



(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)



1-0024201

(51)⁷ B32B 17/00; C03C 15/00; C03C 17/32; (13) B
H05K 1/03; G02F 1/1333; G06F 1/16;
H04M 1/02; H05K 1/02; B32B 17/10;
C03C 21/00

(21) 1-2016-01116

(22) 22/01/2015

(86) PCT/US2015/012414 22/01/2015

(87) WO2015/116466 06/08/2015

(30) 61/932,924 29/01/2014 US; 61/974,732 03/04/2014 US; 62/090,604 11/12/2014 US

(45) 25/06/2020 387

(43) 27/06/2016 339A

(73) CORNING INCORPORATED (US)

1 Riverfront Plaza, Corning, NY 14831, United States of America

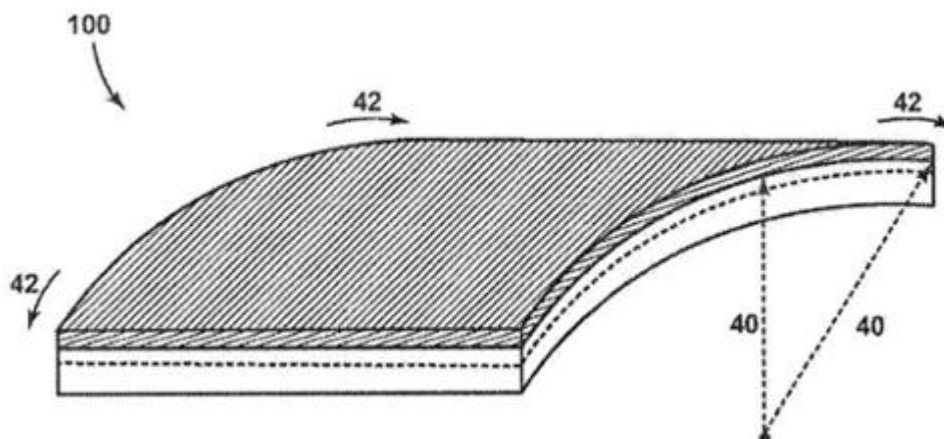
(72) CHANG, Theresa (US); CHU, Polly, Wanda (US); DONOVAN, Michael, Patrick (US); ELLISON, Adam, James (US); CROSS, Timothy, Michael (US); HU, Guangli (CN); KUDVA, Gautam, Narendra (US); SMITH, Nicholas, James (US).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

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

(57) Sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh bao gồm chi tiết thủy tinh có chiều dày nằm trong khoảng từ 25 μ m đến 125 μ m, chi tiết thủy tinh này bao gồm bề mặt cơ sở thứ nhất, bề mặt cơ sở thứ hai và vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất đến độ dày thứ nhất, vùng ứng suất này được xác định bởi ứng suất nén σ_I ít nhất khoảng 100MPa ở bề mặt cơ sở thứ nhất. Ngoài ra, chi tiết thủy tinh còn có profin ứng suất sao cho khi chi tiết thủy tinh này được uốn đến bán kính uốn đích từ 1mm đến 20mm, với tâm uốn nằm bên cạnh bề mặt cơ sở thứ hai để gây ra ứng suất uốn σ_B ở bề mặt cơ sở thứ nhất, $\sigma_I + \sigma_B < 0$. Hơn nữa, chi tiết thủy tinh cũng có độ bền đánh thùng $\geq 1,5\text{kgf}$ (14,72N) khi bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh được tải với viên bi làm bằng vonfram cacbua có đường kính 1,5mm.

Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến thiết bị điện tử gập được bao gồm vật phẩm thủy tinh nêu trên.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế nhìn chung đề cập đến các bộ phận lắp ráp xếp chồng bằng thủy tinh, các chi tiết và các lớp và các phương pháp khác nhau để sản xuất chúng. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến các thành phần này ở dạng có thể uốn được và bền với sự đánh thủng và phương pháp sản xuất chúng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các dạng mềm dẻo của sản phẩm và các thành phần mà thường là cứng về mặt bản chất đã được đề xuất cho các ứng dụng mới. Ví dụ, các thiết bị điện tử mềm dẻo có thể có các đặc tính mỏng, nhẹ và linh hoạt, từ đó đem đến các cơ hội cho các ứng dụng mới, ví dụ các màn hình cong và các thiết bị có thể mang đi được. Nhiều thiết bị điện tử dẻo yêu cầu các chất dẻo để giữ và gá các chi tiết của các thiết bị này. Các lá kim loại có một số ưu điểm là độ ổn định nhiệt và chịu hóa chất, nhưng có chi phí cao và thiếu độ trong suốt quang học. Các lá polyme có một số ưu điểm là tính bền với hồng hóc do môi, nhưng lại có độ trong suốt quang học cận biên, thiếu sự ổn định nhiệt và độ kín giới hạn.

Một số các thiết bị điện tử này cũng có thể tận dụng các màn hình mềm dẻo. Độ trong suốt quang học và tính ổn định nhiệt thường là các đặc tính quan trọng cho các ứng dụng màn hình mềm dẻo. Ngoài ra, các màn hình mềm dẻo nên có độ bền đánh thủng và chống mỏi cao, bao gồm độ bền chống hồng hóc ở các bán kính uốn nhỏ, đặc biệt là đối với các màn hình bao gồm màn hình cảm ứng và/hoặc gập được.

Các vật liệu thủy tinh mềm dẻo thông thường có nhiều đặc tính cần thiết cho vật nền mềm dẻo và/hoặc các ứng dụng hiển thị. Tuy nhiên, các nỗ lực đối với vật liệu thủy tinh cứng cho các ứng dụng này đã không thành công cho đến thời điểm hiện nay. Thông thường, các nền thủy tinh có thể được gia công đến mức rất mỏng ($< 25 \mu\text{m}$) để đạt được bán kính ngày càng uốn nhỏ hơn. Các nền thủy tinh “mỏng” lại có độ bền với sự đánh thủng bị hạn chế. Đồng thời, các nền dày hơn ($> 150 \mu\text{m}$) có thể được chế tạo với tính bền với sự đánh thủng tốt hơn, nhưng những nền này thiếu tính bền kéo, uốn và độ tin cậy về mặt cơ khí thích hợp khi uốn.

Do đó, có nhu cầu đối với các vật liệu thủy tinh, các chi tiết và bộ phận lắp ráp để sử dụng chắc chắn trong nền mềm dẻo và/hoặc các ứng dụng và chức năng hiển thị, cụ thể là cho các ứng dụng thiết bị điện tử mềm dẻo.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất bộ phận lắp ráp xếp chồng bao gồm: chi tiết thủy tinh có độ dày từ khoảng 25 μm đến khoảng 125 μm , bề mặt cơ sở thứ nhất và bề mặt cơ sở thứ hai, chi tiết thủy tinh còn bao gồm: (a) lớp thủy tinh thứ nhất có bề mặt cơ sở thứ nhất; và (b) vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh đối với độ dày thứ nhất trong lớp thủy tinh, vùng được xác định bằng cách nén ép ít nhất khoảng 100 MPa lên bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp. Chi tiết thủy tinh được đặc trưng bởi: (a) không có hỏng hóc khi chi tiết được giữ ở bán kính uốn từ khoảng 3 mm đến khoảng 20 mm trong ít nhất 60 phút ở khoảng 25°C và độ ẩm tương đối khoảng 50%; (b) độ bền đánh thủng lớn hơn khoảng 1,5 kgf (14,72N) khi bề mặt cơ sở thứ hai của chi tiết được đỡ bởi (i) xấp xỉ 25 μm chiều dày chất kết dính nhạy áp suất có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 1 GPa và (ii) xấp xỉ 50 μm chiều dày lớp polyetylen terephtalat có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 10 GPa, và bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp được tải với viên thép không gỉ có đáy phẳng với đường kính 200 μm ; và (c) độ cứng bút chì bằng hoặc lớn hơn 8H.

Theo một phương án thực hiện, sáng chế đề xuất thiết bị điện tử có thể gập được bao gồm thiết bị điện tử có chi tiết có thể gập được. Chi tiết có thể gập được bao gồm bộ phận lắp ráp xếp chồng theo khía cạnh thứ nhất. Theo các khía cạnh cụ thể, chi tiết gập được có thể bao gồm màn hình, bảng mạch in, vỏ và các chi tiết khác của thiết bị điện tử.

Trong một số phương án, chi tiết thủy tinh có thể còn bao gồm một hoặc nhiều lớp thủy tinh bổ sung và một hoặc nhiều vùng ứng suất nén bố trí ở dưới lớp thủy tinh thứ nhất. Ví dụ, chi tiết thủy tinh có thể bao gồm hai, ba, bốn hoặc nhiều hơn các lớp thủy tinh bổ sung với các vùng ứng suất nén tương ứng bên dưới lớp thủy tinh thứ nhất.

Theo khía cạnh bổ sung, sáng chế đề xuất vật phẩm thủy tinh bao gồm: lớp thủy tinh có độ dày từ khoảng 25 μm đến khoảng 125 μm , lớp này còn bao gồm: (a) bề mặt cơ sở thứ nhất; (b) bề mặt cơ sở thứ hai; và (c) vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt cơ

sở thứ nhất của lớp thủy tinh đến độ dày thứ nhất trong lớp thủy tinh, vùng này được xác định bằng cách nén ép ít nhất khoảng 100MPa lên bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp. Lớp thủy tinh này được đặc trưng bởi: (a) không có hỏng hóc khi lớp được giữ ở bán kính uốn từ khoảng 3 mm đến khoảng 20 mm trong ít nhất 60 phút ở khoảng 25°C và độ ẩm tương đối khoảng 50%; (b) độ bền đánh thủng lớn hơn khoảng 1,5 kgf (14,72N) khi bề mặt cơ sở thứ hai của lớp được đỡ bởi (i) xấp xỉ 25 μm chiều dày chất kết dính nhạy áp suất có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 1 GPa và (ii) xấp xỉ 50 μm chiều dày lớp polyetylen terephthalat có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 10 GPa, và bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp được tải với viên thép không gỉ có đáy phẳng với đường kính 200 μm ; và (c) độ cứng bút chì bằng hoặc lớn hơn 8H.

