mài và đánh bóng tốn kém. Khi vật phẩm thủy tinh là gốm thủy tinh, thì vật phẩm thủy tinh được tạo ra bằng quy trình chuốt xuôi có thể được đưa vào quy trình gốm hóa qua 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 vật phẩm thủy tinh chảy duy nhất. Phương pháp nung chuốt có ưu điểm ở chỗ, vì hai màng thủy tinh chảy tràn trên máng dung hợp với nhau nên không có bề mặt ngoài nào của vật phẩm thủy tinh thu được tiếp xúc với phần bất kỳ của thiết bị. Do đó, các tính chất bề mặt của vật phẩm thủy tinh được nung chuốt không bị ảnh hưởng bởi sự tiếp xúc như vậy. Khi vật phẩm thủy tinh là gốm thủy tinh, thì vật phẩm thủy tinh được tạo ra từ quy trình nung chuốt có thể được đưa vào quy trình gốm hóa qua 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/miệng và được chuốt xuôi xuống dưới dạng vật phẩm thủy tinh liên tục và đi vào vùng ủ. Khi vật phẩm thủy tinh là gốm thủy tinh, thì vật phẩm thủy tinh được tạo ra bằng quy trình chuốt qua khe có thể được đưa vào quy trình gốm hóa qua đó một hoặc nhiều pha tinh thể được tạo ra.

Theo một số phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được tạo ra bằng cách sử dụng quy trình cán mỏng, như được mô tả trong bằng sáng chế Mỹ số 8,713,972, tên sáng chế “Precision Glass Roll Forming Process and Apparatus”, bằng sáng chế Mỹ số 9,003,835, tên sáng chế “Precision Roll Forming of Textured Sheet Glass”, công bố đơn yêu cầu cấp bằng sáng chế Mỹ số 20150027169, tên sáng chế “Methods And Apparatus For Forming A Glass Ribbon”, và công bố đơn yêu cầu cấp bằng sáng chế Mỹ số 20050099618, tên sáng chế “Apparatus and Method for Forming Thin Glass Articles”, nội dung của các tài liệu này được kết hợp vào đây toàn bộ bằng cách viện dẫn. Cụ thể hơn là, vật phẩm thủy tinh có thể được tạo ra bằng cách cung cấp dòng thủy tinh nóng chảy thẳng đứng, tạo hình dòng thủy tinh hoặc gồm thủy tinh nóng chảy đã cấp bằng cấp trực tạo hình được duy trì ở nhiệt độ bề mặt khoảng 500°C hoặc cao hơn hoặc khoảng 600°C hoặc cao hơn để tạo ra dải thủy tinh được tạo hình có độ dày được tạo hình, định cỡ dải thủy tinh được tạo hình này bằng cấp trực định cỡ được duy trì ở nhiệt độ bề mặt khoảng 400°C hoặc thấp hơn để tạo ra dải thủy tinh được định cỡ có độ dày mong muốn nhỏ hơn độ dày được tạo hình và tính đồng đều về độ dày mong muốn. Thiết bị được sử dụng để tạo ra dải thủy tinh có thể gồm thiết bị cấp thủy tinh để cung cấp dòng cấp thủy tinh nóng chảy; cấp trực tạo hình được duy trì ở nhiệt độ bề mặt khoảng 500°C hoặc cao hơn, các trục tạo hình được đặt gần kề với nhau xác định ra khe tạo hình thủy tinh giữa các trục tạo hình với khe tạo hình thủy tinh được bố trí thẳng đứng phía dưới thiết bị cấp thủy tinh để nhận dòng cấp thủy tinh nóng chảy và làm mỏng dòng cấp thủy tinh nóng chảy giữa các trục tạo hình để tạo ra dải thủy tinh được tạo hình có độ dày được tạo hình; và cấp trực định cỡ được duy trì ở nhiệt độ bề mặt khoảng 400°C hoặc thấp hơn, các trục định cỡ này được đặt gần kề với nhau xác định ra khe định cỡ thủy tinh giữa các trục định cỡ với khe định cỡ thủy tinh được bố trí thẳng đứng phía dưới các trục tạo hình để nhận dải thủy tinh được tạo hình và làm mỏng dải thủy tinh được tạo hình này để tạo ra dải thủy tinh được định cỡ có độ dày mong muốn và tính đồng đều về độ dày mong muốn.

Trong một số trường hợp, quy trình cán mỏng này có thể được sử dụng nếu độ nhót của thủy tinh không cho phép sử dụng phương pháp chuốt qua khe hoặc nung chuốt. Ví dụ, việc cán mỏng có thể được sử dụng để tạo ra các vật phẩm thủy tinh nếu thủy tinh có độ nhót đường lòng nhỏ hơn 100 kP.

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

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề cập đến phương pháp tạo ra vật phẩm thủy tinh chống nứt gãy. Phương pháp này bao gồm bước cung cấp nền thủy tinh có bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai định ra độ dày khoảng 1 milimét hoặc nhỏ hơn, và tạo ra biên dạng ứng suất trong nền thủy tinh này, như được mô tả ở đây để tạo ra vật phẩm thủy tinh chống nứt gãy. Theo một hoặc nhiều phương án, bước tạo ra biên dạng ứng suất bao gồm trao đổi ion nhiều ion kim loại kiềm vào nền thủy tinh để tạo ra gradien nồng độ oxit kim loại kiềm có nồng độ oxit kim loại kiềm khác không kéo dài dọc theo độ dày. Theo một ví dụ, bước tạo ra biên dạng ứng suất gồm ngâm nền trên cơ sở thủy tinh trong bể muối nóng chảy chứa các nitrat của Na^+ , K^+ , Rb^+ , Cs^+ hoặc tổ hợp của chúng, có nhiệt độ khoảng 350°C hoặc lớn hơn (ví dụ, từ khoảng 350°C đến khoảng 500°C). Theo một ví dụ, bể muối nóng chảy có thể chứa NaNO_3 và có thể có nhiệt độ khoảng 485°C . Theo ví dụ khác, bể này có thể chứa NaNO_3 và có nhiệt độ khoảng 430°C . Nền thủy tinh có thể được ngâm trong bể này trong khoảng 2 giờ hoặc lâu hơn, không quá khoảng 48 giờ (ví dụ, từ khoảng 12 giờ đến khoảng 48 giờ, từ khoảng 12 giờ đến khoảng 32 giờ, từ khoảng 16 giờ đến khoảng 32 giờ, từ khoảng 16 giờ đến khoảng 24 giờ, hoặc từ khoảng 24 giờ đến khoảng 32 giờ).

Theo một số phương án, phương pháp này có thể gồm quy trình gia cường hóa học hoặc trao đổi ion đối với vật nền thủy tinh với nhiều hơn một bước bằng cách sử dụng các bước ngâm liên tiếp 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 ngâm 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, bể thứ hai hoặc các bể tiếp theo có thể được sử dụng để tạo ra CS bề mặt lớn hơn. Trong một số trường hợp, phương pháp này gồm bước ngâm vật liệu thủy tinh trong bể thứ hai hoặc các bể tiếp theo để tạo ra CS bề mặt lớn hơn, mà không 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 tiếp theo này có thể được điều chỉnh để tạo ra CS bề mặt lớn hơn. Theo một số phương án, thời gian ngâm của vật liệu thủy tinh trong bể thứ hai hoặc bể tiếp theo cũng có thể được điều chỉnh để tạo ra CS bề mặt lớn hơn mà không ảnh hưởng đến độ sâu hóa học của lớp và/hoặc DOC. Ví dụ, thời gian ngâm trong bể thứ hai hoặc các bể tiếp theo có thể là ngắn hơn 10 giờ (ví dụ, khoảng 8 giờ hoặc ngắn hơn, khoảng 5 giờ hoặc ngắn hơn, khoảng 4 giờ hoặc ngắn hơn, khoảng 2 giờ hoặc ngắn hơn, khoảng 1 giờ hoặc ngắn hơn, khoảng 30 phút hoặc ngắn hơn, khoảng 15 phút hoặc ngắn hơn, hoặc khoảng 10 phút hoặc ngắn 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. Bước xử lý nhiệt bao gồm xử lý nhiệt vật phẩm thủy tinh để thu được biên dạng ứng suất mong muốn. Theo một số phương án, bước xử lý nhiệt bao gồm ủ, tôi hoặc gia nhiệt vật liệu thủy tinh đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ khoảng 300°C đến khoảng 600°C. Bước xử lý nhiệt có thể kéo dài trong 1 phút đến không quá 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.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các phương án khác nhau sẽ được làm sáng tỏ hơn nữa thông qua các ví dụ sau.

Ví dụ 1

Các vật phẩm thủy tinh theo ví dụ 1A-1B và ví dụ so sánh 1C-1G được tạo ra bằng cách cung cấp nền thủy tinh có thành phần thủy tinh danh nghĩa gồm 58 %mol SiO₂, 16,5 %mol Al₂O₃, 17 %mol Na₂O, 3 %mol MgO, và 6,5 %mol P₂O₅. Các nền thủy tinh này có độ dày 0,4 mm và các chiều dài và rộng là 50mm. Các nền thủy tinh này được gia cường hóa học bằng quy trình trao đổi ion mà gồm bước ngâm trong bể muối nóng chảy chứa 80% KNO₃ và 20% NaNO₃ ở nhiệt độ khoảng 420 °C trong khoảng thời gian được thể hiện trong bảng 2. Sau đó, các vật phẩm thủy tinh thu được được thử nghiệm AROR như đã mô tả trên đây và bằng cách mài mòn bề mặt chính của từng mẫu bằng hạt SiC 90 grit ở áp suất 34,5 KPa (5 psi), 103,4 KPa (15 psi) hoặc 172,4 KPa (25 psi), cũng như được thể hiện trong bảng 2. Bảng 2 thể hiện độ bền uốn đẳng lượng trực trung bình hoặc tải trọng nứt gãy của các vật phẩm thủy tinh.

Bảng 2: Điều kiện gia cường hóa học và kết quả AROR cho ví dụ 1.

Ví dụ	Các điều kiện trao đổi ion	34,5 KPa (5 psi) Kgf trung bình (độ lệch chuẩn)	103,4 KPa (15 psi) Kgf trung bình (độ lệch chuẩn)	172,4 KPa (25 psi) Kgf trung bình (độ lệch chuẩn)
1C	420°C/4 giờ	49,4 (7,1)	17,4 (7,2)	0,3 (0,9)
1D	420°C/8 giờ	49,9 (7,1)	36,5 (6,7)	19,3 (6,4)
1A	420°C/16 giờ	47,5 (6,0)	38,3 (2,8)	30,0 (5,4)
1B	420°C/32 giờ	36,9 (4,3)	30,9 (3,1)	26,2 (2,8)
1E	420°C/64 giờ	18,7 (1,5)	15,3 (0,9)	13,5 (1,2)
1F	420°C/128 giờ	5,9 (0,5)	5,4 (0,3)	4,5 (0,3)

Độ bền uốn đẳng lường trực trung bình hoặc tải trọng nứt gãy của các ví dụ sau khi mài mòn ở 103,4 KPa (15 psi) và 172,4 KPa (25 psi) được lập đồ thị trên Fig. 11. Như được thể hiện trên Fig. 11, các ví dụ 1A và 1B thể hiện độ bền uốn đẳng lường trực trung bình lớn nhất sau khi bị mài mòn 172,4 KPa (25 psi). Theo đó, tính năng AROR của các ví dụ 1A và 1B chứng tỏ rằng các vật phẩm thủy tinh này thể hiện mẫu nứt gãy vụn cao, mà chỉ ra độ bền được cải thiện, đặc biệt đối với những độ sâu mài mòn sâu hơn mà xuất phát từ áp lực mài mòn lớn hơn.

Ví dụ 2

Các vật phẩm thủy tinh theo ví dụ 2A-2C và ví dụ so sánh 2D-2F được tạo ra bằng cách cung cấp nền thủy tinh và gia cường hóa học các nền thủy tinh này. Các nền thủy tinh được sử dụng trong ca ví dụ 2A-2C và ví dụ so sánh 2E-2F có thành phần thủy tinh danh nghĩa gồm 69,2 %mol SiO₂, 12,6 %mol Al₂O₃, 1,8 %mol B₂O₃, 7,7 %mol Li₂O, 0,4 %mol Na₂O, 2,9 %mol MgO, 1,7 %mol ZnO, 3,5 %mol TiO₂ và 0,1 %mol SnO₂. Nền được sử dụng cho ví dụ so sánh 2D có cùng thành phần như ví dụ 1.

Các nền thủy tinh có độ dày 1 mm và chiều dài và chiều rộng cho phép lắp ghép với vỏ thiết bị di động đã biết. Các nền thủy tinh được gia cường hóa học bằng quy trình trao đổi ion được thể hiện trong bảng 3. Các giá trị CT và DOC cho ví dụ 2A-2C khi được đo bằng SCALP và cũng được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3: Các điều kiện trao đổi ion và kết quả thử nghiệm thả rơi cho ví dụ 2.

Ví dụ	Thành phần bể muối nóng chảy	Nhiệt độ bể muối nóng chảy (°C)	Thời gian ngâm (giờ)	CT (MPa)	DOC (μm)
Ví dụ 2A	100% NaNO ₃	430	24	128	160
Ví dụ 2B	100% NaNO ₃	430	29	153	200
Ví dụ 2C	100% NaNO ₃	430	33	139	200
Ví dụ so sánh 2D					
Ví dụ so sánh 2E	100% NaNO ₃	390	3,5		
Ví dụ so sánh 2F	100% NaNO ₃	430	48		

Ví dụ so sánh 2D được trao đổi ion để thể hiện hàm sai số biên dạng ứng suất với DOC vượt quá 75 micromet (như khi được đo bằng phân tích IWKB theo tài liệu Roussev I). Sau đó, các vật phẩm thủy tinh được lắp vào các vỏ thiết bị điện thoại di động giống nhau và thử nghiệm thả rơi như đã mô tả trên đây lên giấy cát nhám 30 grit. Fig.12 thể hiện độ cao nứt gãy tối đa đối với các ví dụ. Như được thể hiện trên Fig.12, các ví dụ 2A-2C thể hiện độ cao nứt gãy tối đa cao hơn đáng kể (tức là, lần lượt là 212 cm, 220 cm, và 220 cm) và thể hiện đặc tính vỡ vụn. Ví dụ 2F, mà có cùng thành phần, không thể hiện cùng đặc tính vỡ vụn và thể hiện độ cao nứt gãy tối đa thấp hơn, so với các ví dụ 2A-2C.

Ví dụ 3

Các vật phẩm thủy tinh theo ví dụ 3A-3K và ví dụ so sánh 3L-3X được tạo ra bằng cách cung cấp nền thủy tinh và gia cường các nền thủy tinh này. Các nền được sử dụng cho các ví dụ 3A-3D có cùng thành phần như ví dụ 1 và các nền được sử dụng cho các ví dụ 3L-3X có thành phần thủy tinh danh nghĩa gồm 69 %mol SiO₂, 10,3 %mol Al₂O₃, 15,2 %mol Na₂O, 5,4 %mol MgO, và 0,2 %mol SnO₂.

Các nền thủy tinh có độ dày 0,4 mm và chiều dài và chiều rộng 50 mm x 50 mm. Các nền thủy tinh được gia cường hóa học bằng cách trao đổi ion. Các ví dụ 3A-3K được trao đổi ion trong bể muối nóng chảy chứa 80% KNO₃ và 20% NaNO₃ có nhiệt độ 460 °C trong 12 giờ. Các ví dụ so sánh 3L-3X được trao đổi ion sao cho mỗi vật

phẩm thủy tinh thu được thể hiện CS bề mặt là 912 MPa và DOC là 37 μm , như khi được đo bằng FSM.