Theo các khía cạnh cụ thể, vật phẩm thủy tinh nêu trên có thể còn bao gồm cấu trúc thủy tinh có độ dày lớn hơn độ dày của lớp thủy tinh và hai bề mặt cạnh về cơ bản song song, cấu trúc này bao gồm lớp thủy tinh, trong đó lớp được bố trí ở vùng trung tâm của cấu trúc, giữa các bề mặt cạnh về cơ bản song song.

Trong một số phương án, lớp thủy tinh bao gồm chế phẩm thủy tinh aluminosilicat, bo silicat, bo aluminosilicat hoặc silicat có chứa hoặc không chứa kiềm. Độ dày của lớp thủy tinh có thể nằm trong khoảng từ 50 μm đến khoảng 100 μm . Độ dày này cũng có thể nằm trong khoảng từ 60 μm đến khoảng 80 μm , theo một số khía cạnh.

Trong một số phương án, bán kính uốn của chi tiết thủy tinh hoặc lớp thủy tinh có thể từ khoảng 3 mm đến khoảng 20 mm. Theo các khía cạnh khác, bán kính uốn có thể từ khoảng 3 mm đến khoảng 10 mm. Bán kính uốn của lớp thủy tinh có thể từ khoảng 1 mm đến khoảng 5 mm theo một số phương án. Ngoài ra, bán kính uốn cũng có thể từ khoảng 5 mm đến khoảng 7 mm.

Theo các khía cạnh nhất định, bộ phận lắp ráp xếp chồng có thể còn bao gồm lớp thứ hai có hệ số ma sát thấp được bố trí trên bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh hoặc lớp thủy tinh. Theo các khía cạnh nhất định, lớp thứ hai có thể là lớp phủ chứa vật liệu flo cacbon được chọn từ nhóm bao gồm các chất dẻo nhiệt và các flo cacbon vô định hình. Lớp thứ hai cũng có thể là lớp phủ chứa một hoặc nhiều nhóm bao gồm silicon, sáp, polyetylen, vật liệu làm đầu nóng (hot-end), parylen và chế phẩm phủ như kim cương. Ngoài ra, lớp thứ hai có thể là lớp phủ chứa vật liệu được chọn từ

nhóm chỉ bao gồm kẽm oxit, molybden disulfua, vonfram disulfua, bo nitrua có cấu trúc lục lăng (hexagonal boron nitride) và nhôm magie borua. Theo một số phương án, lớp thứ hai có thể là lớp phủ chứa chất phụ gia được chọn từ nhóm chỉ bao gồm kẽm oxit, molybden disulfua, vonfram disulfua, khối bo nitrua, và nhôm magie borua.

Theo một số khía cạnh, lực nén ép trong vùng ứng suất nén ở bề mặt cơ sở thứ nhất là từ khoảng 600 MPa đến 1000 MPa. Vùng ứng suất nén cũng có thể có kích thước vết rạn tối đa 5 μm hoặc nhỏ hơn ở bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh. Trong các trường hợp cụ thể, vùng ứng suất nén có kích thước vết rạn tối đa là 2,5 μm hoặc nhỏ hơn, hoặc thậm chí là thấp đến khoảng 0,4 μm hoặc nhỏ hơn.

Theo các khía cạnh khác, vùng ứng suất nén chứa nhiều ion kim loại có khả năng trao đổi ion, các ion kim loại có khả năng trao đổi ion được lựa chọn sao cho tạo ứng suất nén. Theo một số khía cạnh, các ion kim loại được trao đổi ion có bán kính nguyên tử lớn hơn bán kính nguyên tử của các ion kim loại có khả năng trao đổi ion. Theo khía cạnh khác, lớp thủy tinh có thể còn bao gồm vùng lõi và vùng mạ thứ nhất và thứ hai được bố trí trên vùng lõi, và ngoài ra trong đó hệ số giãn nở nhiệt của vùng lõi là lớn hơn so với hệ số giãn nở nhiệt cho các vùng mạ.

Theo khía cạnh bổ sung, sáng chế đề xuất vật phẩm thủy tinh bao gồm: lớp thủy tinh có độ dày, bề mặt cơ sở thứ nhất và bề mặt cơ sở thứ hai. Lớp thủy tinh này được đặc trưng bởi: (a) không có hỏng hóc khi lớp được giữ ở bán kính uốn từ khoảng 1 mm đến khoảng 5 mm trong ít nhất 60 phút ở khoảng 25°C và độ ẩm tương đối khoảng 50%; (b) độ bền đánh thủng lớn hơn khoảng 1,5 kgf (14,72N) khi bề mặt cơ sở thứ hai của lớp được hỗ trợ bởi (i) xấp xỉ 25 μm chiều dày chất kết dính nhạy áp suất có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 1 GPa và (ii) xấp xỉ 50 μm chiều dày lớp polyetylen terephthalat có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 10 GPa, và bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp được tải với viên thép không gỉ có đáy phẳng với đường kính 200 μm ; và (c) độ cứng bút chì bằng hoặc lớn hơn 8H. Vật phẩm thủy tinh cũng bao gồm cấu trúc thủy tinh có độ dày lớn hơn độ dày của lớp thủy tinh và hai bề mặt cạnh về cơ bản song song. Cấu trúc này bao gồm lớp thủy tinh và lớp được sắp xếp trong vùng trung tâm của cấu trúc, giữa các bề mặt cạnh về cơ bản song song nêu trên. Theo một số khía cạnh, độ dày của cấu trúc thủy tinh có thể bằng hoặc lớn hơn 125 μm . Theo khía cạnh bổ sung, độ dày của lớp thủy tinh có thể được thiết lập từ khoảng 20 μm đến khoảng

125 μm để thu được bán kính uốn. Theo phương án làm ví dụ, độ dày của lớp thủy tinh có thể được thiết lập từ khoảng 20 μm đến khoảng 30 μm để thu được bán kính uốn.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp tạo ra bộ phận lắp ráp xếp chồng bao gồm các bước: tạo thành lớp thủy tinh thứ nhất có bề mặt cơ sở thứ nhất, vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh đến độ dày thứ nhất trong lớp thủy tinh, và độ dày cuối, trong đó vùng được xác định bởi nén ép ít nhất khoảng 100 MPa lên bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp; và tạo thành chi tiết thủy tinh có độ dày từ khoảng 25 μm đến khoảng 125 μm , chi tiết này còn bao gồm lớp thủy tinh, bề mặt cơ sở thứ nhất và bề mặt cơ sở thứ hai. Chi tiết thủy tinh này được đặc trưng bởi: (a) không có hỏng hóc khi chi tiết được giữ ở bán kính uốn từ khoảng 3 mm đến khoảng 20 mm trong ít nhất 60 phút ở khoảng 25°C và độ ẩm tương đối khoảng 50%; (b) độ bền đánh thủng lớn hơn khoảng 1,5 kgf (14,72N) khi bề mặt cơ sở thứ hai của chi tiết được hỗ trợ bởi (i) xấp xỉ 25 μm chiều dày chất kết dính nhạy áp suất có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 1 GPa và (ii) xấp xỉ 50 μm chiều dày lớp polyetylen terephthalat có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 10 GPa, và bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp được tải với viên thép không gỉ có đáy phẳng với đường kính 200 μm ; và (c) độ cứng bút chì bằng hoặc lớn hơn 8H.

Trong một số phương án, phương pháp tạo lớp thủy tinh thứ nhất có thể bao gồm quy trình tạo hình được chọn từ nhóm chỉ bao gồm: các quy trình hợp nhất, kéo ren, cán, kéo ngược và nổi, quy trình tạo hình còn được thiết lập để tạo ra lớp thủy tinh đến độ dày cuối cùng. Các quy trình tạo hình khác có thể được sử dụng phụ thuộc vào yếu tố tạo hình cuối cho lớp thủy tinh và/hoặc các kích thước trung gian của sản phẩm thủy tinh tiền thân được sử dụng cho lớp thủy tinh cuối. Quy trình tạo hình có thể bao gồm bước loại bỏ vật liệu được thiết lập để loại bỏ vật liệu từ lớp thủy tinh để đạt đến độ dày cuối.

Theo một số khía cạnh của phương pháp, bước tạo vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh đến độ dày thứ nhất trong lớp thủy tinh bao gồm: tạo ra bể làm bền chứa nhiều ion kim loại trao đổi ion có kích thước bán kính nguyên tử lớn hơn bán kính nguyên tử của nhiều ion kim loại có thể trao đổi ion chứa trong lớp thủy tinh; và nhúng chìm lớp thủy tinh trong bể làm bền để trao đổi một phần của các ion kim loại có thể trao đổi ion trong lớp thủy tinh với một phần các ion kim loại trao đổi ion trong bể làm bền để tạo thành vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt cơ

sở thứ nhất đến độ dày thứ nhất trong lớp thủy tinh. Trong các trường hợp cụ thể, bước nhúng chìm bao gồm bước nhúng chìm lớp thủy tinh trong bể làm bền ở khoảng 400°C đến khoảng 450°C trong khoảng 15 phút đến khoảng 180 phút.

Trong các phương án cụ thể, phương pháp nêu trên cũng có thể bao gồm bước loại bỏ từ khoảng 1 μm đến khoảng 5 μm từ độ dày cuối của lớp thủy tinh ở bề mặt cơ sở thứ nhất sau khi vùng ứng suất nén được tạo thành. Bước loại bỏ cũng có thể được thực hiện sao cho vùng ứng suất nén có kích thước vết rạn tối đa là 5 μm hoặc nhỏ hơn trên bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh. Bước loại bỏ cũng có thể được thực hiện sao cho vùng ứng suất nén có kích thước vết rạn tối đa là 2,5 μm hoặc nhỏ hơn, hoặc thậm chí đến 4 μm hoặc nhỏ hơn trên bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh.

Các chi tiết bổ sung và ưu điểm sẽ được thể hiện trong phần mô tả chi tiết dưới đây, và trong các phần của nó sẽ là rất rõ ràng với người có trình độ trung bình trong lĩnh vực từ phần mô tả đó hoặc được thừa nhận bằng cách thực hành các phương án như được mô tả dưới đây, bao gồm các mô tả chi tiết dưới đây, các điểm 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 không nhằm để đưa ra 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 bao gồm 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 minh họa một hoặc nhiều phương án, và cùng với phần mô tả để giải thích các nguyên tắc và việc thực hiện các phương án khác nhau. Các thuật ngữ định hướng được dùng ở đây, ví dụ, lên trên, xuống dưới, trái, phải, trước, sau, trên, dưới, được đưa ra chỉ với sự tham khảo đến các hình vẽ và không nhằm bao hàm sự định hướng tuyệt đối.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ phối cảnh bộ phận lắp ráp xếp chồng bao gồm chi tiết thủy tinh với lớp thủy tinh theo một khía cạnh của sáng chế.

Fig.1A là hình vẽ phối cảnh bộ phận lắp ráp xếp chồng được thể hiện trên Fig.1 chịu lực uốn.

Fig.1B là hình vẽ mặt cắt của bộ phận lắp ráp xếp chồng được thể hiện trên Fig.1.

Fig.1C là hình vẽ mặt cắt của bộ phận lắp ráp xếp chồng bao gồm chi tiết thủy tinh với vùng ứng suất nén được tạo ra bởi quy trình trao đổi ion theo khía cạnh khác của sáng chế.

Fig. 1D là hình vẽ mặt cắt của bộ phận lắp ráp xếp chồng bao gồm chi tiết thủy tinh có lớp thủy tinh với vùng lõi và hai vùng phủ theo khía cạnh của sáng chế.

Fig.2 là hình vẽ phối cảnh bộ phận lắp ráp xếp chồng bao gồm chi tiết thủy tinh với ba lớp thủy tinh theo khía cạnh khác của sáng chế.

Fig.2A là hình vẽ phối cảnh bộ phận lắp ráp xếp chồng được thể hiện trên Fig.2 chịu lực uốn.

Fig.3 là hình vẽ phối cảnh bộ phận lắp ráp xếp chồng bao gồm cấu trúc thủy tinh và chi tiết thủy tinh theo khía cạnh của sáng chế.

Fig.3A là hình vẽ phối cảnh bộ phận lắp ráp xếp chồng được thể hiện trên Fig.3 chịu lực uốn.

Fig.3B là hình vẽ mặt cắt của chi tiết lắp ráp xếp chồng được thể hiện trên Fig.3.

Fig.4 là hình vẽ phối cảnh bộ phận lắp ráp xếp chồng bao gồm cấu trúc thủy tinh và chi tiết thủy tinh theo khía cạnh của sáng chế.

Fig.4A là hình vẽ phối cảnh bộ phận lắp ráp xếp chồng được thể hiện trên Fig.4 chịu lực uốn.

Fig.4B là hình vẽ mặt cắt của bộ phận lắp ráp xếp chồng được thể hiện trên Fig.4.

Fig.5 là đồ thị được thiết lập trên dữ liệu thử nghiệm tải gây hỏng hóc bằng đánh thủng là hàm số của độ dày của lớp thủy tinh theo khía cạnh của sáng chế.

Fig.6A là đồ thị thể hiện lực nén ép theo chiều sâu ở mẫu thủy tinh dày 75 μm sau khi quy trình trao đổi ion được thực hiện theo khía cạnh của sáng chế.

Fig.6B là đồ thị thể hiện lực nén ép theo chiều sâu ở mẫu thủy tinh dày 75 μm sau bước trao đổi ion và bước khắc axit nhẹ theo khía cạnh của sáng chế.

Fig.7A là đồ thị giản lược thể hiện các yếu tố về cường độ lực ép ước lượng đối với các lớp thủy tinh chứa ba thành phần có độ dày là 25, 50 và 100 μm và bán kính uốn là 3, 5 và 7 mm.

Fig.7B là đồ thị giản lược thể hiện các yếu tố về cường độ lực ép ước lượng đối với các lớp thủy tinh chứa ba thành phần có độ dày 50 μm và bán kính uốn 5 mm, có hoặc không có vùng ứng suất nén, theo khía cạnh của sáng chế.

Fig.8 là đồ thị giản lược thể hiện các mức lực ép tối đa ước lượng ở bề mặt của các lớp thủy tinh chứa một thành phần có độ dày 25, 50, 75 và 100 μm và bán kính uốn 5 mm, có hoặc không có vùng ứng suất nén được phát triển qua quy trình trao đổi ion, theo khía cạnh khác của sáng chế.

Fig.9 là đồ thị được thiết lập trên dữ liệu thử nghiệm tải gây hỏng hóc bằng đánh thủng đối với các lớp thủy tinh chứa một thành phần có độ dày 75 μm và vùng ứng suất nén được phát triển qua quy trình trao đổi ion, theo khía cạnh của sáng chế.

Fig.10 là đồ thị giản lược thể hiện các yếu tố về cường độ lực ép ước lượng cho các lớp thủy tinh chứa ba thành phần có độ dày 25, 50, 75 và 100 μm , bán kính uốn 10 và 20 mm, và vùng ứng suất nén phát triển qua việc không khớp hệ số giãn nở nhiệt giữa lõi và các vùng phủ của các lớp thủy tinh, theo khía cạnh khác của sáng chế.

Fig.11 là đồ thị Weibull về xác suất hỏng hóc theo tải trọng khi hỏng hóc của hai nhóm mẫu thủy tinh theo khía cạnh của sáng chế.

Fig.12 là hình vẽ thể hiện profin ứng suất đối với chi tiết thủy tinh theo các khía cạnh của sáng chế khi ứng suất nén thu được từ sự trao đổi ion kim loại giữa muối và thủy tinh.

Fig.13 là hình vẽ thể hiện profin ứng suất đối với chi tiết thủy tinh theo các khía cạnh của sáng chế khi chịu lực uốn.

Fig.14 là profin ứng suất thu được thể hiện các profin ứng suất được thể hiện trên Fig.12 và Fig.13 được kết hợp cùng nhau.

Fig.15 là đồ thị Weibull về xác suất hỏng hóc theo cường độ dưới hai điểm uốn của các mẫu thủy tinh khác nhau.

Fig.16 là đồ thị Weibull về xác suất hỏng hóc theo cường độ khi uốn hai điểm của các mẫu thủy tinh khác nhau sau khi tiếp xúc góc lập phương.

Fig.17 là mẫu thủy tinh theo các khía cạnh của sáng chế sau khi làm lõm với tác nhân làm lõm Vickers dưới 1 kgf (9,81N) tải trọng.

Fig.18 là mẫu thủy tinh theo các khía cạnh của sáng chế sau khi làm lõm với tác nhân làm lõm Vickers dưới 2 kgf (19,62N) tải trọng.

Fig.19 là mẫu thủy tinh so sánh sau khi làm lõm với tác nhân làm lõm Vickers dưới 1 kgf (9,81N) tải trọng.

Fig.20 là mẫu thủy tinh so sánh sau khi làm lõm với tác nhân làm lõm Vickers dưới 2 kgf (19,62N) tải trọng.

Fig.21 là sơ đồ bố trí thử nghiệm uốn hai điểm.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sự tham chiếu chi tiết được đưa ra với các phương án được ưu tiên, các ví dụ được minh họa trong các hình vẽ kèm theo. Nếu có thể, các số tham chiếu giống nhau được sử dụng trong các hình vẽ để đề cập đến các bộ phận giống hoặc tương tự nhau. Các khoảng có thể được biểu thị trong bản mô tả này là từ “khoảng” một giá trị cụ thể, và/hoặc đến “khoảng” giá trị cụ thể khác. Khi khoảng như vậy được biểu thị, phương án khác bao gồm từ một giá trị cụ thể và/hoặc đến giá trị cụ thể khác. Tương tự, khi các giá trị được biểu thị là các giá trị xấp xỉ, bằng cách sử dụng từ “khoảng” ở trước, cần được hiểu rằng giá trị cụ thể tạo thành phương án khác. Cũng được hiểu rằng các điểm cuối của mỗi khoảng là quan trọng cả khi liên quan đến điểm cuối khác, hay độc lập với điểm cuối khác.

Trong số các yếu tố và các lợi ích khác, các bộ phận lắp ráp xếp chồng, các chi tiết thủy tinh và các vật phẩm thủy tinh (và các phương pháp sản xuất chúng) theo sáng chế có độ tin cậy cơ khí (ví dụ, về sức căng và mỏi tĩnh) ở các bán kính uốn nhỏ cũng như có độ bền đánh thủng cao. Các bán kính uốn và độ bền đánh thủng nhỏ là có lợi khi bộ phận lắp ráp xếp chồng, chi tiết thủy tinh, và/hoặc vật phẩm thủy tinh, được sử dụng trong màn hình gập được, ví dụ, thiết bị trong đó một phần của màn hình bị gập bên trên phần khác của màn hình. Ví dụ, bộ phận lắp ráp xếp chồng, chi tiết thủy tinh và/hoặc vật phẩm thủy tinh, có thể được sử dụng làm một hoặc nhiều: vỏ của phần đối diện người dùng của màn hình gập được, khu vực trong đó độ bền đánh thủng là đặc biệt quan trọng; chất nền, được bố trí bên trong với thiết bị, trên đó các thành phần

điện tử được bố trí; hoặc ở nơi khác trong màn hình gấp được. Theo cách khác, bộ phận lắp ráp xếp chồng, chi tiết thủy tinh, và/hoặc vật phẩm thủy tinh, có thể được sử dụng trong thiết bị không có màn hình, nhưng thiết bị trong đó lớp thủy tinh được sử dụng vì các đặc tính có lợi của nó và được gấp, theo cách tương tự như trong màn hình gấp được, đến bán kính uốn nhỏ. Độ bền đánh thủng là đặc biệt có lợi khi bộ phận lắp ráp xếp chồng, chi tiết thủy tinh, và/hoặc vật phẩm thủy tinh, được sử dụng bên ngoài của thiết bị, trong đó người sử dụng sẽ tương tác với nó.