Sau đó, các vật phẩm thủy tinh thu được được làm nứt gãy bằng cách tác động một lần va đập lên một bề mặt chính của từng vật phẩm bằng kim vonfram carbide hình nón-cầu từ khoảng cách thả rơi (như được chỉ ra trong bảng 4 và 5) và đánh giá sự nứt vỡ hoặc mẫu nứt gãy về mặt có bao nhiêu mảnh thu được, xem vật phẩm thủy tinh nứt gãy ngay hay hoàn toàn không nứt gãy, và độ dễ vỡ của vật phẩm thủy tinh.

Bảng 4: Các đặc tính hư hỏng và cơ học nứt gãy của các ví dụ 3A-3K.

Ví dụ	Số lần va đập	Số mảnh (#)	Độ dễ vỡ (Y/N)	Khoảng cách thả rơi (inch)	Thời gian nứt gãy
3A	1	100+	Có	0,611	Ngay
3B	1	DNB	DNB	0,561	DNB
3C	1	DNB	DNB	0,511	DNB
3D	1	DNB	DNB	0,461	DNB
3E	1	DNB	DNB	0,411	DNB
3F	1	DNB	DNB	0,361	DNB
3G	1	DNB	DNB	0,311	DNB
3H	1	100+	Có	0,261	Ngay
3I	1	DNB	DNB	0,211	DNB
3J	1	DNB	DNB	0,161	DNB
3K	1	DNB	DNB	0,111	DNB

DNB = không vỡ

Bảng 5: Các đặc tính hư hỏng và cơ học nứt gãy của các ví dụ so sánh 3L-3X.

Ví dụ	Số lần va đập	Số mảnh (#)	Độ dễ vỡ (Y/N)	Khoảng cách thả rơi (inch)	Thời gian nứt gãy
3L	1	9	Số	0,226	Ngay
3M	1	7	Số	0,221	Ngay
3N	1	5	Có	0,216	30 giây
3O	1	6	Có	0,211	30 giây
3P	1	2	Số	0,206	30 giây
3Q	1	7	Có	0,201	1 phút
3R	1	DNB	DNB	0,196	DNB

3S	1	5	Có	0,191	30 giây
3T	1	6	Có	0,186	10 giây
3U	1	9	Có	0,181	10 giây
3V	1	6	Có	0,176	15 giây
3W	1	10+	Có	0,171	10 giây
3X	1	8	Có	0,111	30 giây

DNB = không vỡ

Như được thể hiện trên bảng 4-5, rõ ràng là các vật phẩm thủy tinh được gia cường hóa học đến trạng thái gần giới hạn vỡ (tức là các ví dụ so sánh 3L-3X) dễ xảy ra hư hỏng chậm hơn nhiều so với các vật phẩm thủy tinh được gia cường hóa học đến trạng thái có độ vỡ vụn/tạo mảnh cao xảy ra khi nứt gãy (tức là, các ví dụ 3A-3K). Cụ thể, trên 80% trong số các ví dụ so sánh 3L-3X không vỡ chậm, trong khi các mẫu trong bảng 4 không vỡ ngay, hoặc không vỡ. Hơn nữa, các ví dụ so sánh 3L-3X thể hiện số mảnh ít hơn, lớn hơn, sắc nhọn hơn so với các ví dụ 3A-4K, mà không có độ vỡ vụn cao và thể hiện các mảnh với tỷ lệ cạnh thấp.

Ví dụ 4

Các vật phẩm thủy tinh theo ví dụ 4A-4B và ví dụ so sánh 4C-4F được tạo ra bằng cách cung cấp nền thủy tinh có cùng thành phần danh nghĩa với ví dụ 1 và gia cường các nền thủy tinh này. Các nền thủy tinh này có độ dày 0,4 mm và được gia cường hóa học bằng quy trình trao đổi ion trong đó các nền thủy tinh được ngâm trong bể muối nóng chảy chứa 80% KNO_3 và 20% NaNO_3 có nhiệt độ 430 °C trong khoảng thời gian được thể hiện trong bảng 6.

Bảng 6: Thời gian trao đổi ion đối với ví dụ 5.

Ví dụ	Thời gian ngâm (giờ)
Ví dụ 4A	16
Ví dụ 4B	32
Ví dụ so sánh 4C	4
Ví dụ so sánh 4D	8
Ví dụ so sánh 4E	64
Ví dụ so sánh 4F	128

Nồng độ của K_2O trong các vật phẩm thủy tinh khi được đo bằng phương pháp phổ phát xạ quang học dẫn điện phát sáng (Glow-Discharge Optical Emission Spectroscopy - GDOES). Trong Fig.13, tỷ lệ %mol (biểu thị bằng K_2O) của ion K^+ lớn hơn mà thay thế ion Na^+ nhỏ hơn trong nền thủy tinh được mô tả trên cột thẳng đứng, và lập đồ thị dưới dạng hàm của độ sâu trao đổi ion. Các ví dụ 4A và 4B thể hiện năng lượng ứng suất kéo dự trữ (và ứng suất trung tâm) lớn hơn so với các biên dạng khác, và làm cho DOC cũng như độ lớn của ứng suất nén bề mặt là lớn nhất.

Fig.14 thể hiện biên dạng ứng suất, như khi được đo bằng phép phân tích IWKB theo tài liệu Roussev I, của ví dụ 4G mà được tạo ra bằng cách cung cấp nền giống như ở các ví dụ 4A và 4B nhưng ngâm trong bể muối nóng chảy chứa 70% KNO_3 và 30% $NaNO_3$ có nhiệt độ 460 °C trong 12 giờ.

Ví dụ 5

Các vật phẩm thủy tinh theo các ví dụ 5A-5D (với các ví dụ B và C là ví dụ so sánh) được tạo ra bằng cách cung cấp các nền thủy tinh có cùng thành phần danh nghĩa với ví dụ 2A-2C và gia cường các nền thủy tinh này. Các nền thủy tinh được gia cường hóa học bằng quy trình trao đổi ion được thể hiện trong bảng 7.

Bảng 7: Các điều kiện trao đổi ion đối với ví dụ 5.

Ví dụ	Thành phần bể muối nóng chảy	Nhiệt độ bể muối nóng chảy (°C)	Thời gian ngâm (giờ)
Ví dụ 5A	80 % KNO_3 / 20% $NaNO_3$	460	12
Ví dụ so sánh 5B	65% KNO_3 / 35% $NaNO_3$	460	12
Ví dụ so sánh 5C	100% $NaNO_3$	430	4
Ví dụ 5D	100% $NaNO_3$	430	16

Ví dụ 5A và Ví dụ so sánh 5B được gắn vào nền trong suốt bằng chất kết dính nhạy áp của hãng 3M với tên thương mại 468MP, áp dụng theo cùng cách và cùng độ dày. Ví dụ 5A và ví dụ so sánh 5B được làm nứt gãy và các vật phẩm thủy tinh nứt gãy thu được được đánh giá. Fig.15A và 15B thể hiện hình ảnh nứt gãy của lần lượt ví dụ 5A và ví dụ so sánh 5B. Như được thể hiện trên Fig. 15A, ví dụ 5A thể hiện đặc tính

vỡ vụn cao hơn và tạo ra các mảnh có tỷ số mặt cắt nhỏ hơn khoảng 2. Như được thể hiện trên Fig. 15B, ví dụ so sánh 5B tạo ra các mảnh có tỷ số mặt cắt cao hơn.

Ví dụ so sánh 5C và ví dụ 5D không được giữ bằng chất kết dính và được làm nứt gãy. Các vật phẩm thủy tinh nứt gãy thu được được đánh giá. Fig.15C và 15D thể hiện hình ảnh nứt gãy của lần lượt ví dụ so sánh 5C và ví dụ 5D. Như được thể hiện trên Fig. 15C, ví dụ so sánh 5C thể hiện các mảnh lớn hơn. Như được thể hiện trên Fig. 15D, ví dụ 5D tạo ra các mảnh vỡ vụn. Có thể cho rằng các mảnh phụ (không thể hiện) không kéo dài qua độ dày của vật phẩm thủy tinh.

Ví dụ 6

Vật phẩm thủy tinh theo ví dụ 6 được tạo ra bằng cách tạo ra nền thủy tinh có cùng thành phần dạng nghĩa như các ví dụ 3A-3K và được gia cường theo cùng cách. Ví dụ 6 được đánh giá về độ mờ đục hoặc khả năng đọc được sau nứt gãy, ở các góc quan sát khác nhau. Sau nứt gãy, ví dụ 6 thể hiện độ vỡ vụn cao nhưng vẫn thể hiện khả năng đọc được tốt ở góc quan sát 90° , so với mặt phẳng bề mặt hoặc bề mặt chính của vật phẩm thủy tinh. Khả năng đọc được giảm khi góc quan sát giảm, như được minh họa bằng các hình ảnh trong Fig.16A-16D. Fig.16A chứng tỏ chữ viết đặt sau ví dụ 6 vẫn nhìn thấy được và đọc được ở góc quan sát 90° so với mặt phẳng bề mặt hoặc bề mặt chính của vật phẩm thủy tinh. Fig.16B thể hiện thử nghiệm có phần nhìn được và đọc được ở góc quan sát khoảng $67,5^\circ$. Chữ viết không rõ ràng hoặc không đọc được ở góc quan sát 45° và $22,5^\circ$ so với mặt phẳng bề mặt hoặc bề mặt chính của vật phẩm thủy tinh, theo Fig.16C-16D. Theo đó, ví dụ 6 có thể dùng làm màn hình chống nhìn trộm khi sử dụng trong thiết bị hiển thị sao cho chỉ người quan sát có thể đọc hoặc nhìn thấy nội dung hiển thị rõ ràng, trong khi những người khác phía sau người quan sát không thể đọc được nội dung hiển thị một cách rõ ràng.

Ví dụ 7

Các vật phẩm thủy tinh theo các ví dụ 7A-7C được tạo ra bằng cách tạo ra các nền thủy tinh có hình dạng 2,5 chiều nhưng mỗi nền có độ dày khác nhau (tức là, ví dụ 7A có độ dày 1 mm, ví dụ 7B có độ dày 0,8 mm và ví dụ 7C có độ dày 0,5 mm). Hình dạng 2,5 chiều bao gồm bề mặt chính phẳng và bề mặt chính đối diện cong. Thành phần của các nền thủy tinh là giống như trong các ví dụ 2A-2C. Năng lượng ứng suất kéo dự trữ của từng nền được tính toán bằng hàm của thời gian trao đổi ion sử dụng bề

muối nóng chảy có nhiệt độ 430°C . Năng lượng ứng suất kéo dự trữ được tính toán bằng cách sử dụng lượng ứng suất trên vùng CT (327 trong Fig. 4) khi được đo bằng SCALP. Năng lượng ứng suất kéo dự trữ được lập đồ thị dưới dạng hàm của thời gian trao đổi ion trên Fig. 17. Nhằm mục đích minh họa, nét đứt ở giá trị năng lượng ứng suất kéo dự trữ là 10 J/m^2 được vẽ để đại diện cho ngưỡng xấp xỉ dễ vỡ. Vùng được làm nổi bật là điều kiện trao đổi ion cho phần duy nhất có độ dày từ 0,5-1,0 mm mà thể hiện các đặc tính được mô tả ở đây. Cụ thể, khoảng này cho phép tính năng cơ học tối ưu và độ đồng đều về vỡ vụn trên toàn diện tích vùng, khi và nếu vùng này nứt gãy.

Nếu giới hạn dễ vỡ đã biết được sử dụng để xác định các thông số trao đổi ion cho nhiều độ dày khác nhau, trong thời gian A thời gian trao đổi ion mà năng lượng ứng suất kéo dự trữ đạt dưới 10 J/m^2 , nền thủy tinh có độ dày 1mm có thể không dễ vỡ, và nền thủy tinh với độ dày 0,5mm có thể có CS thấp. Trong thời gian C, nền thủy tinh có độ dày 0,5mm không dễ vỡ, và nền thủy tinh có độ dày từ trong vùng từ 1 mm đến 0,8mm có thể được xem là dễ vỡ. Theo đó, khi sử dụng định nghĩa về dễ vỡ hiện có, Fig. 17 thể hiện rằng có thể chọn thời gian trao đổi ion trong bể nhất định ở nhiệt độ đã định mà lâu hơn đáng kể cho phần tương đối dày, hoặc vùng của phần có độ dày không đồng đều, so với thời gian chọn cho phần mỏng hơn, hoặc vùng mỏng hơn, của phần dự định có độ dày không đồng đều. Để tạo ra phần 2,5D hoàn thiện mà có tính năng thả rơi cải thiện đáng kể và đáng tin cậy, và độ tạo mảnh hoặc vỡ vụn tương đối đồng đều, có thể cần trao đổi ion phần này trong khoảng thời gian ngắn hơn để tạo ra mức độ năng lượng ứng suất kéo dự trữ lớn hơn so với việc chọn giới hạn độ tạo mảnh hoặc vỡ vụn.

Fig.18 thể hiện các mẫu được thể hiện trên Fig.17, trừ việc năng lượng ứng suất kéo tạo ra được thể hiện trong vùng 11 hiện giờ là ứng suất trung tâm (CT), mà đã được sử dụng làm ký hiệu phổ biến hơn ở vùng trung tâm của các mẫu được trao đổi ion.

Ví dụ 8

Ví dụ 8 bao gồm vật phẩm thủy tinh được tạo ra bằng cách tạo ra nền thủy tinh có cùng thành phần danh nghĩa như ví dụ 1 và gia cường nền thủy tinh này. Nền thủy tinh này có độ dày 0,4 mm và được gia cường hóa học bằng quy trình trao đổi ion hai bước trong đó đầu tiên nền thủy tinh được ngâm trong bể muối nóng chảy thứ nhất

chứa 80% KNO_3 và 20% NaNO_3 có nhiệt độ 460 °C trong 12 giờ, lấy ra khỏi bể muối nóng chảy nhất và ngâm trong bể muối nóng chảy thứ hai chứa 100% KNO_3 có nhiệt độ 390 °C trong 12 phút. Vật phẩm thủy tinh thu được có ứng suất nén bề mặt là 624,5 MPa, DOC khoảng 83,3 micromet (tương đương với 0,208*t*) và CT tối đa khoảng 152,6 MPa, khi được đo bằng phép phân tích IWKB theo tài liệu Roussev I. Fig.19 thể hiện ứng suất nén (được biểu thị dưới dạng giá trị âm) và ứng suất kéo (được biểu thị dưới dạng giá trị dương) dưới dạng hàm của độ sâu tính theo micromet.

Theo khía cạnh (1), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường bao gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện với bề mặt thứ nhất định ra độ dày (*t*) khoảng 1,1 mm hoặc nhỏ hơn; lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt thứ nhất đến chiều sâu nén (DOC) lớn hơn khoảng 0,11·*t*; trong đó sau khi vật phẩm thủy tinh nứt gãy theo thử nghiệm độ dễ vỡ, vật phẩm thủy tinh này bao gồm nhiều mảnh, trong đó ít nhất 90% số mảnh có tỷ số mặt cắt khoảng 5 hoặc nhỏ hơn.

Theo khía cạnh (1), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh (1), trong đó vật phẩm thủy tinh nứt gãy thành nhiều mảnh trong 1 giây hoặc nhỏ hơn, như khi được đo bằng thử nghiệm độ dễ vỡ.