Tham chiếu đến Fig. 1 và 1B, bộ phận lắp ráp xếp chồng 100 được minh họa bao gồm chi tiết thủy tinh 50. Chi tiết thủy tinh 50 có độ dày chi tiết thủy tinh 52, bề mặt cơ sở thứ nhất 54 và bề mặt cơ sở thứ hai 56. Độ dày 52 có thể nằm trong khoảng từ có thể nằm trong khoảng từ khoảng 25 μm đến khoảng 125 μm theo một số khía cạnh Theo các khía cạnh khác, độ dày 52 có thể nằm trong khoảng từ khoảng 50 μm đến khoảng 100 μm , hoặc khoảng 60 μm đến khoảng 80 μm . Độ dày 52 cũng có thể được thiết lập ở độ dày khác giữa các khoảng nêu trên.

Chi tiết thủy tinh 50 bao gồm lớp thủy tinh 50a với bề mặt cơ sở thứ nhất 54a của lớp thủy tinh và bề mặt cơ sở thứ hai 56a của lớp thủy tinh. Thêm vào đó, lớp thủy tinh 50a cũng bao gồm các cạnh 58b, thường được bố trí ở các góc bên phải của các bề mặt cơ sở 54a và 56a. Lớp thủy tinh 50a còn được xác định bởi độ dày lớp thủy tinh 52a. Theo khía cạnh khác của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100 minh họa trên các FIG. 1 và 1B, chi tiết thủy tinh 50 bao gồm một lớp thủy tinh 50a. Kết quả là, độ dày lớp thủy tinh 52a có thể so sánh với độ dày chi tiết thủy tinh 52 cho bộ phận lắp ráp xếp chồng 100. Theo các khía cạnh khác, chi tiết thủy tinh 50 có thể bao gồm hai lớp thủy tinh 50a hoặc nhiều hơn (xem, ví dụ, bộ phận lắp ráp xếp chồng 100c trong Fig. 2 và phần mô tả tương ứng). Do đó, độ dày 52a của lớp thủy tinh 50a cũng có thể nằm trong khoảng từ 1 μm đến khoảng 125 μm . Ví dụ, chi tiết thủy tinh 50 có thể bao gồm ba lớp thủy tinh 50a, mỗi lớp có độ dày 52a là khoảng 8 μm . Trong ví dụ này, độ dày 52 của chi tiết thủy tinh 50 có thể là khoảng 24 μm . Tuy nhiên, nên hiểu rằng chi tiết thủy tinh 50 có thể bao gồm các lớp không phải là thủy tinh khác (ví dụ, các lớp polyme phù hợp) ngoài một hoặc nhiều lớp thủy tinh 50a.

Trong các FIG. 1 và 1B, lớp thủy tinh 50a có thể được chế tạo từ các chế phẩm aluminosilicat, bo silicat, bo aluminosilicat, và thủy tinh silicat không chứa kiềm. Lớp thủy tinh 50a có thể được chế tạo từ các chế phẩm aluminosilicat, bo silicat, bo

aluminosilicat, và thủy tinh silicat chứa kiềm. Trong các khía cạnh nhất định, các chất biến đổi là kiềm thổ có thể được thêm vào bất kỳ chế phẩm nào nêu trên để tạo lớp thủy tinh 50a. Trong một khía cạnh ví dụ, các chế phẩm thủy tinh sau đây là thích hợp cho lớp thủy tinh 50a: SiO_2 với lượng 64 đến 69% (theo %mol); Al_2O_3 với lượng 5 đến 12%; B_2O_3 với lượng 8 đến 23%; MgO với lượng 0,5 đến 2,5%; CaO với lượng 1 đến 9%; SrO với lượng 0 đến 5%; BaO với lượng 0 đến 5%; SnO_2 với lượng 0,1 đến 0,4%; ZrO_2 với lượng 0 đến 0,1%; và Na_2O với lượng 0 đến 1%. Trong một khía cạnh ví dụ khác, các chế phẩm sau đây là thích hợp cho lớp thủy tinh 50a: SiO_2 với lượng ~67,4% (theo %mol); Al_2O_3 với lượng ~12,7%; B_2O_3 với lượng ~3,7%; MgO với lượng ~2,4%; CaO với lượng 0%; SrO với lượng 0%; SnO_2 với lượng ~0,1%; và Na_2O với lượng ~13,7%. Trong một khía cạnh ví dụ khác, các chế phẩm sau đây là thích hợp cho lớp thủy tinh 50a: SiO_2 với lượng 68,9% (theo %mol); Al_2O_3 với lượng 10,3%; Na_2O với lượng 15,2%; MgO với lượng 5,4 %; và SnO_2 với lượng 0,2%. Trong một số khía cạnh, chế phẩm cho lớp thủy tinh 50a được lựa chọn với mô đun đàn hồi tương đối thấp (so với các thủy tinh thay thế khác). Mô đun đàn hồi thấp hơn trong lớp thủy tinh 50a có thể làm giảm ứng suất căng trong lớp 50a trong khi uốn. Các tiêu chuẩn khác có thể được sử dụng để lựa chọn chế phẩm cho lớp thủy tinh 50a, bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, sự dễ sản xuất thành các mức độ dày thấp trong khi làm giảm đến mức tối thiểu sự hợp nhất của các vết nứt, sự dễ phát triển của vùng ứng suất nén để bù ứng suất căng được tạo ra trong quá trình uốn, độ rõ ràng quang học, và độ chịu ăn mòn.

Chi tiết thủy tinh 50 và lớp thủy tinh 50a có thể có nhiều dạng vật lý. Từ hình phối cảnh mặt cắt, chi tiết 50 và lớp 50a (hoặc các lớp 50a) có thể phẳng hoặc hai chiều. Trong một số khía cạnh, chi tiết 50 và lớp 50a có thể được chế tạo ở dạng như dạng tấm, không thẳng phụ thuộc vào ứng dụng cuối cùng. As an example, màn hình di động có màn trình chiếu hình elip và mặt vát có thể yêu cầu chi tiết thủy tinh 50 và lớp 50a có dạng chung là tấm hình elip.

Tham chiếu đến FIG. 1 và 1B, chi tiết thủy tinh 50 của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100 còn bao gồm vùng ứng suất nén 60 mở rộng từ bề mặt cơ sở thứ nhất 54a của lớp thủy tinh 50 đến độ dày thứ nhất 62 trong lớp thủy tinh 50. Trong số các ưu điểm khác, vùng ứng suất nén 60 có thể được sử dụng trong lớp thủy tinh 50a để bù ứng suất kéo tạo ra trong lớp thủy tinh 50a khi uốn, đặc biệt là ứng suất kéo đạt giá trị

cực đại gần bề mặt cơ sở thứ nhất 54a. vùng ứng suất nén 60 có thể bao gồm ứng suất nén ít nhất khoảng 100 MPa ở bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp 54a. Trong một số khía cạnh, ứng suất nén ở bề mặt cơ sở thứ nhất 54a là từ khoảng 600 MPa đến khoảng 1000 MPa. Trong các khía cạnh khác, ứng suất nén có thể vượt 1000 MPa ở bề mặt cơ sở thứ nhất 54a, tới 2000 MPa, phụ thuộc vào quy trình được sử dụng để tạo ra ứng suất nén trong lớp thủy tinh 50a. Ứng suất nén cũng có thể nằm trong khoảng từ 100 MPa đến khoảng 600 MPa ở bề mặt cơ sở thứ nhất 54a trong các khía cạnh khác của sáng chế.

Trong vùng ứng suất nén 60, ứng suất nén có thể duy trì không đổi, sự giảm hoặc tăng trong lớp thủy tinh 50a là hàm số của độ dày từ bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh 54a tới độ dày thứ nhất 62. Do đó, dữ liệu ứng suất nén khác nhau có thể được sử dụng trong vùng ứng suất nén 60. Ngoài ra, độ dày 62 có thể xấp xỉ 15 μm hoặc nhỏ hơn từ bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh 54a. Trong các khía cạnh khác, độ dày 62 có thể được thiết lập sao cho xấp xỉ 1/3 độ dày 52a của lớp thủy tinh 50a hoặc nhỏ hơn, hoặc 20% độ dày 52a của lớp thủy tinh 50a hoặc nhỏ hơn, từ bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh 54a.

Tham chiếu đến Fig. 1 và 1A, chi tiết thủy tinh 50 khác biệt ở chỗ không có hồng hóc khi chi tiết được giữ ở bán kính uốn 40 từ khoảng 3 mm đến khoảng 20 mm trong ít nhất 60 phút ở khoảng 25°C và độ ẩm tương đối khoảng 50%. Như được sử dụng trong bản mô tả này, các thuật ngữ “hồng”, “hồng hóc” và thuật ngữ tương tự đề cập đến sự đứt vỡ, phá hủy, sự phân lớp, sự lan truyền vết nứt hoặc các cơ chế khác mà khiến các bộ phận lắp ráp xếp chồng, các vật phẩm thủy tinh, và các chi tiết thủy tinh theo sáng chế không thích hợp cho các mục đích đã định của chúng. Khi chi tiết thủy tinh 50 được giữ ở bán kính uốn 40 dưới các điều kiện này, lực uốn 42 được áp dụng với phần cuối của chi tiết 50. Thông thường, các ứng suất căng được tạo ra ở bề mặt cơ sở thứ nhất 54 của chi tiết 50 và ứng suất nén được tạo ra ở bề mặt cơ sở thứ hai 56 trong khi áp dụng lực uốn 42. Trong các khía cạnh khác, chi tiết thủy tinh 50 có thể được thiết lập để tránh sự hồng hóc đối với các bán kính uốn nằm trong phạm vi từ khoảng 3 mm đến khoảng 10 mm. Trong một số khía cạnh, bán kính uốn 40 có thể được đặt trong phạm vi từ khoảng 1mm đến khoảng 5 mm. Bán kính uốn 40 cũng có thể được thiết lập đến phạm vi từ khoảng 5 mm đến 7 mm mà không gây hồng hóc trong chi tiết thủy tinh 50 theo các khía cạnh khác về bộ phận lắp ráp xếp chồng 100.

Chi tiết thủy tinh 50 cũng có thể được làm khác biệt trong một số khía cạnh bằng cách không có hồng học khi chi tiết được giữ ở bán kính uốn 40 từ khoảng 3 mm đến khoảng 20 mm trong ít nhất 120 giờ ở khoảng 25°C và độ ẩm tương đối khoảng 50%. Các kết quả thử nghiệm uốn có thể thay đổi theo điều kiện thử nghiệm với nhiệt độ và/hoặc độ ẩm khác với các giá trị trên đây. Ví dụ, chi tiết thủy tinh 50 có các bán kính uốn 40 nhỏ hơn (ví dụ, < 3 mm) có thể được tạo khác biệt bởi không có hồng học trong thử nghiệm uốn được thực hiện ở độ ẩm thấp đáng kể dưới độ ẩm tương đối là 50%.

Chi tiết thủy tinh 50 cũng có thể được đặc trưng bởi độ bền đánh thùng lớn hơn khoảng 1,5 kgf khi bề mặt cơ sở thứ hai 56 của chi tiết 50 được hỗ trợ bởi (i) chất kết dính nhảy áp suất độ dày xấp xỉ 25 μm ("PSA") có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 1 GPa và (ii) lớp polyetylen terephthalat độ dày xấp xỉ 50 μm ("PET") có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 10 GPa, và bề mặt cơ sở thứ nhất 54 của chi tiết 50 được tải với thùng thép không gỉ có đáy phẳng với đường kính 200 μm . Diễn hình là, thử nghiệm đánh thùng theo các khía cạnh của sáng chế được thực hiện dưới under displacement control ở tốc độ đầu trượt 0,5 mm/phút. Trong các khía cạnh nhất định, thùng thép không gỉ được thay thế bằng thanh mới sau một số lượng thử nghiệm xác định (ví dụ, 10 thử nghiệm) để tránh sự dịch chuyển mà có thể có từ sự biến dạng của ghim kim loại liên quan đến việc thử nghiệm của các vật liệu có mô đun đàn hồi cao hơn (ví dụ, chi tiết thủy tinh 50). Trong một số khía cạnh, chi tiết thủy tinh 50 khác biệt ở chỗ độ bền đánh thùng lớn hơn khoảng 1,5 kgf ở xác suất hồng học 5% hoặc lớn hơn trong đồ thị Weibull. Chi tiết thủy tinh 50 cũng có thể khác biệt bởi độ bền đánh thùng lớn hơn khoảng 3 kgf cường độ đặc tính Weibull (đó là, 63,2% hoặc lớn hơn). Trong các khía cạnh nhất định, chi tiết thủy tinh 50 của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100 có thể chịu được lực đánh thùng ở khoảng 2 kgf hoặc lớn hơn, 2,5 kgf hoặc lớn hơn, 3 kgf hoặc lớn hơn, 3,5 kgf hoặc lớn hơn, 4 kgf hoặc lớn hơn, và thậm chí là lớn hơn nữa. Chi tiết thủy tinh 50 cũng khác biệt bởi độ cứng bút chì bằng hoặc lớn hơn 8H.

Tham chiếu lại đến FIG. 1 và 1B, một số khía cạnh của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100 bao gồm lớp thứ hai 70 có hệ số ma sát thấp với độ dày lớp phủ lớp thứ hai 72. Trong các cấu hình này, lớp thứ hai 70 được bố trí trên bề mặt cơ sở thứ nhất 54 của chi tiết thủy tinh 50. Khi được sử dụng trong bộ phận lắp ráp xếp chồng 100 cho các ứng dụng nhất định, lớp thứ hai 70 có thể dùng để giảm ma sát và/hoặc giảm hư

tồn bề mặt do mài mòn. Lớp thứ hai 70 cũng có thể đưa ra số đo mức an toàn trong các miếng còn lại hoặc mảnh của chi tiết thủy tinh 50 và/hoặc lớp 50a khi chi tiết và/hoặc lớp đã chịu ứng suất vượt mức giới hạn dự kiến của nó mà gây ra hỏng hóc. Chiều dày 72 của lớp thứ hai 70 có thể được thiết lập ở 1 micromet (μm) hoặc nhỏ hơn ở một số khía cạnh. Trong các khía cạnh khác, lớp thứ hai 70 có thể được thiết lập ở 500 nm hoặc nhỏ hơn, hoặc nhỏ đến 10 nm hoặc nhỏ hơn cho các chế phẩm cụ thể. Ngoài ra, trong một số khía cạnh của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100, lớp bổ sung 70 có thể được sử dụng trên bề mặt cơ sở 56 để tạo ra lợi ích về mặt an toàn trong các mảnh còn lại của chi tiết thủy tinh 50 và/hoặc lớp 50a mà thu được từ ứng suất vượt quá yêu cầu dự tính của chúng.

Lớp thứ hai 70 có thể sử dụng các vật liệu cacbon flo khác nhau mà đã được biết là có năng lượng bề mặt thấp, bao gồm các chất dẻo nhiệt ví dụ, polytetrafluetylen (“PTFE”), etylen propylen được flo hóa (“FEP”), polyvinyliden florua (“PVDF”), và các flo cacbon vô định hình (ví dụ, các vật liệu phủ DuPont® Teflon® AF và Asahi® Cytop®) mà thường dựa trên các cơ chế ăn khớp cơ khí để kết dính. Lớp thứ hai 70 có thể được chế tạo từ dạng điều chế chứa silan, ví dụ, vật liệu phủ Dow Corning® 2634 hoặc các flo- hoặc perflorosilan khác (ví dụ, alkylsilan) mà có thể được đặt là một lớp hoặc nhiều lớp. Trong một số khía cạnh, lớp thứ hai 70 có thể bao gồm các nhựa silicon, chất sáp, polyetylen (oxit hóa) được sử dụng một mình hoặc kết hợp với vật liệu phủ đầu nóng ví dụ, thiếc oxit, hoặc các vật liệu phủ lắng đọng từ hơi ví dụ, parylen và vật liệu phủ giống kim cương (Diamond-Like Coatings - “DLCs”). Lớp thứ hai 70 cũng có thể bao gồm kẽm oxit, molybden disulfua, vonfram disulfua, khối bo nitrua, hoặc nhôm magie borua mà có thể được sử dụng một mình hoặc làm chất phụ gia trong các chế phẩm phủ và các dạng điều chế nêu trên.

Theo cách khác hoặc ngoài ra, lớp thứ hai 70 cũng có thể bao gồm các chất đặc trưng khác, như chất kháng khuẩn, chất chống vỡ vụn, chất chống bắn, và chất, chất chống in dấu.

Trong một số khía cạnh, bộ phận lắp ráp xếp chồng 100 có thể bao gồm chi tiết thủy tinh 50 có vùng ứng suất nén 60 kích thước vết rạn đối đa là 5 μm hoặc nhỏ hơn ở bề mặt cơ sở thứ nhất 54a của lớp thủy tinh 50. Kích thước vết rạn tối đa can cũng có thể được giữ đến 2,5 μm hoặc nhỏ hơn, 2 μm hoặc nhỏ hơn, 1,5 μm hoặc nhỏ hơn, 0,5 μm hoặc nhỏ hơn, 0,4 μm hoặc nhỏ hơn, hoặc thậm chí là phạm vi kích thước vết rạn

nhỏ hơn nữa. Việc giảm kích thước vết rạn trong vùng ứng suất nén của chi tiết thủy tinh 50, lớp 50a và/hoặc các lớp 50a có thể giảm thiên hướng của các chi tiết này và/hoặc các lớp này khiến hỏng hóc do sự lan truyền vết nứt trên cơ sở ứng dụng ứng suất kéo do lực uốn, ví dụ, lực uốn 42 (xem Fig. 1A). Ngoài ra, một số khía cạnh của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100 có thể bao gồm vùng bề mặt với sự phân bố kích thước vết rạn được kiểm soát (ví dụ, kích thước vết rạn 0,5 μm hoặc nhỏ hơn ở bề mặt cơ sở thứ nhất 54a của lớp thủy tinh 50a) mà thiếu sự xếp chồng của vùng ứng suất nén.

Tiếp tục đề cập đến Fig. 1A, lực uốn 42 được áp dụng cho bộ phận lắp ráp xếp chồng 100 tạo ra các ứng suất kéo ở bề mặt cơ sở thứ nhất 54 của chi tiết thủy tinh 50. Các bán kính uốn nhỏ hơn 40 dẫn đến các ứng suất kéo cao hơn. Công thức (1) sau đây có thể được sử dụng để ước lượng ứng suất kéo tối đa trong bộ phận lắp ráp xếp chồng 100, cụ thể là ở bề mặt cơ sở thứ nhất 54 của chi tiết thủy tinh 50, chịu uốn với bán kính uốn không đổi 40. Công thức (1) được đưa ra như sau:

$$\sigma_{\max} = \frac{E}{1-\nu^2} \frac{h}{2} \frac{1}{R} \quad (1)$$

trong đó E là mô đun Young của chi tiết thủy tinh 50, ν là hệ số Poisson của chi tiết thủy tinh 50 (thường ν bằng $\sim 0,2-0,3$ cho hầu hết các chế phẩm thủy tinh), h phản ánh độ dày 52 của chi tiết thủy tinh, và R là bán kính uốn của chi tiết uốn (so với bán kính uốn 40). Sử dụng công thức (1), rõ ràng rằng các ứng suất uốn tối đa là phụ thuộc một cách tuyến tính vào độ dày 52 của chi tiết thủy tinh và mô đun đàn hồi, và phụ thuộc tỷ lệ nghịch với bán kính uốn 40 của độ uốn của chi tiết thủy tinh.