Theo khía cạnh (3), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh (1) hoặc khía cạnh (2), trong đó ít nhất 80% số mảnh có kích thước lớn nhất nhỏ hơn hoặc bằng 3·*t*.

Theo khía cạnh (4), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (4), trong đó ít nhất 50% số mảnh có tỷ số mặt cắt bằng 2 hoặc nhỏ hơn.

Theo khía cạnh (5), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (4), trong đó ít nhất 50% số mảnh có thể tích nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10 mm³.

Theo khía cạnh (6), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (5), trong đó nhiều mảnh bao gồm phần mảnh bắn ra, trong đó phần mảnh bắn ra chiếm 10% số mảnh hoặc thấp hơn.

Theo khía cạnh (7), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (4), trong đó vật phẩm thủy tinh này

có khối lượng thứ nhất trước khi nứt gãy và trong đó nhiều mảnh bao gồm phần mảnh bắn ra và phần mảnh không bắn ra, phần mảnh không bắn ra có khối lượng thứ hai, và sự chênh lệch giữa khối lượng thứ nhất và khối lượng thứ hai là 1% của khối lượng thứ nhất.

Theo khía cạnh (8), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (7), trong đó xác suất vật phẩm thủy tinh nứt gãy thành nhiều mảnh trong 1 giây hoặc nhỏ hơn, như khi được đo bằng thử nghiệm độ dễ vỡ, là 99% hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (9), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (8), trong đó vật phẩm thủy tinh này có năng lượng ứng suất kéo dự trữ là 20 J/m^2 hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (10), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (9), trong đó vật phẩm thủy tinh có ứng suất nén bề mặt và ứng suất trung tâm, trong đó tỷ lệ giữa ứng suất trung tâm so với ứng suất nén bề mặt nằm trong khoảng từ khoảng 0,1 đến khoảng 1.

Theo khía cạnh (11), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh (10), trong đó ứng suất trung tâm là $100 \text{ MPa}/\sqrt{(t/1\text{mm})}$ hoặc lớn hơn (theo đơn vị MPa), trong đó t tính theo mm.

Theo khía cạnh (12), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh (10) hoặc (11), trong đó ứng suất trung tâm là 50 MPa hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (13), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (10) đến (12), trong đó ứng suất nén bề mặt là 150 MPa hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (14), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (10) đến (13), trong đó ứng suất nén bề mặt là 400 MPa hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (15), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (10) đến (14), trong đó DOC là khoảng $0,2t$ hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (16), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (15), trong đó vật phẩm thủy tinh này bao gồm thủy tinh nhôm silicat kim loại kiềm, thủy tinh bosilicat kim loại kiềm, thủy tinh nhôm phosphosilicat kim loại kiềm thủy tinh nhôm bosilicat kim loại kiềm.

Theo khía cạnh (17), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (16), trong đó vật phẩm thủy tinh được bố trí trên lớp giữ.

Theo khía cạnh (18), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường bao gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện với bề mặt thứ nhất định ra độ dày (t) khoảng 1,1 mm hoặc nhỏ hơn; lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt thứ nhất đến chiều sâu nén (DOC) lớn hơn khoảng $0,11 \cdot t$; trong đó vật phẩm thủy tinh này thể hiện tải trọng phá hủy khoảng 10 kgf hoặc lớn hơn, sau khi được mài mòn bằng hạt SiC 90 grit ở áp lực 172,37 KPa (25 psi) trong 5 giây.

Theo khía cạnh (19), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh (18), trong đó vật phẩm thủy tinh này có năng lượng ứng suất kéo dự trữ là 20 J/m^2 hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (20), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh (18) hoặc (19), trong đó vật phẩm thủy tinh này có ứng suất nén bề mặt và ứng suất trung tâm, trong đó tỷ lệ giữa ứng suất trung tâm so với ứng suất nén bề mặt nằm trong khoảng từ khoảng 0,1 đến khoảng 1.

Theo khía cạnh (21), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh (20), trong đó ứng suất trung tâm (CT) là 50 MPa hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (22), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh (20) hoặc (21), trong đó ứng suất nén bề mặt là 150 MPa hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (23), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (20) đến (22), trong đó ứng suất nén bề mặt là 400 MPa hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (24), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (20) đến (23), trong đó DOC là khoảng $0,2t$ hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (25), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (18) đến (24), trong đó vật phẩm thủy tinh này bao gồm thủy tinh nhôm silicat kim loại kiềm, thủy tinh bosilicat kim loại kiềm, thủy tinh nhôm phosphosilicat kim loại kiềm thủy tinh nhôm bosilicat kim loại kiềm.

Theo khía cạnh (26), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (20) đến (25), trong đó vật phẩm thủy tinh được gắn vào nền.

Theo khía cạnh (26), sáng chế đề cập đến thiết bị chứa nền thủy tinh được gia cường; lớp giữ; và bộ phận đỡ, trong đó nền thủy tinh được gia cường gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện với bề mặt thứ nhất định ra độ dày (t) khoảng 1,1 mm hoặc nhỏ hơn, lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt thứ nhất đến chiều sâu nén (DOC) lớn hơn khoảng $0,11 \cdot t$ và ứng suất trung tâm (CT) là 50 MPa hoặc lớn hơn, trong đó thiết bị này gồm máy tính bảng, thiết bị hiển thị trong suốt, điện thoại di động, máy phát video, thiết bị thông tin đầu cuối, máy đọc sách điện tử, máy tính xách tay, hoặc thiết bị hiển thị không trong suốt.

Theo khía cạnh (28), sáng chế đề cập đến thiết bị theo khía cạnh (27), trong đó, sau khi vật phẩm thủy tinh nứt gãy theo thử nghiệm độ dễ vỡ, vật phẩm thủy tinh này gồm nhiều mảnh có tỷ số mặt cắt khoảng 5 hoặc nhỏ hơn.

Theo khía cạnh (29), sáng chế đề cập đến thiết bị theo khía cạnh (27) hoặc (28), trong đó vật phẩm thủy tinh nứt gãy thành nhiều mảnh trong 1 giây hoặc nhỏ hơn, như khi được đo bằng thử nghiệm độ dễ vỡ.

Theo khía cạnh (30), sáng chế đề cập đến thiết bị theo khía cạnh (28) hoặc khía cạnh (29), trong đó ít nhất 80% số mảnh có kích thước lớn nhất nhỏ hơn hoặc bằng $5 \cdot t$.

Theo khía cạnh (31), sáng chế đề cập đến thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (28) đến (30), trong đó ít nhất 50% số mảnh có tỷ số mặt cắt bằng 2 hoặc nhỏ hơn.

Theo khía cạnh (32), sáng chế đề cập đến thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (28) đến (31), trong đó ít nhất 50% số mảnh có thể tích nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10 mm³.

Theo khía cạnh (33), sáng chế đề cập đến thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (28) đến (32), trong đó nhiều mảnh bao gồm phần mảnh bắn ra, trong đó phần mảnh bắn ra chiếm 10% số mảnh hoặc thấp hơn.

Theo khía cạnh (34), sáng chế đề cập đến thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (28) đến (33), trong đó vật phẩm thủy tinh có khối lượng thứ nhất trước khi nứt gãy và trong đó nhiều mảnh bao gồm phần mảnh bắn ra và phần mảnh không bắn ra, phần mảnh không bắn ra có khối lượng thứ hai, và sự chênh lệch giữa khối lượng thứ nhất và khối lượng thứ hai là 1% của khối lượng thứ nhất.

Theo khía cạnh (35), sáng chế đề cập đến thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (28) đến (34), trong đó xác suất vật phẩm thủy tinh nứt gãy thành nhiều mảnh trong 1 giây hoặc nhỏ hơn, như khi được đo bằng thử nghiệm độ dễ vỡ, là 99% hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (36), sáng chế đề cập đến thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (28) đến (35), trong đó vật phẩm thủy tinh có năng lượng ứng suất kéo dự trữ là 20 J/m² hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (37), sáng chế đề cập đến thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (27) đến (36), trong đó vật phẩm thủy tinh có ứng suất nén bề mặt và ứng suất trung tâm, trong đó tỷ lệ giữa ứng suất trung tâm so với ứng suất nén bề mặt nằm trong khoảng từ khoảng 0,1 đến khoảng 1.

Theo khía cạnh (38), sáng chế đề cập đến thiết bị theo khía cạnh (37), trong đó ứng suất nén bề mặt là 150 MPa hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (39), sáng chế đề cập đến thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (27) đến (38), trong đó DOC là khoảng 0,2t hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (40), sáng chế đề cập đến thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (27) đến (39), trong đó vật phẩm thủy tinh bao gồm thủy tinh nhôm silicat kim loại kiềm, thủy tinh bosilicat kim loại kiềm, thủy tinh nhôm phosphosilicat kim loại kiềm thủy tinh nhôm bosilicat kim loại kiềm.

Theo khía cạnh (41), sáng chế đề cập đến thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (27) đến (40), trong đó vật phẩm thủy tinh được bố trí trên lớp giữ.

Theo khía cạnh (42), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường bao gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện với bề mặt thứ nhất định ra độ dày (t) khoảng 1,1 mm hoặc nhỏ hơn; lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt thứ nhất đến chiều sâu nén (DOC) lớn hơn khoảng $0,11 \cdot t$; trong đó sau khi vật phẩm thủy tinh được dát lên lớp giữ và nứt gãy theo thử nghiệm độ dễ vỡ, vật phẩm thủy tinh này bao gồm các vết nứt gãy, và trong đó ít nhất 5% số vết nứt gãy chỉ kéo dài qua một phần độ dày.

Theo khía cạnh (43), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh (42), trong đó vật phẩm thủy tinh này nứt gãy thành nhiều mảnh trong 1 giây hoặc nhỏ hơn, như khi được đo bằng thử nghiệm độ dễ vỡ.

Theo khía cạnh (44), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh (42) hoặc (43), trong đó vật phẩm thủy tinh này có năng lượng ứng suất kéo dự trữ là 20 J/m^2 hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (45), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (42) đến (44), trong đó vật phẩm thủy tinh này có ứng suất nén bề mặt và ứng suất trung tâm, trong đó tỷ lệ giữa ứng suất trung tâm so với ứng suất nén bề mặt nằm trong khoảng từ khoảng 0,1 đến khoảng 1.

Theo khía cạnh (46), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh (45), trong đó ứng suất trung tâm là 50 MPa hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (47), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh (45) hoặc (46), trong đó ứng suất nén bề mặt là 150 MPa hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (48), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (42) đến (47), trong đó DOC là khoảng $0,2t$ hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (49), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (42) đến (48), trong đó vật phẩm thủy tinh này bao gồm thủy tinh nhôm silicat kim loại kiềm, thủy tinh bosilicat kim loại kiềm, thủy tinh nhôm phosphosilicat kim loại kiềm thủy tinh nhôm bosilicat kim loại kiềm.

Theo khía cạnh (50), sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh được gia cường theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (42) đến (49), trong đó vật phẩm thủy tinh được bố trí trên lớp giữ.

Theo khía cạnh (51), sáng chế đề cập đến thiết bị điện tử tiêu dùng bao gồm vỏ có bề mặt trước; các thành phần điện được bố trí ít nhất một phần bên trong vỏ, các bộ phận điện bao gồm ít nhất bộ điều khiển, bộ nhớ, và thiết bị hiển thị; và kính che được bố trí ở bề mặt trước của vỏ và phía trên thiết bị hiển thị, kính che bao gồm vật phẩm thủy tinh được gia cường, trong đó vật phẩm thủy tinh được gia cường gồm: bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất định ra chiều dày (t) khoảng 1,1 mm hoặc nhỏ hơn; lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt thứ nhất đến chiều sâu nén (DOC) lớn hơn khoảng $0,11 \cdot t$; và ứng suất trung tâm (CT) khoảng 50 MPa hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (52), sáng chế đề cập đến thiết bị điện tử tiêu dùng theo khía cạnh (51), trong đó, sau khi vật phẩm thủy tinh nứt gãy theo thử nghiệm độ dễ vỡ, vật phẩm thủy tinh này gồm nhiều mảnh có tỷ số mặt cắt khoảng 5 hoặc nhỏ hơn, và

Theo khía cạnh (53), sáng chế đề cập đến thiết bị điện tử tiêu dùng theo khía cạnh (52), trong đó vật phẩm thủy tinh nứt gãy thành nhiều mảnh trong 1 giây hoặc nhỏ hơn, như khi được đo bằng thử nghiệm độ dễ vỡ.

Theo khía cạnh (54), sáng chế đề cập đến thiết bị điện tử tiêu dùng theo khía cạnh (52) hoặc khía cạnh (53), trong đó ít nhất 80% số mảnh có kích thước lớn nhất nhỏ hơn hoặc bằng $2 \cdot t$.

Theo khía cạnh (55), sáng chế đề cập đến thiết bị điện tử tiêu dùng theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (52) đến (54), trong đó ít nhất 50% số mảnh có tỷ số mặt cắt bằng 2 hoặc nhỏ hơn.

Theo khía cạnh (56), sáng chế đề cập đến thiết bị điện tử tiêu dùng theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (52) đến (55), trong đó ít nhất 50% số mảnh có thể tích nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10 mm^3 .

Theo khía cạnh (57), sáng chế đề cập đến thiết bị điện tử tiêu dùng theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (52) đến (56), trong đó nhiều mảnh bao gồm phần mảnh bắn ra, trong đó phần mảnh bắn ra chiếm 10% số mảnh hoặc thấp hơn.

Theo khía cạnh (58), sáng chế đề cập đến thiết bị điện tử tiêu dùng theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (52) đến (57), trong đó vật phẩm thủy tinh có khối lượng thứ nhất trước khi nứt gãy và trong đó nhiều mảnh bao gồm phần mảnh bắn ra và phần mảnh không bắn ra, phần mảnh không bắn ra có khối lượng thứ hai, và sự chênh lệch giữa khối lượng thứ nhất và khối lượng thứ hai là 1% so với khối lượng thứ nhất.

Theo khía cạnh (59), sáng chế đề cập đến thiết bị điện tử tiêu dùng theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (53) đến (58), trong đó xác suất vật phẩm thủy tinh nứt gãy thành nhiều mảnh trong 1 giây hoặc nhỏ hơn, như khi được đo bằng thử nghiệm độ dễ vỡ, là 99% hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (60), sáng chế đề cập đến thiết bị điện tử tiêu dùng theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (51) đến (59), trong đó vật phẩm thủy tinh có năng lượng ứng suất kéo dự trữ là 20 J/m^2 hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (61), sáng chế đề cập đến thiết bị điện tử tiêu dùng theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (51) đến (60), trong đó vật phẩm thủy tinh có ứng suất nén bề mặt và ứng suất trung tâm, trong đó tỷ lệ giữa ứng suất trung tâm so với ứng suất nén bề mặt nằm trong khoảng từ khoảng 0,1 đến khoảng 1.

Theo khía cạnh (62), sáng chế đề cập đến thiết bị điện tử tiêu dùng theo khía cạnh (61), trong đó ứng suất nén bề mặt là 150 MPa hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (63), sáng chế đề cập đến thiết bị điện tử tiêu dùng theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (51) đến (62), trong đó DOC là khoảng 0,2t hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (64), sáng chế đề cập đến thiết bị điện tử tiêu dùng theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (51) đến (63), trong đó vật phẩm thủy tinh bao gồm thủy tinh nhôm silicat kim loại kiềm, thủy tinh bosilicat kim loại kiềm, thủy tinh nhôm phosphosilicat kim loại kiềm thủy tinh nhôm bosilicat kim loại kiềm.