Lực uốn 42 được áp dụng với bộ phận lắp ráp xếp chồng 100 có thể dẫn đến tiềm năng lan truyền vết nứt dẫn đến các cơ chế hỏng hóc do mỏi tức thì hoặc chậm hơn. Sự có mặt của các vết rạn tại bề mặt cơ sở thứ nhất 54, hoặc ngay dưới bề mặt của chi tiết 50 có thể góp phần vào các dạng hỏng hóc tiềm năng này. Sử dụng công thức (2) dưới đây, có thể ước lượng yếu tố cường độ ứng suất trong chi tiết thủy tinh 50 chịu lực uốn 42. Công thức (2) được đưa ra như sau:

$$K = Y\sigma\sqrt{\pi a} = \frac{YE}{1-\nu^2} \frac{h}{2} \frac{1}{R} \sqrt{\pi a} \quad (2)$$

trong đó a là kích thước vết rạn, Y là yếu tố hình học (thường được coi là 1,12 các vết rạn nứt bắt nguồn từ cạnh thủy tinh, dạng hỏng hóc điển hình), và σ là ứng suất

uốn liên quan đến lực uốn 42 như được ước lượng sử dụng công thức (1). Công thức (2) thừa nhận rằng ứng suất dọc bề mặt nứt là không đổi, đây là sự thừa nhận hợp lý khi kích thước vết rạn là nhỏ (ví dụ, $< 1 \mu\text{m}$). Khi yếu tố cường độ ứng suất K đạt tới reaches độ bền chống gãy của chi tiết thủy tinh 50, K_{IC} , sự hỏng hóc tức thì sẽ xảy ra. Đối với hầu hết các chế phẩm thích hợp để sử dụng trong chi tiết thủy tinh 50, K_{IC} là $\sim 0,7 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$. Tương tự, khi K đạt đến mức bằng hoặc trên ngưỡng mỗi, $K_{threshold}$, hỏng hóc cũng có thể xảy ra thông qua các điều kiện tải mỏi theo chu kỳ chậm hơn. Sự thừa nhận hợp lý $K_{threshold}$ là $\sim 0,2 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$. Tuy nhiên, $K_{threshold}$ có thể được xác định qua thử nghiệm và phụ thuộc vào các yêu cầu ứng dụng tổng thể (ví dụ, tuổi thọ mỏi cao hơn cho các ứng dụng được đưa ra có thể tăng $K_{threshold}$). Trên cơ sở công thức (2), yếu tố cường độ ứng suất có thể giảm đi bằng cách giảm mức ứng suất kéo tổng thể và/hoặc kích thước vết rạn ở bề mặt của chi tiết thủy tinh 50.

Theo một số khía cạnh của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100, ứng suất kéo và yếu tố cường độ ứng suất được ước lượng thông qua các công thức (1) và (2) có thể được giảm đến mức tối thiểu thông qua việc kiểm soát sự phân bố ứng suất trên bề mặt cơ sở thứ nhất 54 của chi tiết thủy tinh 50. Cụ thể, profin ứng suất nén (ví dụ, vùng ứng suất nén 60) ở trên hoặc dưới bề mặt cơ sở thứ nhất 54 trừ đi ứng suất uốn được tính toán theo công thức (1). Do đó, các mức ứng suất uốn tổng thể bị giảm đi, điều này cũng làm giảm các yếu tố cường độ ứng suất mà có thể được ước lượng thông qua công thức (2).

Theo một số phương án thực hiện, thiết bị điện tử có thể gập được với chi tiết gập được có thể bao gồm bộ phận lắp ráp xếp chồng 100. Chi tiết gập được, ví dụ, có thể là màn hình, bảng mạch in, vỏ hoặc các chi tiết khác liên quan đến thiết bị điện tử. Khi chi tiết gập được là màn hình, ví dụ, bộ phận lắp ráp xếp chồng 100 có thể về cơ bản là trong suốt. Ngoài ra, bộ phận lắp ráp xếp chồng 100 có thể có độ cứng bút chì can have độ cứng bút chì, bán kính uốn và/hoặc độ bền đánh thùng như được mô tả trên đây. Trong phương án thực hiện ví dụ, thiết bị điện tử gập được là thiết bị điện tử mang đi được, như đồng hồ, ví, vòng tay mà bao gồm hoặc nếu không thì kết hợp các bộ phận lắp ráp xếp chồng 100 được mô tả như nêu trên. Như được xác định ở đây, “gập được” bao gồm khả năng gập hoàn toàn, gập một phần, uốn, làm cong và gập nhiều lần.

Đề cập đến Fig. 1C, mặt cắt của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100a được minh họa mà dựa vào quy trình trao đổi ion để phát triển vùng ứng suất nén 60a. Bộ phận xếp chồng 100a tương tự như bộ phận lắp ráp xếp chồng 100 minh họa trên FIG. 1-1B, và các chi tiết được đánh số tương tự có cấu trúc và chức năng có thể so sánh được. Tuy nhiên, trong bộ phận lắp ráp xếp chồng 100a, vùng ứng suất nén 60a của chi tiết thủy tinh 50 có thể được phát triển thông qua quy trình trao đổi ion. Đó là, vùng ứng suất nén 60a có thể chứa nhiều ion kim loại có khả năng trao đổi ion, nhiều ion kim loại được trao đổi ion được lựa chọn sao cho tạo sự nén ép trong vùng 60a. Theo một số khía cạnh về chi tiết xếp chồng 100a, các ion kim loại được trao đổi ion có bán kính nguyên tử lớn hơn bán kính nguyên tử của các ion kim loại có khả năng trao đổi ion. Các kim loại có thể trao đổi ion (ví dụ, ion Na^+) có mặt trong chi tiết thủy tinh 50 và lớp 50a trước khi trải qua quy trình trao đổi ion. Các kim loại trao đổi ion (ví dụ, ion K^+) có thể được kết hợp vào chi tiết thủy tinh 50 và lớp 50a, thay thế một số kim loại có khả năng trao đổi ion. Sự kết hợp của các kim loại trao đổi ion, ví dụ, ion K^+ , vào chi tiết thủy tinh 50 và lớp 50a có thể bị ảnh hưởng bởi làm ngậ chi tiết hoặc lớp trong bể muối nóng chảy chứa các kim loại trao đổi ion (ví dụ, muối KNO_3 nóng chảy). Trong ví dụ này, các ion K^+ có bán kính nguyên tử lớn hơn so với các ion Na^+ và có xu hướng tạo ra ứng suất nén cục bộ trong thủy tinh khi nó có mặt.

Phụ thuộc vào các điều kiện của quy trình trao đổi ion được sử dụng, các ion trao đổi ion có thể được truyền từ bề mặt cơ sở thứ nhất 54a xuống chiều dày trao đổi ion thứ nhất 62a, tạo ra lớp độ dày trao đổi ion (Depth-of-Layer -“DOL”) cho vùng ứng suất nén 60a. Tương tự, vùng ứng suất nén thứ hai 60a có thể được phát triển từ bề mặt cơ sở thứ hai 56a xuống tới chiều dày trao đổi ion thứ hai 63a như được minh họa trên Fig. 1C. Các mức ứng suất nén trong DOL mà vượt xa 100 MPa có thể đạt được với các quy trình trao đổi ion như vậy, cao tới 2000 MPa. Như đã chú ý trên đây, các mức ứng suất nén trong vùng ứng suất nén 60a (và vùng thứ hai 60a khi có mặt) có thể dùng để bù các ứng suất kéo được tạo ra trong bộ phận lắp ráp xếp chồng 100a, chi tiết thủy tinh 50 và lớp thủy tinh 50a được tạo từ lực uốn 42.

Tiếp tục đề cập đến Fig. 1C, một số khía cạnh của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100a có thể bao gồm một hoặc nhiều vùng ứng suất nén cạnh 59a, mỗi vùng được xác định bởi ứng suất nén ít nhất là 100 MPa. Vùng ứng suất nén cạnh 59a trong chi tiết thủy tinh 50 có thể được tạo ra từ cạnh 58b xuống tới chiều dày cạnh 59b. Các quy

trình trao đổi ion tương tự về bản chất với các quy trình được sử dụng để tạo ra vùng ứng suất nén 60a có thể được sử dụng để tạo ra vùng ứng suất nén cạnh 59a. Cụ thể hơn, vùng ứng suất nén cạnh 59a có thể được sử dụng để bù các ứng suất kéo được tạo ra ở cạnh 58b thông qua, ví dụ, uốn chi tiết thủy tinh 50 dọc mặt cạnh 58b. Theo cách khác, hoặc ngoài ra, không bị bó buộc bởi lý thuyết, vùng ứng suất nén 59a có thể bù các ảnh hưởng ngược từ việc truyền hoặc mài mòn ở hoặc đối với cạnh 58b.

Trong Fig. 1D, bộ phận lắp ráp xếp chồng 100b được minh họa dựa trên sự không khớp trong hệ số giãn nở nhiệt (Coefficient of Thermal Expansion - "CTE") giữa các vùng của lớp thủy tinh 50a để phát triển các vùng ứng suất nén 60b. Bộ phận xếp chồng 100b tương tự như bộ phận lắp ráp xếp chồng 100 minh họa trên FIG. 1-1B, và các chi tiết được đánh số tương tự có cấu trúc và chức năng có thể so sánh được. Tuy nhiên, trong bộ phận lắp ráp xếp chồng 100b, các vùng ứng suất nén 60b của chi tiết thủy tinh 50 có thể được phát triển thông qua cấu trúc thiết kế của lớp thủy tinh 50a dựa trên các khác biệt về CTE trong lớp 50a. Cụ thể, lớp thủy tinh 50a bao gồm vùng lõi 55a và vùng phủ thứ nhất và thứ hai 57a bố trí trên vùng lõi 55a. Đáng chú ý là, CTE của vùng lõi 55a lớn hơn CTE của các vùng phủ 57a. Sau khi lớp thủy tinh 50a được làm mát trong quá trình chế tạo, các khác biệt về CTE giữa vùng lõi 55a và các vùng phủ 57a gây ra sự co về thể tích không đồng nhất khi làm mát, dẫn đến sự phát triển của các vùng ứng suất nén 60b trong các vùng phủ 57a, dưới các bề mặt cơ sở thứ nhất và thứ hai tương ứng là 54a và 56a như được thể hiện trên Fig. 1D. Theo cách khác, vùng lõi 55a và các vùng phủ 57a được tiếp xúc gần với nhau ở nhiệt độ cao; và các vùng 55a và 57a sau đó được làm mát tới nhiệt độ thấp sao cho sự thay đổi thể tích lớn hơn ở CTE cao của vùng lõi 55a tương ứng với các vùng phủ 57a có CTE thấp tạo ra các vùng ứng suất nén 60b trong các vùng phủ 57a.