Theo khía cạnh (65), sáng chế đề cập đến thiết bị điện tử tiêu dùng theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (51) đến (64), trong đó vật phẩm thủy tinh được bố trí trên lớp giữ.

Theo khía cạnh (66), sáng chế đề cập đến thiết bị điện tử tiêu dùng theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (51) đến (65), trong đó thiết bị điện tử tiêu dùng bao gồm máy tính bảng, thiết bị hiển thị trong suốt, điện thoại di động, máy phát video, thiết bị thông tin đầu cuối, máy đọc sách điện tử, máy tính xách tay, hoặc thiết bị hiển thị không trong suốt.

Theo khía cạnh (67), sáng chế đề cập đến sản phẩm bao gói bao gồm vỏ có miệng; bề mặt ngoài và bề mặt trong định ra phần chứa đựng; trong đó vỏ bao gồm vật phẩm thủy tinh được gia cường, trong đó vật phẩm thủy tinh được gia cường gồm: bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất định ra chiều dày (t) khoảng 1,1 mm hoặc nhỏ hơn; lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt thứ nhất đến chiều sâu nén (DOC) lớn hơn khoảng $0,11 \cdot t$; và ứng suất trung tâm (CT) khoảng 50 MPa hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (68), sáng chế đề cập đến sản phẩm bao gói theo khía cạnh (67), trong đó, sau khi vật phẩm thủy tinh nứt gãy theo thử nghiệm độ dễ vỡ, vật phẩm thủy tinh này gồm nhiều mảnh có tỷ số mặt cắt khoảng 5 hoặc nhỏ hơn, và trong đó vật phẩm thủy tinh này vỡ thành nhiều mảnh trong 1 giây hoặc nhỏ hơn, như khi được đo bằng thử nghiệm độ dễ vỡ.

Theo khía cạnh (69), sáng chế đề cập đến sản phẩm bao gói theo khía cạnh (68), trong đó ít nhất 80% số mảnh có kích thước lớn nhất nhỏ hơn hoặc bằng $2 \cdot t$.

Theo khía cạnh (70), sáng chế đề cập đến sản phẩm bao gói theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (68) đến (69), trong đó ít nhất 50% số mảnh có tỷ số mặt cắt bằng 2 hoặc nhỏ hơn.

Theo khía cạnh (71), sáng chế đề cập đến sản phẩm bao gói theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (68) đến (70), trong đó ít nhất 50% số mảnh có thể tích nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10 mm^3 .

Theo khía cạnh (72), sáng chế đề cập đến sản phẩm bao gói theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (68) đến (71), trong đó nhiều mảnh bao gồm phần , trong đó phần mảnh bắn ra chiếm 10% số mảnh hoặc thấp hơn.

Theo khía cạnh (73), sáng chế đề cập đến sản phẩm bao gói theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (68) đến (72), trong đó vật phẩm thủy tinh có khối lượng thứ

nhất trước khi nứt gãy và trong đó nhiều mảnh bao gồm phần mảnh bắn ra và phần mảnh không bắn ra, phần mảnh không bắn ra có khối lượng thứ hai, và sự chênh lệch giữa khối lượng thứ nhất và khối lượng thứ hai là 1% của khối lượng thứ nhất.

Theo khía cạnh (74), sáng chế đề cập đến sản phẩm bao gói theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (68) đến (73), trong đó xác suất vật phẩm thủy tinh nứt gãy thành nhiều mảnh trong 1 giây hoặc nhỏ hơn, như khi được đo bằng thử nghiệm độ dễ vỡ, là 99% hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (75), sáng chế đề cập đến sản phẩm bao gói theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (67) đến (74), trong đó vật phẩm thủy tinh có năng lượng ứng suất kéo dự trữ là 20 J/m^2 hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (76), sáng chế đề cập đến sản phẩm bao gói theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (67) đến (75), trong đó vật phẩm thủy tinh có ứng suất nén bề mặt và ứng suất trung tâm, trong đó tỷ lệ giữa ứng suất trung tâm so với ứng suất nén bề mặt nằm trong khoảng từ khoảng 0,1 đến khoảng 1.

Theo khía cạnh (77), sáng chế đề cập đến sản phẩm bao gói theo khía cạnh (76), trong đó ứng suất nén bề mặt là 150 MPa hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (78), sáng chế đề cập đến sản phẩm bao gói theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (67) đến (77), trong đó DOC là khoảng 0,2t hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (79), sáng chế đề cập đến sản phẩm bao gói theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (67) đến (78), trong đó vật phẩm thủy tinh bao gồm thủy tinh nhôm silicat kim loại kiềm, thủy tinh bosilicat kim loại kiềm, thủy tinh nhôm phosphosilicat kim loại kiềm thủy tinh nhôm bosilicat kim loại kiềm.

Theo khía cạnh (80), sáng chế đề cập đến sản phẩm bao gói theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (67) đến (72), trong đó vật phẩm thủy tinh được bố trí trên lớp giữ.

Theo khía cạnh (82), sáng chế đề cập đến sản phẩm bao gói theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (67) đến (80), trong đó sản phẩm bao gói này chứa thêm được liệu.

Theo khía cạnh (83), sáng chế đề cập đến sản phẩm bao gói theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (67) đến (81), trong đó sản phẩm bao gói này gồm thêm nắp bố trí ở miệng.

Người có hiểu biết trung bình về 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.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Vật phẩm thủy tinh được gia cường bao gồm:

bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện với bề mặt thứ nhất định ra độ dày (t) bằng khoảng 3 mm hoặc nhỏ hơn;

lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt thứ nhất đến chiều sâu nén (DOC) lớn hơn $0,16 \cdot t$, lớp ứng suất nén này bao gồm ứng suất nén bề mặt bằng 624,5 MPa hoặc lớn hơn; và

sức căng ở tâm tối đa là 50 MPa hoặc lớn hơn.

2. Vật phẩm thủy tinh được gia cường theo điểm 1, trong đó DOC được đo bằng thiết bị phân cực ánh sáng tán xạ; ứng suất nén được đo bằng tổ hợp thiết bị phân cực ánh sáng tán xạ và thiết bị đo ứng suất bề mặt; và sức căng ở tâm được đo bằng thiết bị phân cực ánh sáng tán xạ.

3. Vật phẩm thủy tinh được gia cường theo điểm 1, trong đó vật phẩm thủy tinh này có năng lượng ứng suất kéo dự trữ là 20 J/m^2 hoặc lớn hơn.

4. Vật phẩm thủy tinh được gia cường theo điểm 1, trong đó tỷ lệ giữa sức căng ở tâm tối đa so với ứng suất nén bề mặt nằm trong khoảng từ khoảng 0,1 đến khoảng 1, và trong đó sức căng ở tâm tối đa là $100 \text{ MPa}/\sqrt{(t/1 \text{ mm})}$ hoặc lớn hơn (theo đơn vị MPa), trong đó t tính theo mm.

5. Vật phẩm thủy tinh được gia cường theo điểm 1, trong đó vật phẩm thủy tinh này được bố trí trên lớp giữ.

6. Vật phẩm thủy tinh được gia cường theo điểm 1, trong đó vật phẩm thủy tinh này còn có vùng CT với biên dạng ứng suất, trong đó vùng CT này được xác định bằng phương trình:

$$\text{Ứng suất (x)} = \text{MaxCT} - (((\text{MaxCT} \cdot (n+1))/0,5^n) \cdot |(x/t) - 0,5|^n),$$

trong đó MaxCT là giá trị CT lớn nhất và được đưa ra dưới dạng giá trị dương theo đơn vị MPa, x là vị trí dọc theo độ dày (t) tính theo micromet, và n nằm trong khoảng từ 1,5 đến 5.

7. Vật phẩm thủy tinh được gia cường theo điểm 1, trong đó sau khi vật phẩm thủy tinh này nứt vỡ theo thử nghiệm độ giòn, vật phẩm thủy tinh này bao gồm nhiều mảnh, trong đó ít nhất 90% số mảnh có tỷ lệ cạnh bằng khoảng 5 hoặc nhỏ hơn.
8. Vật phẩm thủy tinh được gia cường theo điểm 7, trong đó vật phẩm thủy tinh này nứt vỡ thành nhiều mảnh trong 1 giây hoặc nhanh hơn, khi được đo bằng thử nghiệm độ giòn.
9. Vật phẩm thủy tinh được gia cường theo điểm 7, trong đó ít nhất 80% số mảnh có kích thước tối đa nhỏ hơn hoặc bằng 3.t.
10. Vật phẩm thủy tinh được gia cường theo điểm 7, trong đó ít nhất 50% số mảnh có tỷ lệ cạnh bằng 2 hoặc nhỏ hơn.
11. Vật phẩm thủy tinh được gia cường theo điểm 7, trong đó ít nhất 50% số mảnh có thể tích nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10 mm^3 .
12. Vật phẩm thủy tinh được gia cường theo điểm 7, trong đó nhiều mảnh bao gồm phần mảnh bắn ra, trong đó phần mảnh bắn ra chiếm 10% số mảnh hoặc ít hơn.
13. Vật phẩm thủy tinh được gia cường theo điểm 7, trong đó vật phẩm thủy tinh này có khối lượng thứ nhất trước khi nứt vỡ và trong đó nhiều mảnh bao gồm phần mảnh bắn ra và phần mảnh không bắn ra, phần mảnh không bắn ra có khối lượng thứ hai, và chênh lệch giữa khối lượng thứ nhất và khối lượng thứ hai là 1% khối lượng thứ nhất.
14. Vật phẩm thủy tinh được gia cường theo điểm 1, trong đó vật phẩm thủy tinh này còn có giá trị ứng suất nén ở độ sâu kali tối đa của lớp nằm trong khoảng từ 50 MPa đến 300 MPa.
15. Vật phẩm thủy tinh được gia cường bao gồm:
- bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện với bề mặt thứ nhất định ra độ dày (t) khoảng 3 mm hoặc nhỏ hơn;
- lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt thứ nhất đến chiều sâu nén (DOC) lớn hơn $0,2.t$, trong đó ứng suất nén bề mặt là 624,5 MPa hoặc lớn hơn; và
- sức căng ở tâm tối đa bằng 85 MPa hoặc lớn hơn.
16. Vật phẩm thủy tinh được gia cường theo điểm 15, trong đó vật phẩm thủy tinh này còn bao gồm:

vùng CT với biên dạng ứng suất, trong đó vùng CT này được xác định bằng phương trình:

$$\text{Ứng suất}(x) = \text{MaxCT} - (((\text{MaxCT} \cdot (n+1))/0,5^n) \cdot |(x/t) - 0,5|^n),$$

trong đó MaxCT là giá trị CT lớn nhất và được đưa ra dưới dạng giá trị dương theo đơn vị MPa, x là vị trí dọc theo độ dày (t) tính theo micromet, và n nằm trong khoảng từ 1,5 đến 5.

17. Vật phẩm thủy tinh được gia cường bao gồm:

bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện với bề mặt thứ nhất định ra độ dày (t) khoảng 3 mm hoặc nhỏ hơn;

lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt thứ nhất đến chiều sâu nén (DOC) lớn hơn khoảng 0,15·t, lớp ứng suất nén bao gồm ứng suất nén bề mặt bằng 400 MPa hoặc lớn hơn; và

sức căng ở tâm tối đa (CT) khoảng 50 MPa hoặc lớn hơn,

trong đó vật phẩm thủy tinh này thể hiện tải trọng phá hủy khoảng 10 kgf hoặc lớn hơn, sau khi được mài mòn bằng hạt SiC cỡ 90 (SiC 90-grit) ở áp suất 172,37 KPa (25 psi) trong 5 giây.

18. Vật phẩm thủy tinh được gia cường theo điểm 17, trong đó vật phẩm thủy tinh này có lượng năng lượng ứng suất kéo dự trữ là 20 J/m² hoặc lớn hơn.

19. Vật phẩm thủy tinh được gia cường theo điểm 17, trong đó tỷ lệ giữa sức căng ở tâm tối đa so với ứng suất nén bề mặt nằm trong khoảng từ khoảng 0,1 đến khoảng 1, và trong đó sức căng ở tâm tối đa (CT) là 85 MPa hoặc lớn hơn.

20. Vật phẩm thủy tinh được gia cường theo điểm 17, trong đó DOC bằng khoảng 0,2t hoặc lớn hơn.

21. Vật phẩm thủy tinh được gia cường theo điểm 17, trong đó vật phẩm thủy tinh này được kết dính với nền.

22. Vật phẩm thủy tinh được gia cường theo điểm 17, trong đó t bằng 0,4 mm hoặc lớn hơn.

23. Vật phẩm thủy tinh được gia cường theo điểm 17, trong đó vật phẩm thủy tinh này còn bao gồm:

vùng CT với biên dạng ứng suất, trong đó vùng CT được xác định bằng phương trình:

$$\text{Ứng suất}(x) = \text{MaxCT} - (((\text{MaxCT} \cdot (n+1))/0,5^n) \cdot |(x/t) - 0,5|^n),$$

trong đó MaxCT là giá trị CT lớn nhất và được đưa ra dưới dạng giá trị dương theo đơn vị MPa, x là vị trí dọc theo độ dày (t) tính theo micromet, và n nằm trong khoảng từ 1,5 đến 5.

24. Vật phẩm thủy tinh được gia cường theo điểm 17, trong đó trong đó vật phẩm thủy tinh này còn có giá trị ứng suất nén ở độ sâu kali tối đa của lớp nằm trong khoảng từ 50 MPa đến 300 MPa.

25. Sản phẩm điện tử tiêu dùng bao gồm:

vỏ có bề mặt trước,

các bộ phận điện được bố trí ít nhất một phần bên trong vỏ, các bộ phận điện này bao gồm ít nhất một bộ điều khiển, bộ nhớ, và màn hình; và

kính che được bố trí ở bề mặt trước của vỏ và phía trên màn hình, hoặc được bố trí làm nắp đậy ở sau, kính che này bao gồm vật phẩm thủy tinh được gia cường, trong đó vật phẩm thủy tinh được gia cường này bao gồm:

bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện với bề mặt thứ nhất định ra độ dày (t) khoảng 3 mm hoặc nhỏ hơn;

lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt thứ nhất đến chiều sâu nén (DOC) lớn hơn 0,17t, lớp ứng suất nén bao gồm ứng suất nén bề mặt bằng 624,5 MPa hoặc lớn hơn; và

sức căng ở tâm tối đa (CT) khoảng 85 MPa hoặc lớn hơn.

26. Sản phẩm điện tử tiêu dùng theo điểm 25, trong đó vật phẩm thủy tinh bao gồm năng lượng ứng suất kéo dự trữ là 20 J/m² hoặc lớn hơn.

27. Sản phẩm điện tử tiêu dùng theo điểm 25, trong đó DOC bằng khoảng 0,2t hoặc lớn hơn.

28. Sản phẩm điện tử tiêu dùng theo điểm 25, trong đó vật phẩm thủy tinh được bố trí trên lớp giữ.

29. Sản phẩm điện tử tiêu dùng theo điểm 25, trong đó sản phẩm này còn bao gồm:

vùng CT với biên dạng ứng suất, trong đó vùng CT này được xác định bằng phương trình:

$$\text{Ứng suất}(x) = \text{MaxCT} - (((\text{MaxCT} \cdot (n+1)) / 0,5^n) \cdot |(x/t) - 0,5|^n),$$

trong đó MaxCT là giá trị CT lớn nhất và được đưa ra dưới dạng giá trị dương theo đơn vị MPa, x là vị trí dọc theo độ dày (t) tính theo micromet, và n nằm trong khoảng từ 1,5 đến 5.