Tiếp tục đề cập đến Fig. 1D, các vùng ứng suất nén 60b có CTE tăng kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh 54a xuống tới chiều dày 62b của vùng CTE, và từ bề mặt cơ sở thứ hai 56a xuống đến chiều dày 63b của vùng CTE, do đó tạo ra DOL liên quan đến CTE. Trong một số khía cạnh, các mức ứng suất nén trong các vùng ứng suất nén 60b có thể vượt 150 MPa. Việc tối đa hóa của các giá trị CTE giữa vùng lõi 55a và các vùng phủ 57a có thể làm tăng độ lớn của ứng suất nén được phát triển trong các vùng ứng suất nén 60b trên cơ sở làm mát chi tiết 50 sau khi chế tạo.

Trong một số khía cạnh của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100b, vùng lõi 55a có độ dày chiều dày vùng lõi 55b và các vùng phủ 57a có chiều dày phủ 57b như thể hiện trên Fig. 1D. Trong các khía cạnh này, tốt hơn là thiết lập tỷ lệ chiều dày bằng hoặc lớn hơn 3 cho chiều dày vùng lõi 55b chia cho tổng chiều dày vùng phủ 57b. Do đó, việc đa hóa kích thước vùng lõi 55a và/hoặc CTE của nó liên quan đến kích thước và/hoặc CTE của các vùng phủ 57a có thể dùng để tăng độ lớn của các mức ứng suất nén quan sát thấy trong vùng ứng suất nén 60b của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100b.

Theo các khía cạnh khác, Fig. 2 minh họa bộ phận lắp ráp xếp chồng 100c với chi tiết thủy tinh 50 có nhiều lớp thủy tinh 50a (ví dụ, hai lớp 50a, ba lớp 50a, bốn lớp 50a, và v.v.). Như được thể hiện trên Fig. 2, ba lớp thủy tinh 50a, xếp chồng cùng nhau, tạo thành chi tiết thủy tinh 50. Vùng ứng suất nén 60 có thể có mặt trong mỗi lớp 50a như thể hiện trên Fig. 2. Các lớp 50a có thể xếp chồng một cách trực tiếp cùng nhau hoặc, theo một số khía cạnh, các lớp bên trong có thể được bố trí giữa chúng. Ngoài ra, trong một số khía cạnh của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100c, vùng ứng suất nén 60 không được yêu cầu trong tất cả các lớp 50a trong chi tiết thủy tinh 50. Tốt hơn là, vùng ứng suất nén 60 có mặt trong lớp cao nhất 50a của chi tiết 50. Ngoài ra, cũng được ưu tiên trong một số khía cạnh là bao gồm các vùng ứng suất nén cạnh 59a (xem Fig. 1C và phần mô tả tương ứng), các vùng ứng suất nén 60a (xem Fig. 1C và phần mô tả tương ứng), và/hoặc các vùng ứng suất nén 60b (xem Fig. 1D và phần mô tả tương ứng) trong một hoặc nhiều lớp 50a.

Nhìn chung, các lớp 50a của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100c được thiết lập để cho phép di chuyển so với nhau trong khi uốn chi tiết thủy tinh 50 (xem Fig. 2A); hoặc các lớp 50a là được bắt cặp lỏng với nhau. Chiều dày tổng hợp của chi tiết thủy tinh 50 thu được thông qua việc xếp chồng các lớp 50a có thể tăng độ bền của chi tiết 50 đối với việc đánh thủng, vì mỗi lớp 50a hỗ trợ lớp bên trên nó. Ngoài ra, khả năng của các lớp thủy tinh 50a để di chuyển tương ứng với nhau trong khi uốn làm giảm lượng ứng suất kéo tạo ra trong mỗi lớp 50a khi uốn tới bán kính uốn 40. Điều này là do độ dày của mỗi lớp 50a (hơn là độ dày của chi tiết 50) là yếu tố góp phần trong việc tạo ra ứng suất kéo, như được ước lượng bởi công thức (1). Vì mỗi lớp 50a thường được tách ra, về mặt tạo ra ứng suất uốn, từ các lớp liền kề 50a của nó, một số khía cạnh của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100c kết hợp vùng ứng suất nén 60 trong mỗi lớp 50a có mặt trong bộ phận lắp ráp xếp chồng. Trong các khía cạnh nhất định của bộ phận lắp ráp

xếp chồng 100c, lớp thứ hai 70 có thể có mặt trên bề mặt cơ sở thứ nhất 54 của chi tiết thủy tinh 50 (đó là, trên bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp trên cùng 50a). Lớp thứ hai 70 được sử dụng cho mục đích này có cấu trúc và chức năng có thể so sánh với lớp thứ hai 70 được nêu trên đây liên quan đến bộ phận lắp ráp xếp chồng 100. Theo cách khác, hoặc ngoài ra, lớp thứ hai 70 có thể được sử dụng trên bề mặt cơ sở thứ hai của lớp trên cùng 50a; và/hoặc trên một hoặc cả hai bề mặt cơ sở của bất kỳ lớp 50a nào trong bộ phận lắp ráp xếp chồng 100c.

Đề cập đến Fig. 3 và 3B, bộ phận lắp ráp xếp chồng (hoặc vật phẩm thủy tinh) 100d được minh họa theo các khía cạnh bổ sung trong bản mô tả này. Bộ phận lắp ráp xếp chồng 100d bao gồm cấu trúc thủy tinh 90 có chiều dày 92 lớn hơn độ dày 52a của lớp thủy tinh 50a của nó. Lớp thủy tinh 50a bao gồm bề mặt cơ sở thứ nhất 54a và bề mặt cơ sở thứ hai 56a. Bề mặt cơ sở thứ nhất 54a cũng có thể mở rộng tới bề mặt cơ sở thứ nhất của cấu trúc thủy tinh 90 (xem các Fig. 3 và 3B). Trong một số khía cạnh, cấu trúc thủy tinh 90 có chiều dày 92 bằng hoặc lớn hơn 125 μm . Theo phương án làm ví dụ, độ dày 52a có thể được thiết lập từ khoảng 20 μm đến khoảng 125 μm . Trong các khía cạnh nhất định của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100d, lớp thứ hai 70 có thể được bố trí trên bề mặt cơ sở thứ nhất 54a của lớp thủy tinh 50a và cấu trúc thủy tinh 90. Lớp thứ hai 70 được sử dụng cho mục đích này trong bộ phận lắp ráp xếp chồng 100d có cấu trúc và chức năng có thể so sánh với lớp thứ hai 70 được nêu trên đây liên quan đến bộ phận lắp ráp xếp chồng 100.

Như được thể hiện trên Fig. 3 và 3B, cấu trúc thủy tinh 90 và lớp thủy tinh 50a của bộ phận lắp ráp xếp chồng/vật phẩm thủy tinh 100d là làm bằng đá nguyên khối. Tuy nhiên, trong một số khía cạnh, cấu trúc thủy tinh 90 có thể là thành phần riêng biệt được liên kết hoặc kết hợp với lớp thủy tinh 50a. Ngoài ra, trong bộ phận lắp ráp xếp chồng 100d, lớp thủy tinh 50a được bố trí ở vùng trung tâm 96 của cấu trúc thủy tinh 90, giữa các cạnh về cơ bản song song 98 của cấu trúc thủy tinh. Trong một số khía cạnh, và như được minh họa trên FIG. 3 và 3B, lớp thủy tinh 50a và vùng trung tâm 96 là nằm cách một khoảng từ mỗi cạnh song song 98. Trong các khía cạnh khác, lớp thủy tinh 50a và vùng trung tâm 96 có thể nằm cách gần với một cạnh 98 hơn so với cạnh về cơ bản song song 98 khác.

Trong bộ phận lắp ráp xếp chồng (hoặc vật phẩm thủy tinh) 100d minh họa trên FIG. 3 và 3B, lớp thủy tinh 50a, khi được kết hợp vào cấu trúc thủy tinh 90, về cơ bản

là giống với lớp thủy tinh 50a được mô tả trên đây liên quan đến các bộ phận lắp ráp xếp chồng 100, 100a và 100b. Do đó, lớp thủy tinh 50a được sử dụng trong bộ phận lắp ráp xếp chồng 100d bao gồm vùng ứng suất nén 60, 60a hoặc 60b mà nổi từ bề mặt cơ sở thứ nhất 54a của lớp thủy tinh 50a xuống tới độ dày thứ nhất 62a. Theo một số khía cạnh của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100d, vùng ứng suất nén 60, 60a, hoặc 60b trong lớp thủy tinh 50a cũng có thể nổi ở bên vào cấu trúc thủy tinh 90. Trong khi không được yêu cầu trong tất cả các khía cạnh, sự bao gồm vùng ứng suất nén 60, 60a hoặc 60b trong lớp thủy tinh 50a và cấu trúc thủy tinh 90 có thể mang đến lợi ích về mặt chế tạo. Ví dụ, quy trình trao đổi ion có thể được sử dụng để phát triển vùng ứng suất nén 60 hoặc 60a trong cả lớp thủy tinh 50a và cấu trúc thủy tinh 90 trong một bước làm ngập.

Như được thể hiện trên Fig. 3A, bộ phận lắp ráp xếp chồng 100d (hoặc vật phẩm thủy tinh) có thể chịu lực uốn 42 mà uốn lớp thủy tinh 50a trên bán kính uốn không đổi 40. Vì độ dày 52a của lớp thủy tinh 50a thường nhỏ hơn độ dày 92 của cấu trúc thủy tinh 90, lực uốn 42 có xu hướng gây ra các dịch chuyển khi uốn trong lớp thủy tinh 50a và không uốn hoặc uốn một chút trong các vùng lân cận của cấu trúc thủy tinh 90. Do đó, ứng suất uốn và các mức cường độ ứng suất bị giảm ở bề mặt cơ sở thứ nhất 54a của lớp thủy tinh 50a do làm giảm đến mức tối thiểu độ dày 52a tới các mức thấp dưới độ dày 92 của cấu trúc thủy tinh 90. Tuy nhiên, chiều dày 92 tăng của cấu trúc thủy tinh 90 tạo ra độ bền đánh thùng bổ sung cho phần lớn bộ phận lắp ráp xếp chồng 100d (đó là, phía trên nó trong vùng trung tâm vùng trung tâm 96 bao gồm lớp thủy tinh 50a).