30. Sản phẩm điện tử tiêu dùng theo điểm 25, trong đó sản phẩm này còn có giá trị ứng suất nén ở độ sâu kali tối đa của lớp nằm trong khoảng từ 50 MPa đến 300 MPa.

1/21

FIG. 1A

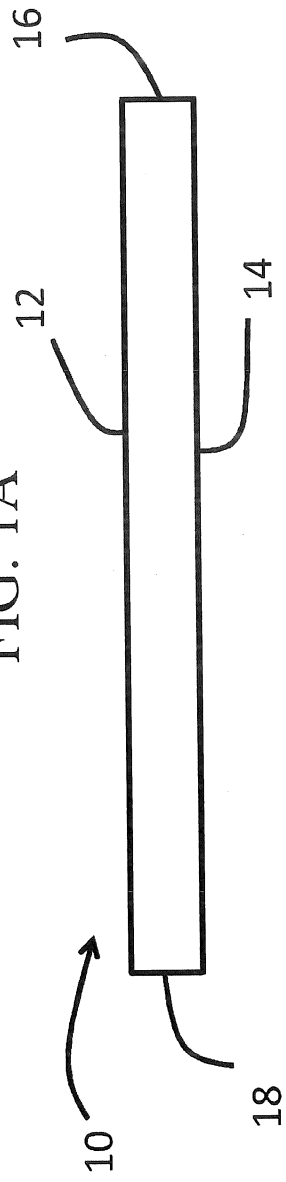
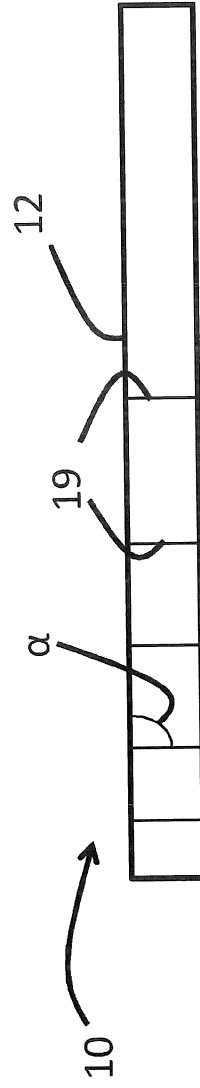


FIG. 1B



2/21

FIG. 2 (GIẢI PHÁP KỸ THUẬT ĐÃ

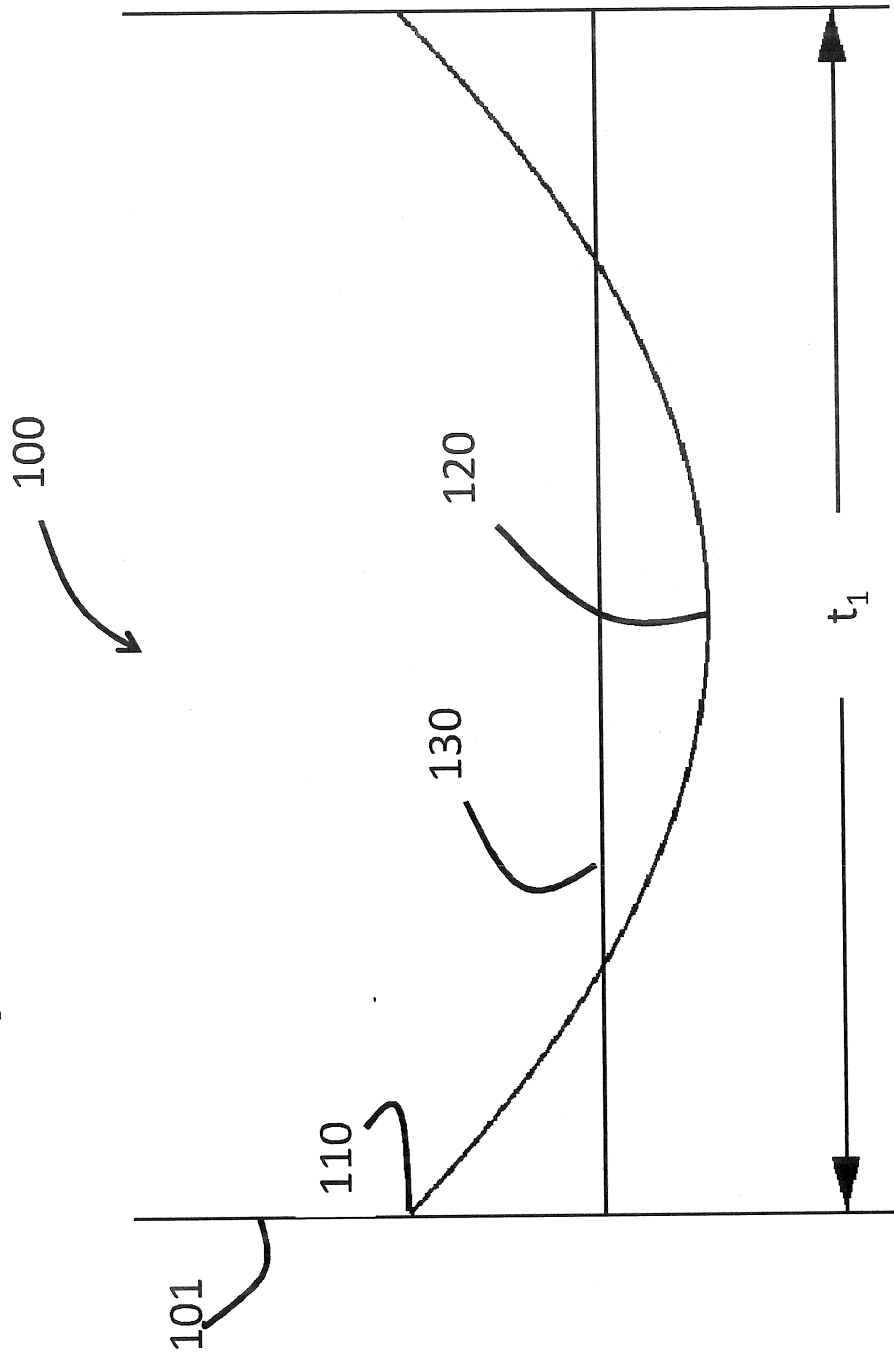
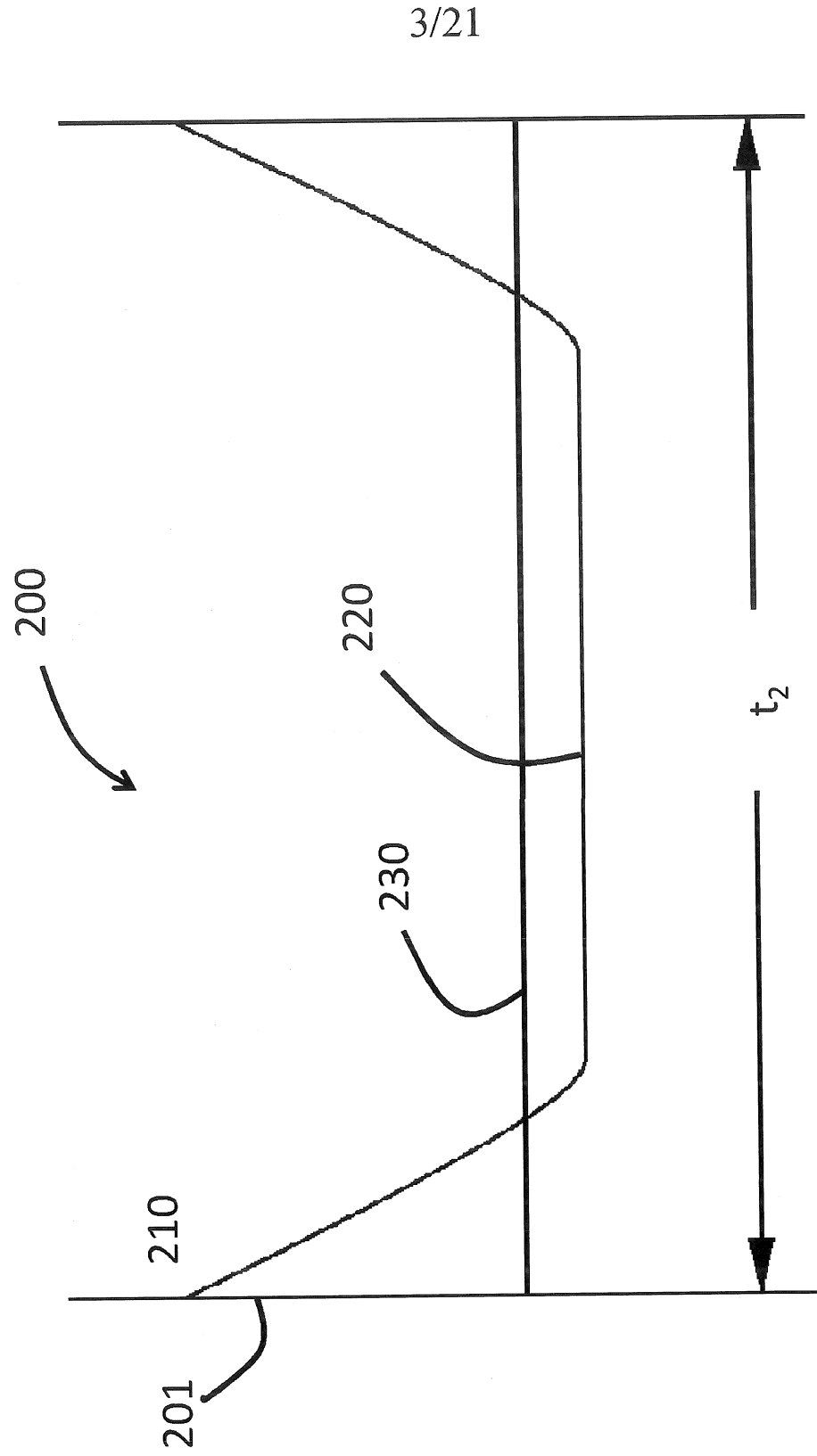
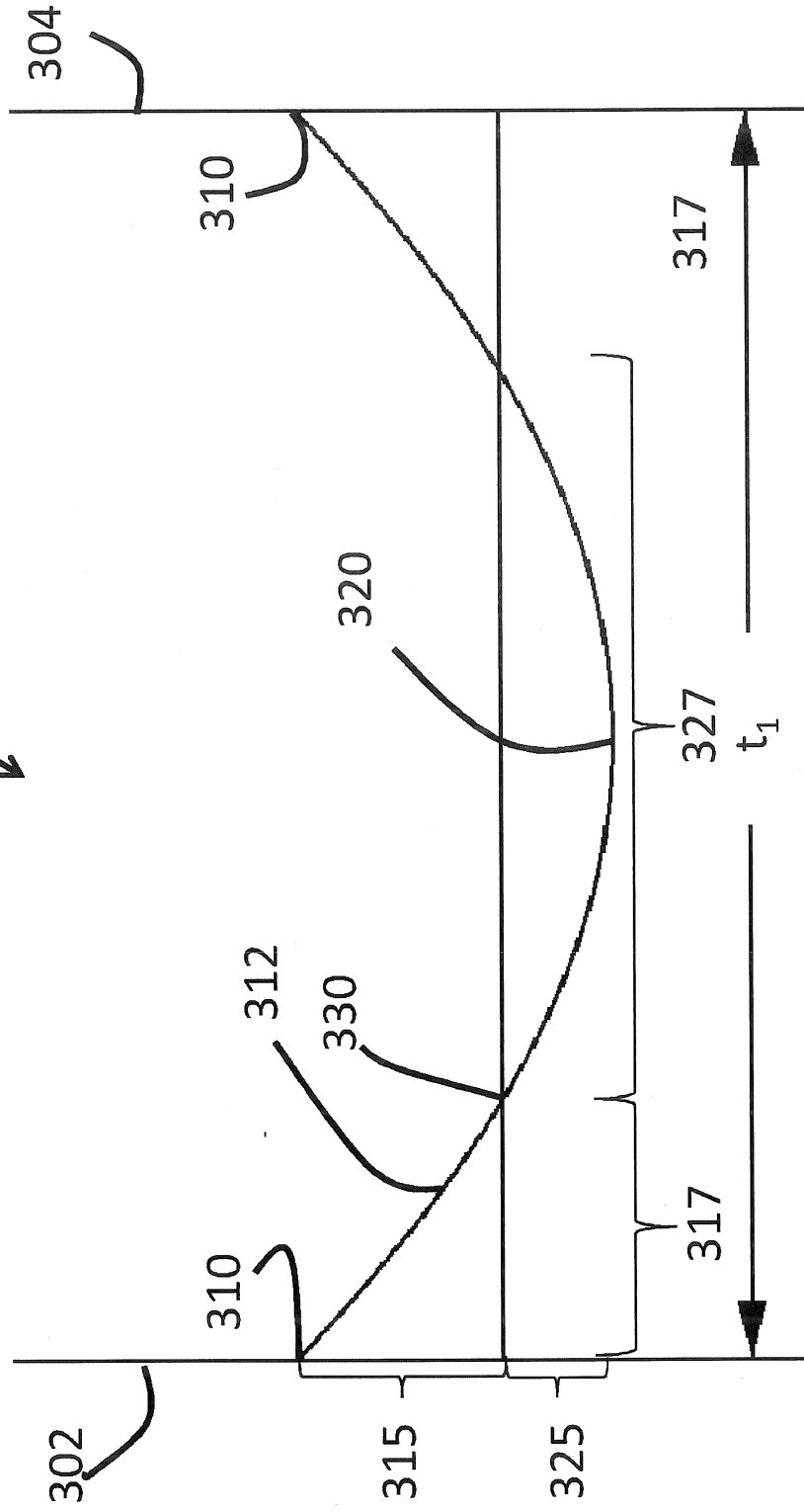


FIG. 3 (GIẢI PHÁP KỸ THUẬT ĐÃ BIẾT)



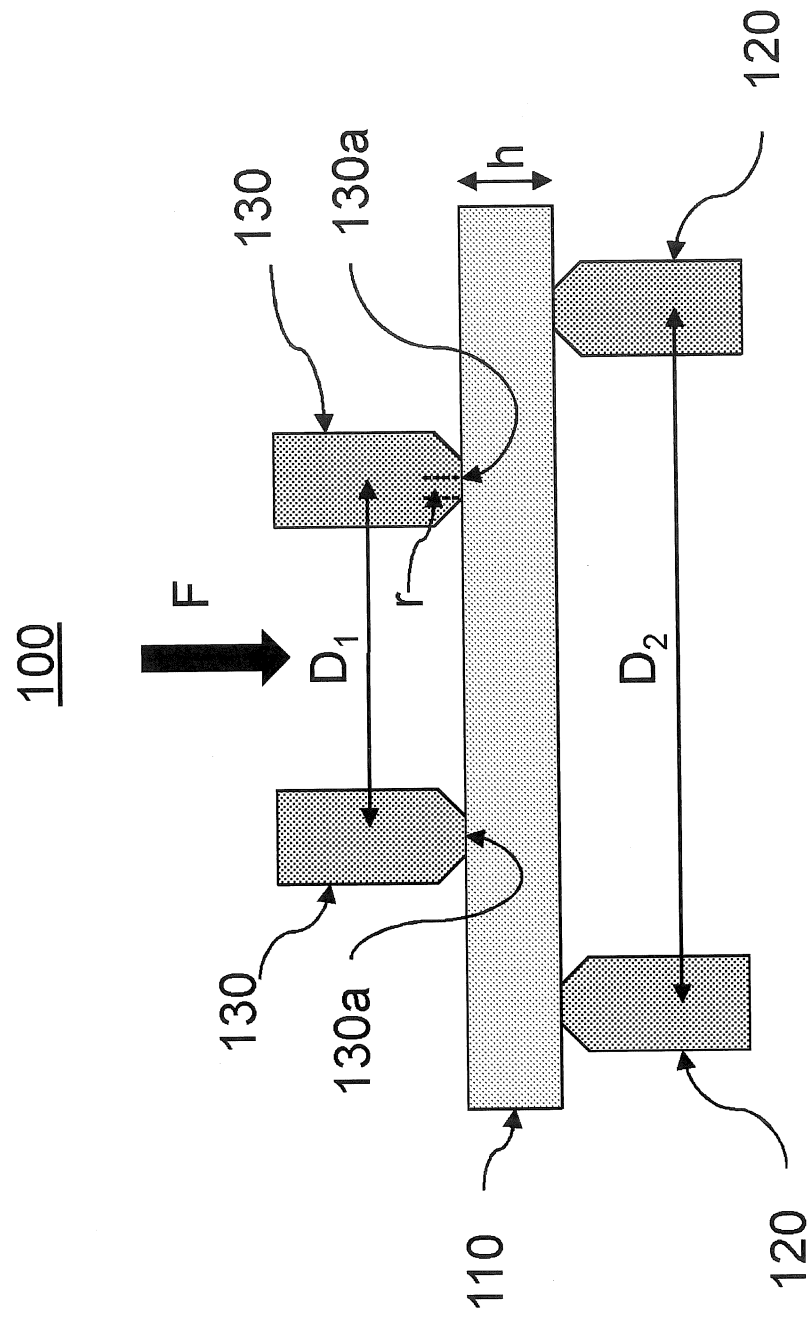
4/21

FIG. 4
300



5/21

FIG. 5

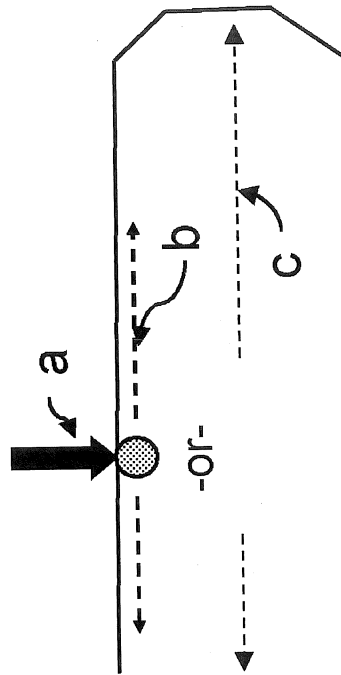


7/21

FIG. 7

Tác động làm hư hỏng bề mặt trên

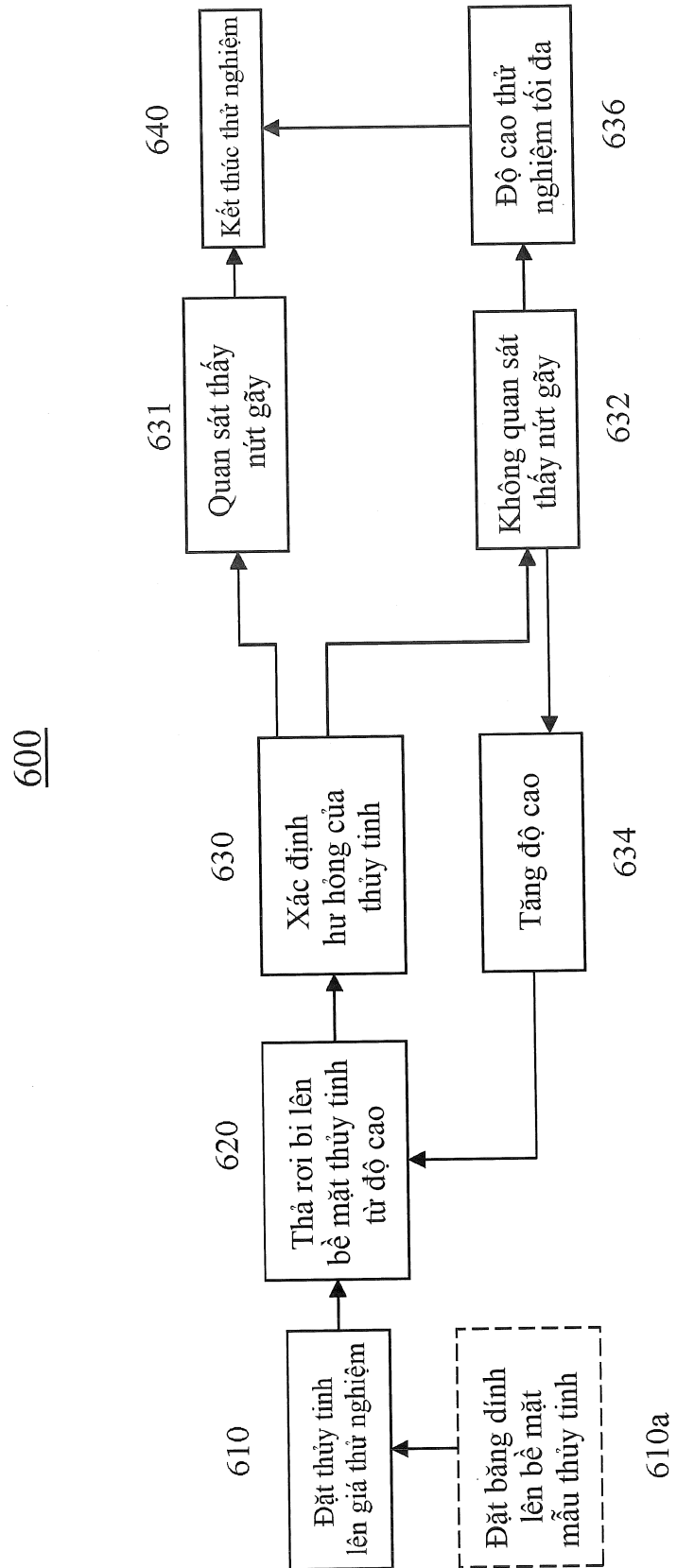
Sự nứt gãy bắt đầu từ bề mặt trên;
sự hư hỏng xuyên qua DOL



sự nứt gãy lan truyền từ điểm uốn cong
ở trên (hoặc từ ứng suất trung tâm)

8/21

FIG. 8



9/21

FIG. 9A

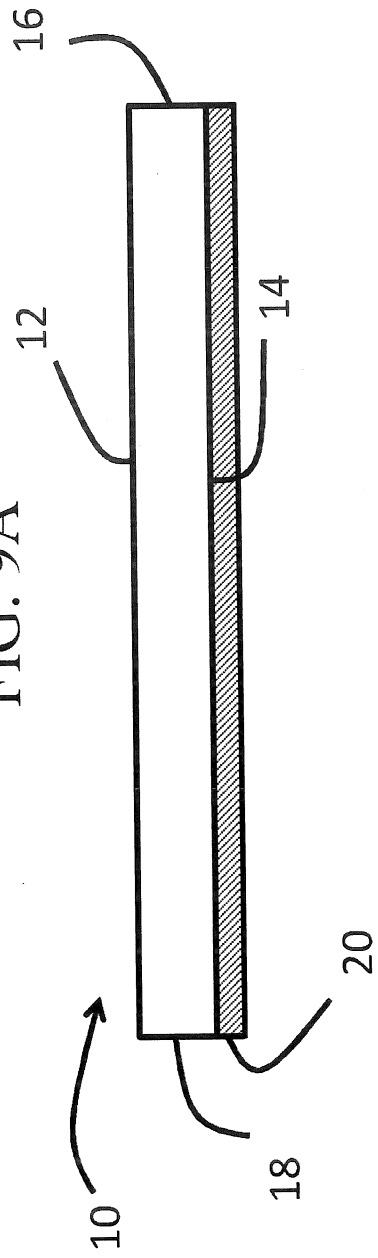
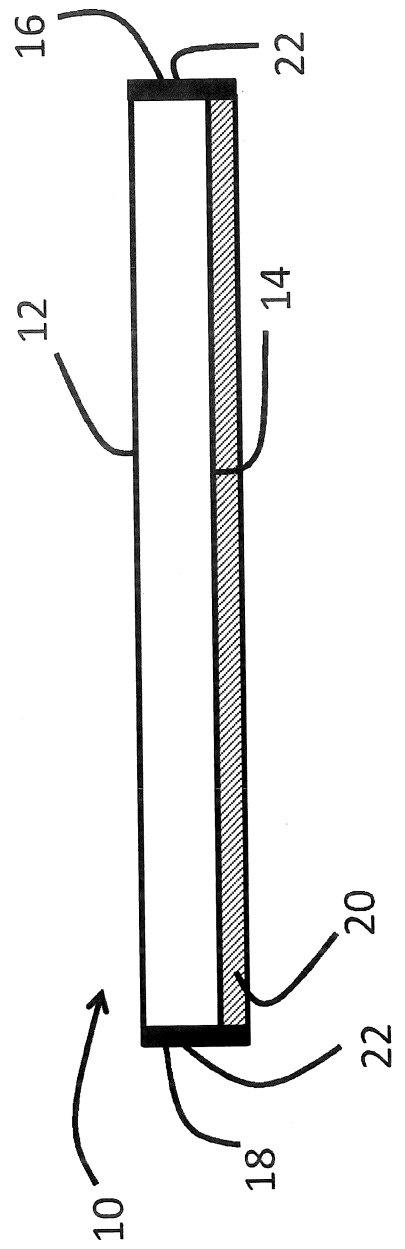
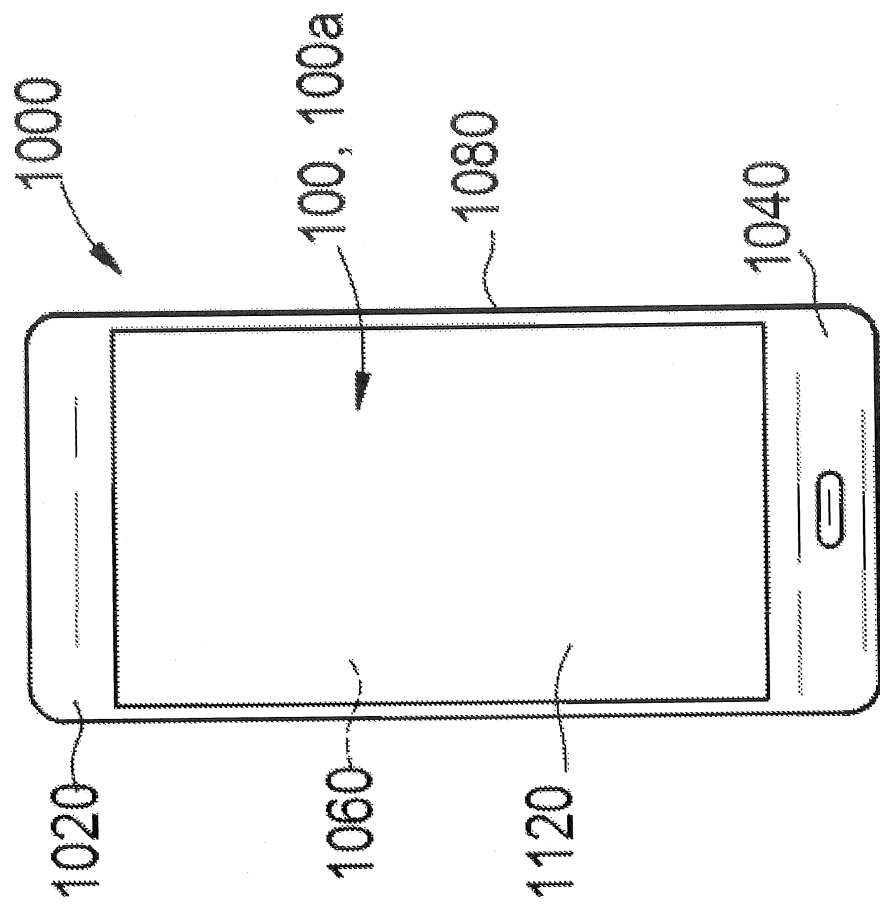


FIG. 9B



10/21

FIG. 10



11/21

FIG. 11

Sơ lược về aROA
95% CI cho giá trị trung bình

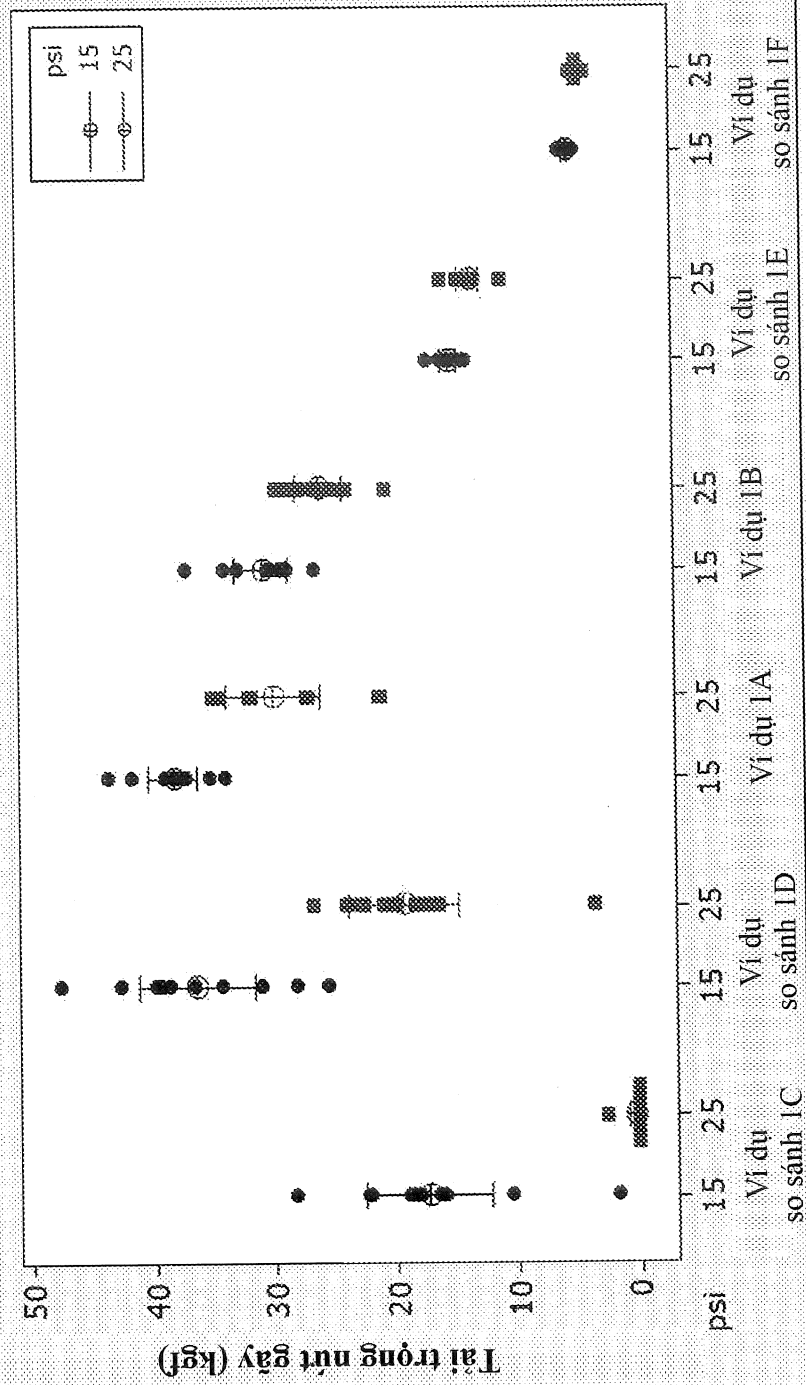
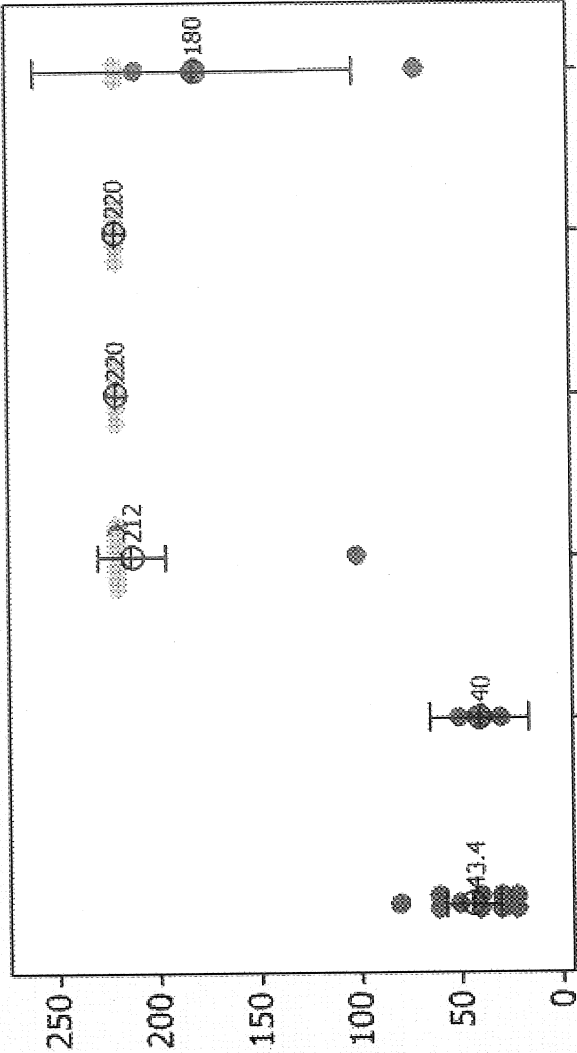


FIG. 12

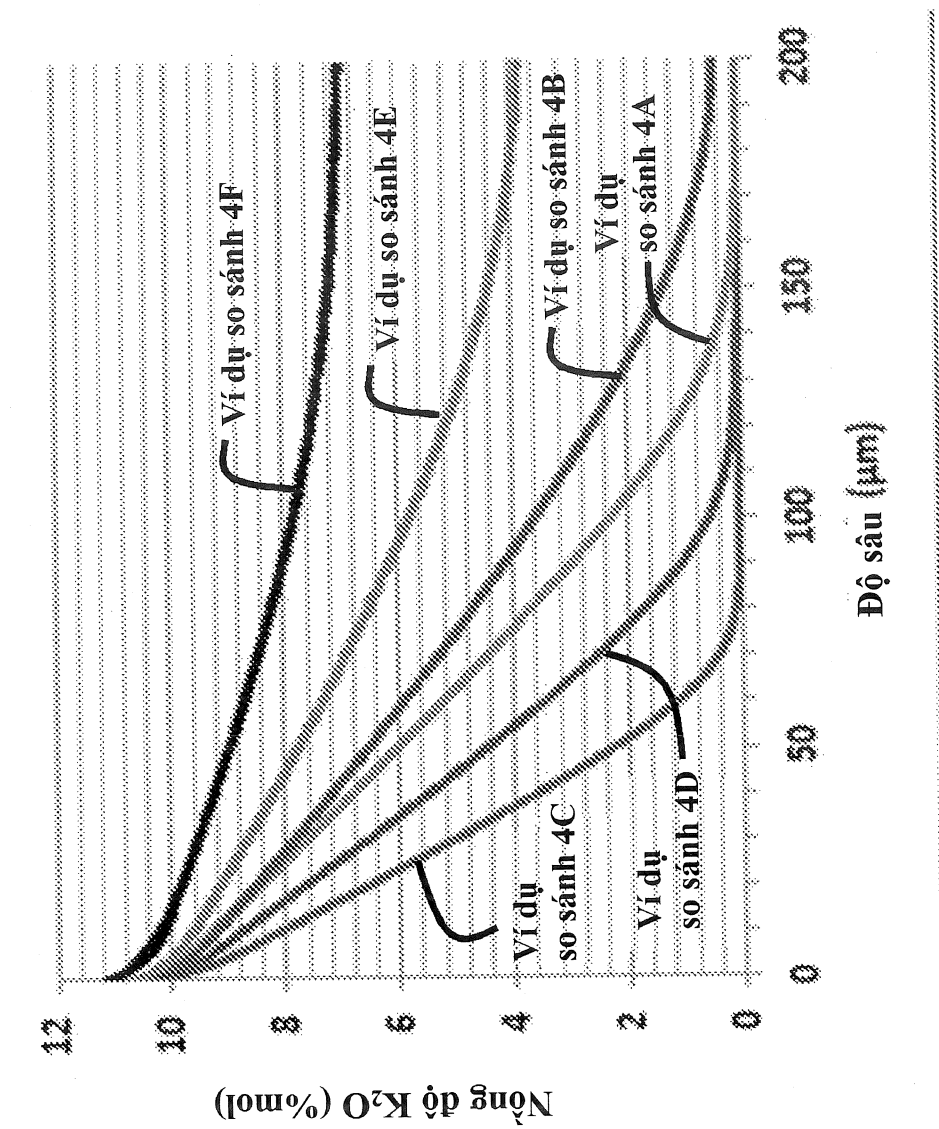
Thả rơi ở độ cao tăng dần trên giấy nhám 30 grit
95% CI cho giá trị trung bình
Độ dày của thủy tinh 1,0 mm



CS (MPa)/DOL (um)	CT (MPa)/DOC (um)	Nhiệt độ (oC)/Thời gian (giờ)	trao đổi ion	VÍ DỤ
-	-	-	-	Ví dụ so sánh 2D
-	-	390-3.5	Ví dụ so sánh 2	
128/160	430-24	Ví dụ 2A		
153/200	430-29	Ví dụ 2B		
139/200	430-33	Ví dụ 2C		
-	-	-	-	Ví dụ so sánh 2F
-	-	-	-	430-48

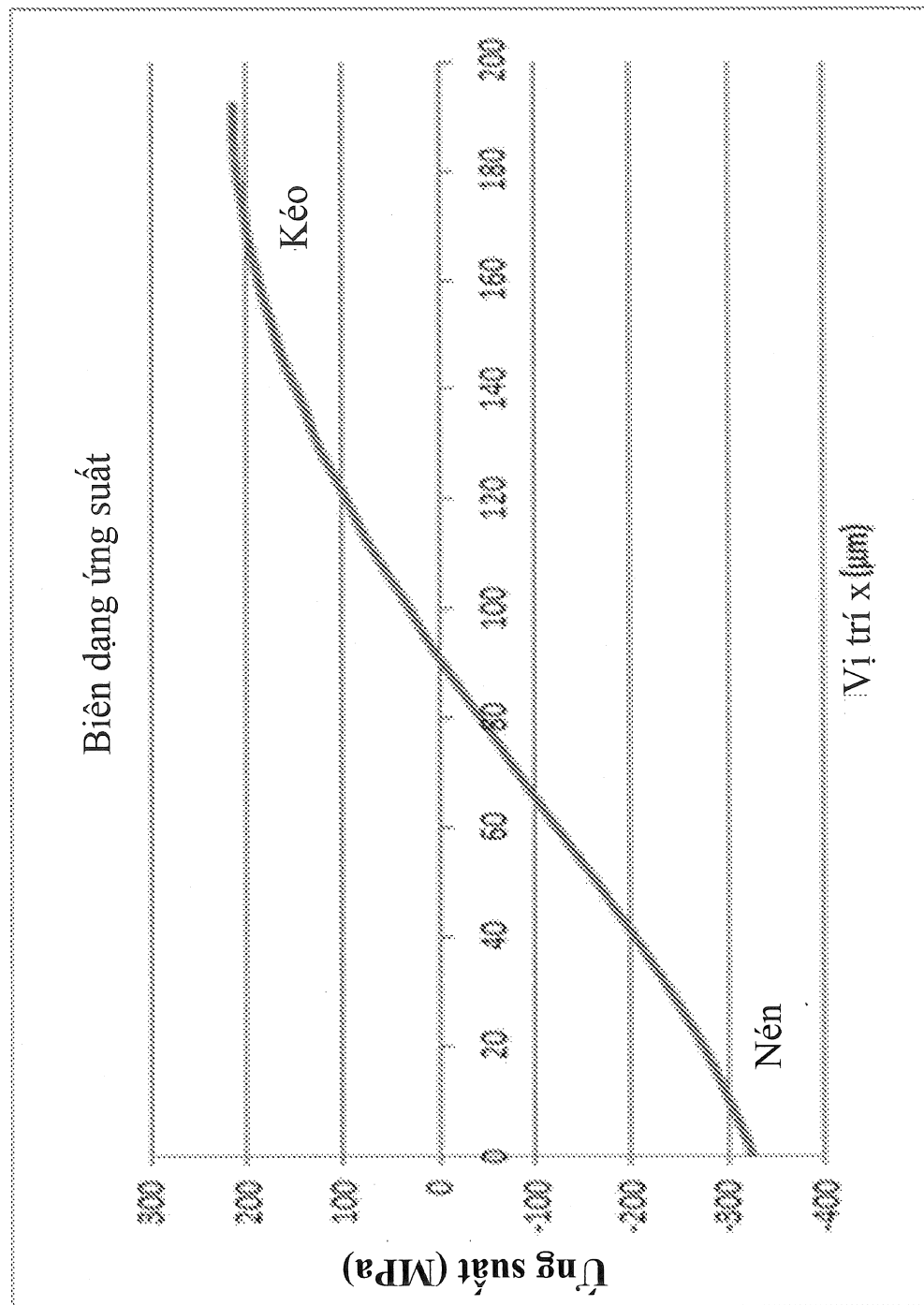
13/21

FIG. 13

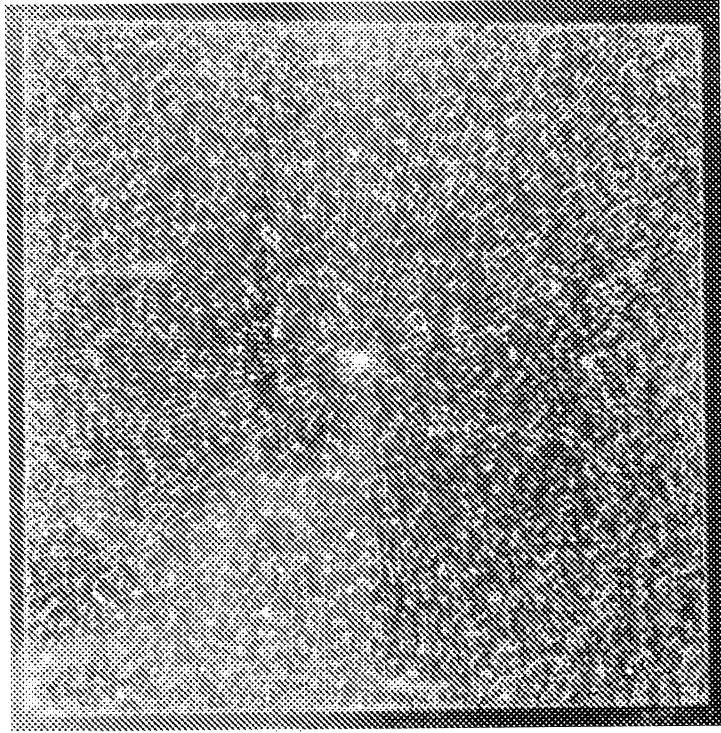
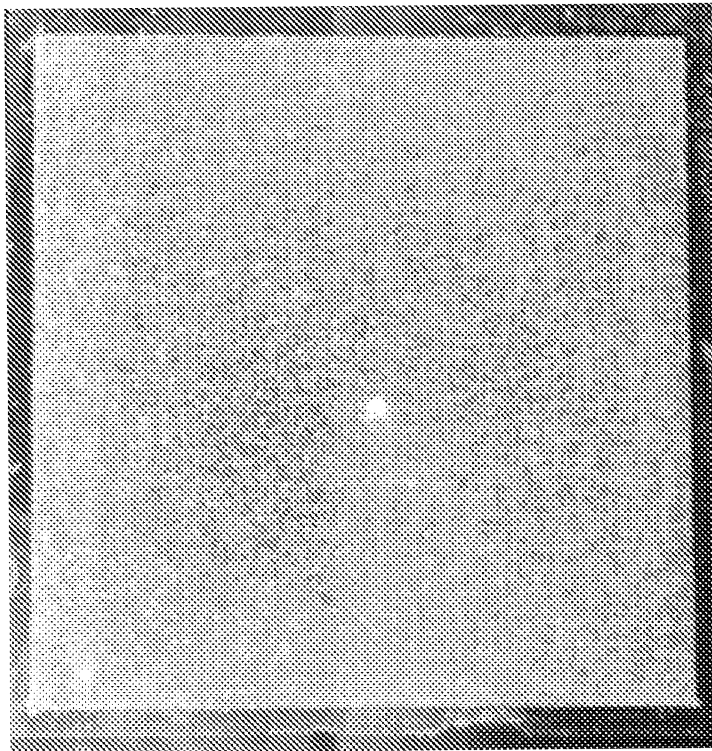


14/21

FIG. 14



15/21

FIG. 15B**FIG. 15A**

16/21

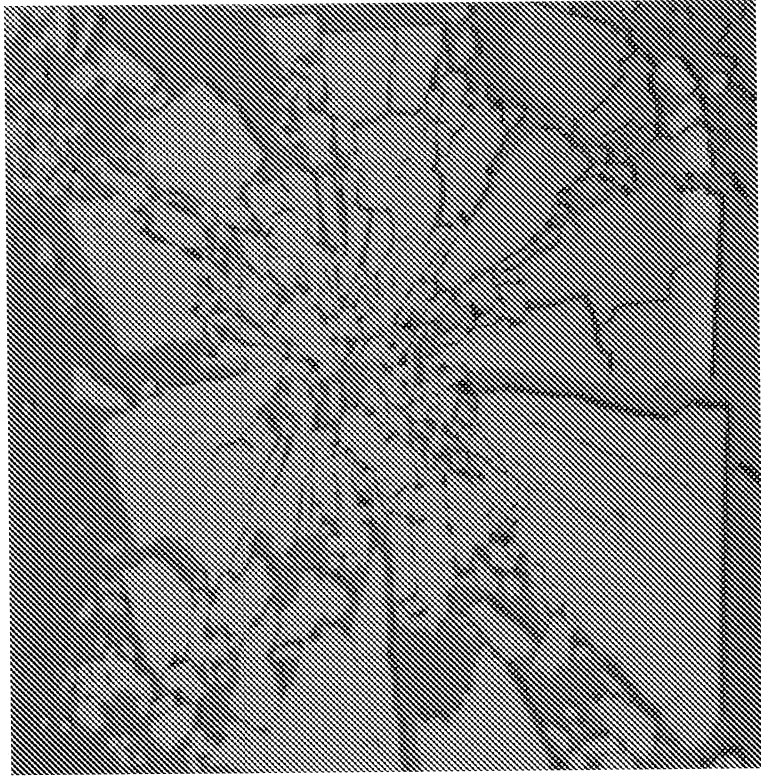
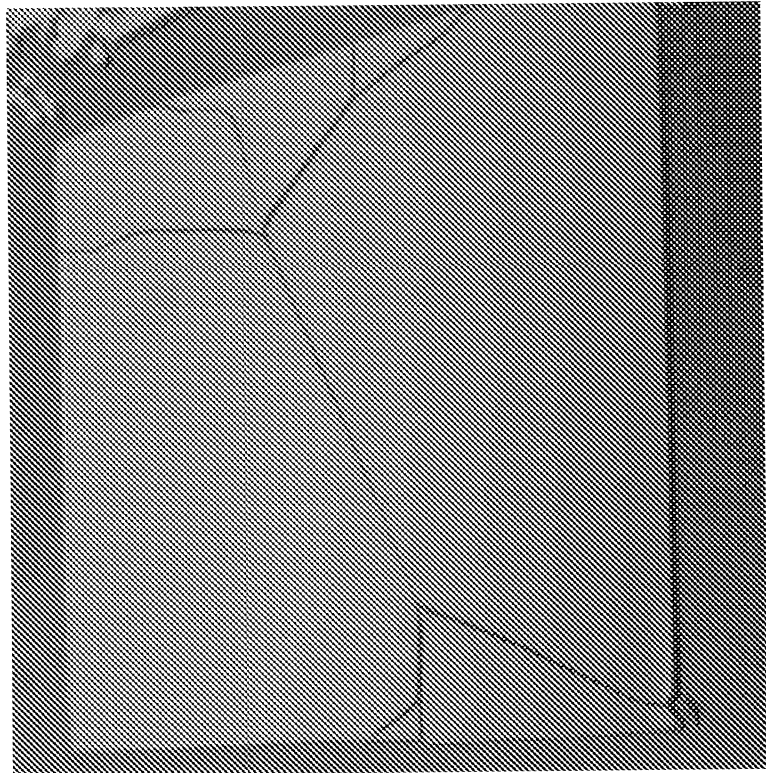
FIG. 15D**FIG. 15C**

FIG. 16A

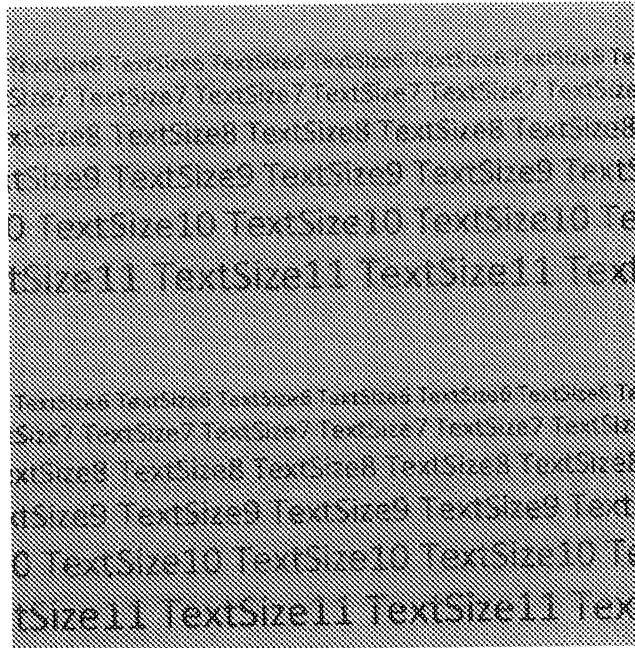
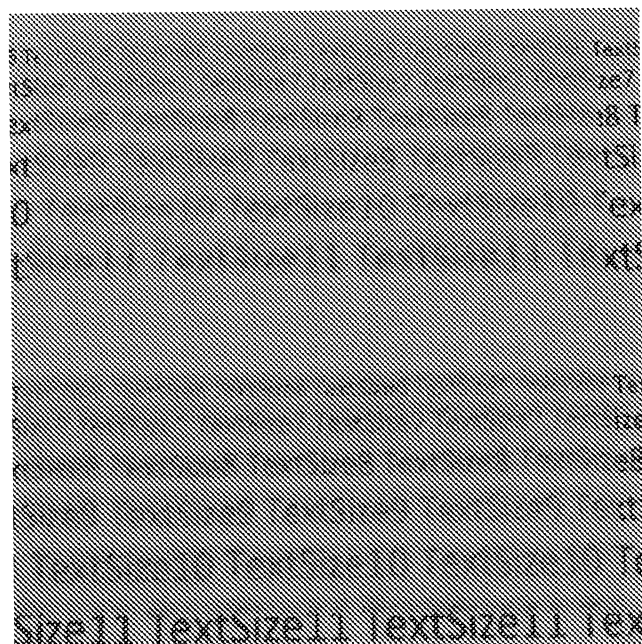


FIG. 16B



18/21

FIG. 16C

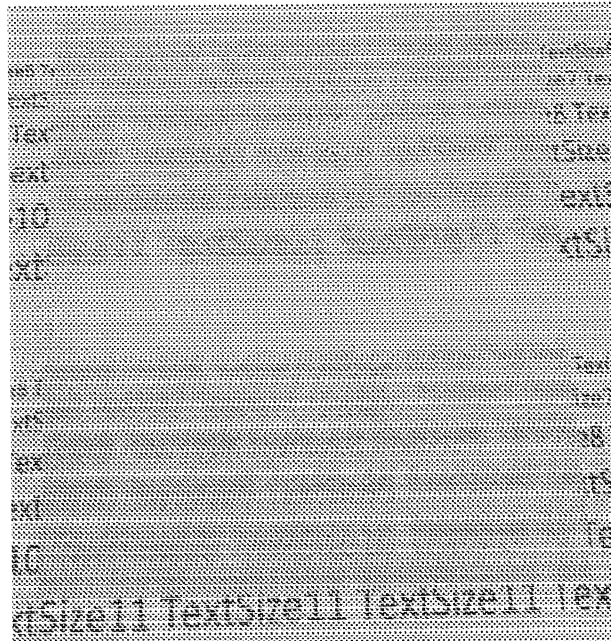
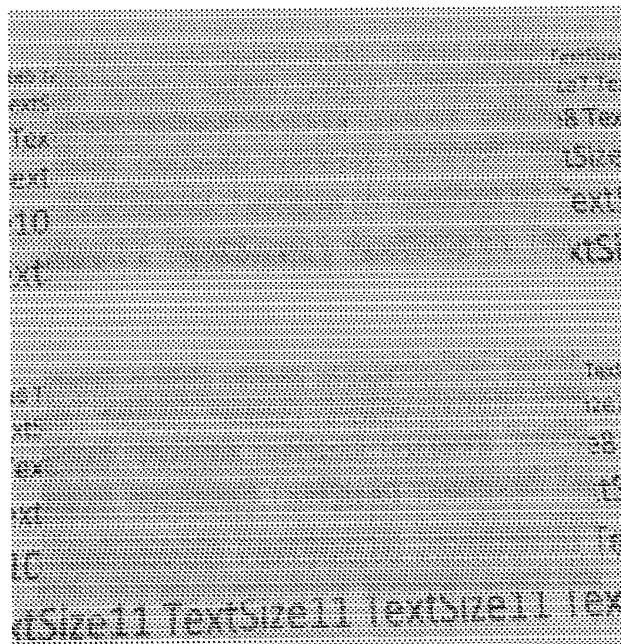
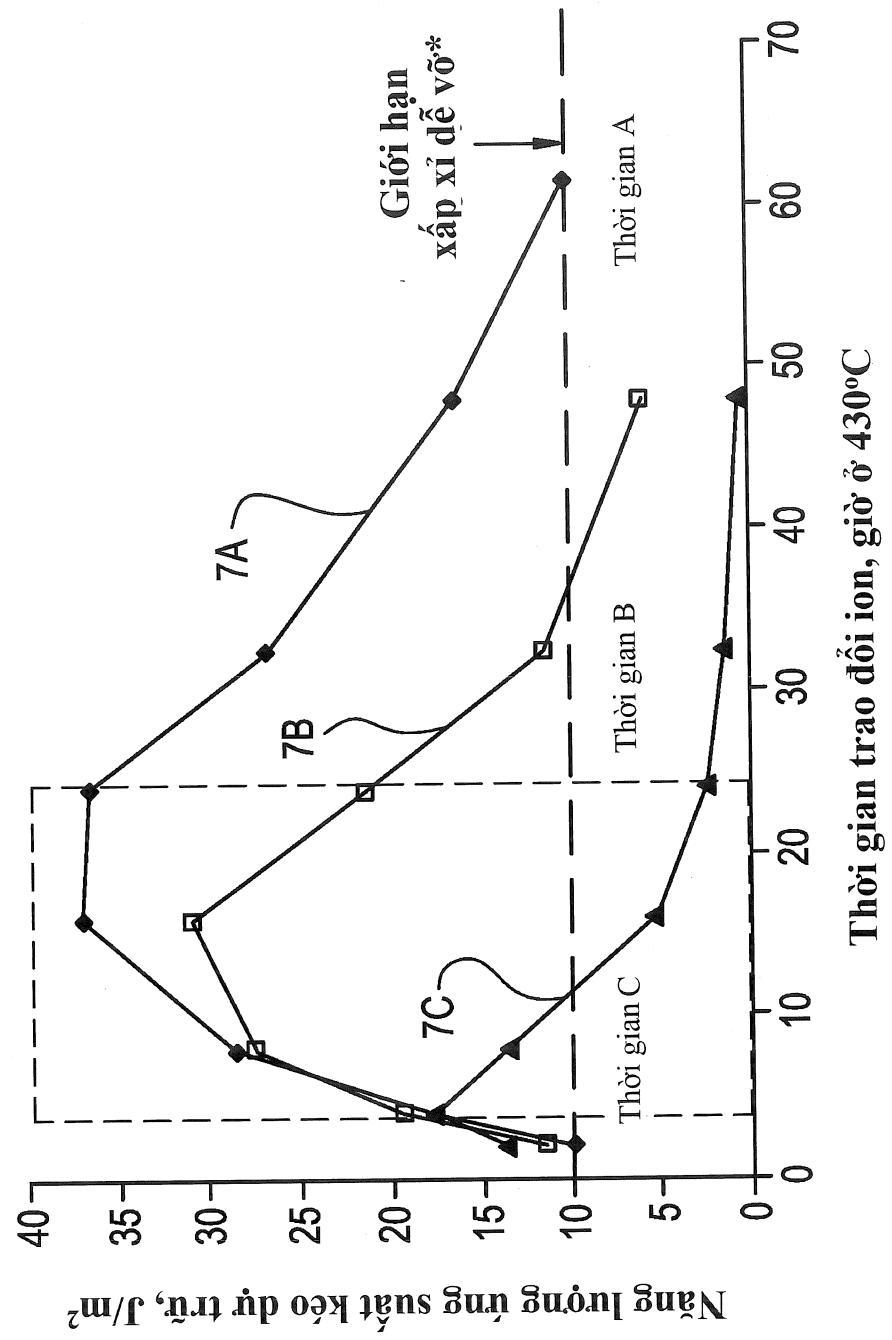


FIG. 16D



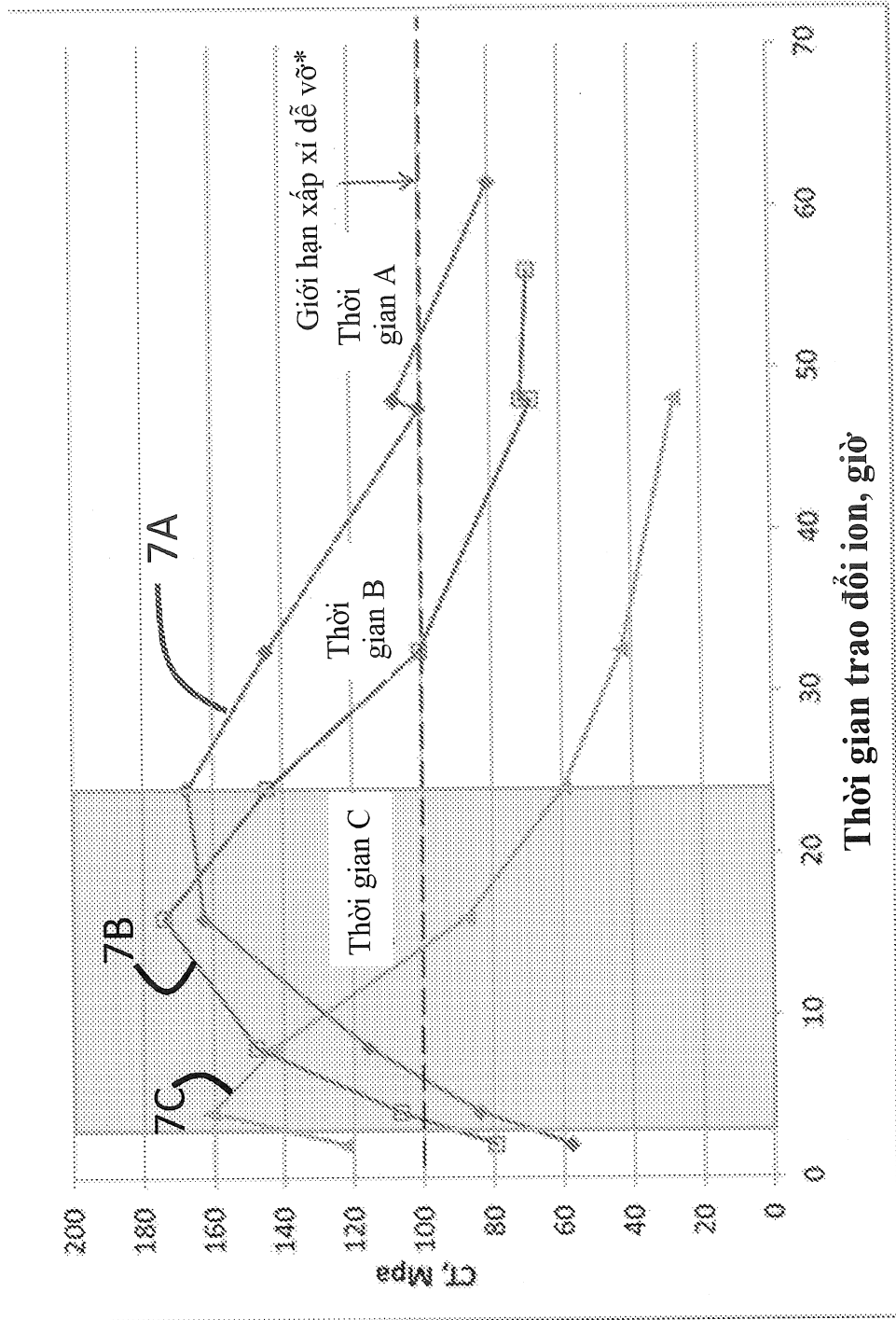
19/21

FIG. 17



20/21

FIG. 18



21/21

FIG. 19