Trong một số khía cạnh bổ sung của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100d, vùng trung tâm 96 ở dưới lớp thủy tinh 50a và bề mặt cơ sở thứ hai 56a có thể được gia cường tiếp với lớp polyme, nhìn chung là không tuân thủ. Sự gia cường này có xu hướng bù bất kì độ bền đánh thùng bị giảm trong lớp thủy tinh 50a liên quan đến độ bền đánh thùng của cấu trúc thủy tinh 90. Ngoài ra, vùng ứng suất nén 60, 60a hoặc 60b sử dụng trong lớp thủy tinh 50a của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100d có thể được phát triển thông qua các quy trình trao đổi ion và/hoặc sự không phù hợp của CTE như nêu trên liên quan đến các bộ phận lắp ráp xếp chồng 100a và 100b (xem các Fig. 1C và 1D và phần mô tả tương ứng).

Như được thể hiện trên Fig. 4, 4A và 4B, vật phẩm thủy tinh hoặc bộ phận lắp ráp xếp chồng 100e được đề xuất bao gồm: lớp thủy tinh 50e có chiều dày 52e, bề mặt cơ sở thứ nhất 54e, và bề mặt cơ sở thứ hai 56e. Bề mặt cơ sở thứ nhất 54e cũng có thể mở rộng tới bề mặt cơ sở thứ nhất của cấu trúc thủy tinh 90 (xem các Fig. 4 và 4B). Trong một số khía cạnh, cấu trúc thủy tinh 90 có chiều dày 92 bằng hoặc lớn hơn 125 μm . Theo phương án làm ví dụ, độ dày 52e của lớp thủy tinh 50e có thể được thiết lập từ khoảng 20 μm đến khoảng 125 μm . Trong các khía cạnh nhất định của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100e, lớp thứ hai 70 có thể được bố trí trên bề mặt cơ sở thứ nhất 54e của lớp thủy tinh 50e và/hoặc trên một hoặc cả hai bề mặt cơ sở của cấu trúc thủy tinh 90. Lớp thứ hai 70 được sử dụng cho mục đích này trong bộ phận lắp ráp xếp chồng 100e có cấu trúc và chức năng có thể so sánh với lớp thứ hai 70 được nêu trên đây liên quan đến bộ phận lắp ráp xếp chồng 100. Lớp thứ hai 70 cũng có thể được bố trí trên bề mặt cơ sở thứ hai 56e.

Trong bộ phận lắp ráp xếp chồng (hoặc vật phẩm thủy tinh) 100e minh họa trên FIG. 4 và 4B, lớp thủy tinh 50e, khi được kết hợp vào cấu trúc thủy tinh 90, về cơ bản là giống với lớp thủy tinh 50a được mô tả trên đây liên quan đến các bộ phận lắp ráp xếp chồng 100, 100a và 100b. Ngoài ra, cấu trúc và bố trí của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100e là tương tự với bộ phận lắp ráp xếp chồng 100d được mô tả trên đây liên quan đến FIG. 3, 3A và 3B. Tuy nhiên, lớp thủy tinh 50e được sử dụng trong bộ phận lắp ráp xếp chồng 100e không bao gồm vùng ứng suất nén 60.

Như được thể hiện trên Fig. 4A, bộ phận lắp ráp xếp chồng 100e (hoặc vật phẩm thủy tinh) có thể chịu lực uốn 42 mà uốn lớp thủy tinh 50e trên bán kính uốn không đổi 40. Vì độ dày 52e của lớp thủy tinh 50e thường nhỏ hơn độ dày 92 của cấu trúc thủy tinh 90, lực uốn 42 có xu hướng gây ra các dịch chuyển khi uốn trong lớp thủy tinh 50e và không uốn hoặc uốn một chút trong các vùng lân cận của cấu trúc thủy tinh 90. Do đó, ứng suất uốn và các mức cường độ ứng suất bị giảm ở bề mặt cơ sở thứ nhất 54e của lớp thủy tinh 50e do làm giảm đến mức tối thiểu độ dày 52e tới các mức thấp dưới độ dày 92 của cấu trúc thủy tinh 90.

Tuy nhiên, trong bộ phận lắp ráp xếp chồng 100e (hoặc vật phẩm thủy tinh), chiều dày 92 tăng của cấu trúc thủy tinh 90 tạo ra độ bền đánh thủng bổ sung cho phần lớn bộ phận lắp ráp xếp chồng (đó là, phía trên nó trong vùng trung tâm vùng trung tâm 96 bao gồm lớp thủy tinh 50e). Như được chứng minh bởi các kết quả minh họa

trên Fig. 5, độ bền đánh thủng và chiều dày thủy tinh có thể là tương quan với nhau. Các kết quả trong Fig. 5 được tạo ra bằng cách đo độ bền đánh thủng của các mẫu thủy tinh có các mức chiều dày 116, 102, 87, 71, 60, 49, 33 và 25 μm . Các mẫu thủy tinh được chuẩn bị bằng cách khắc axit các mẫu thủy tinh dày 130 μm tới các mức chiều dày trên đây sử dụng dung dịch khắc có 15 % thể tích là HF và 15% thể tích là HCl. Thử nghiệm độ bền đánh thủng được thực hiện trên mỗi mẫu thủy tinh, khi được cán mỏng thành lớp xếp chồng dày 375 μm để bắt chước cấu trúc của màn hình mềm dẻo. Lớp xếp chồng tuân thủ chiều dày 375 μm bao gồm các lớp sau đây: (a) lớp PSA dày 50 μm , (b) lớp PET dày 100 μm , và (c) lớp PSA dày 100 μm , và (d) lớp PET dày 125 μm . Mỗi lần, mỗi mẫu thủy tinh (ví dụ, mẫu thủy tinh dày 116 μm , mẫu thủy tinh dày 102 μm , v.v.) được cán thành lớp xếp chồng dày 375 μm , máy dò đầu phẳng có đầu là thép không gỉ đường kính 200 μm được đẩy vào bề mặt cơ sở của mẫu thủy tinh đối diện lớp xếp chồng tuân thủ. Đầu này được đưa vào mẫu đến khi có hỏng hóc (như xác định qua quan sát bằng mắt với kính hiển vi quang học) và lực tác động khi có hỏng hóc được đo (đơn vị là kgf). Các kết quả của thử nghiệm được vẽ đồ thị trên Fig. 5.

Các kết quả trên Fig. 5 chứng minh rằng độ bền đánh thủng của các mẫu thủy tinh giảm đi từ khoảng 2,5 kgf đến khoảng 0,4 kgf với việc giảm chiều dày lớp thủy tinh tương ứng từ khoảng 116 μm đến khoảng 25 μm . Do đó, độ bền đánh thủng của các mẫu thủy tinh phụ thuộc nhiều vào chiều dày thủy tinh. Ngoài ra, Fig. 5 chứng minh rằng độ bền đánh thủng cho các mẫu nền thủy tinh thử nghiệm có độ dày khoảng 116 μm là khoảng 2,5 kgf. Rõ ràng qua phép ngoại suy rằng các mức độ bền đánh thủng có thể vượt quá 3 kgf có thể thu được thông qua việc sử dụng chất nền thủy tinh có độ dày 130 μm hoặc lớn hơn. Do đó, một khía cạnh của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100e (xem các Fig. 4, 4A và 4B) sử dụng cấu trúc thủy tinh 90 có độ dày khoảng 130 μm hoặc lớn hơn để thu được độ bền đánh thủng 3 kgf (trong các vùng của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100e bên trên vùng gần với vùng trung tâm 96 chứa lớp thủy tinh mỏng 50e). Trong một số khía cạnh bổ sung của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100e, vùng trung tâm 96 bên dưới lớp thủy tinh 50e và bề mặt cơ sở thứ hai 56e có thể được gia cường tiếp với vật liệu polyme thường không tuân thủ. Sự gia cường này có xu hướng bù bất kì độ bền đánh thủng bị giảm trong lớp thủy tinh 50e liên quan đến độ bền đánh thủng của cấu trúc thủy tinh 90.

Trong bộ phận lắp ráp xếp chồng 100e, chiều dày 52e của lớp thủy tinh 50e thường nhỏ hơn độ dày 92 của cấu trúc thủy tinh 90. Trong một phương án thực hiện của bộ phận lắp ráp xếp chồng, bán kính uốn ≤ 2 mm đối với bộ phận lắp ráp xếp chồng 100e là có thể với chiều dày 52e xấp xỉ 20 đến 25 μm . Để thu được các mức chiều dày như vậy đối với chiều dày 52e, trong khi giữ chiều dày 92 ở giá trị cao hơn để duy trì độ bền đánh thùng, quy trình khắc axit chọn lọc có thể được thực hiện trên bộ phận lắp ráp xếp chồng 100e.

Trong một ví dụ về quy trình khắc axit chọn lọc, một bước là để cung cấp cấu trúc thủy tinh chiều dày về cơ bản không thay đổi, bằng với chiều dày 92 cho cấu trúc thủy tinh 90. Các vật liệu phủ sau đó được áp dụng lên trên bề mặt cơ sở thứ hai 56e của cấu trúc thủy tinh 90 trong các vùng lân cận của vùng trung tâm định hướng 96 của cấu trúc thủy tinh 90 (đó là, vùng mà sẽ được khắc axit đến độ dày 52e) để bảo vệ hoặc không thì tạo mặt phủ cho các vùng này trong các bước khắc axit tiếp theo. Ví dụ, các vật liệu này có thể là màng bao hoặc mực mà có thể được bao trên cấu trúc thủy tinh 90 bằng cách cán mỏng hoặc các quy trình in lưới. Người có trình độ trung bình trong lĩnh vực sẽ dễ dàng hiểu rằng loại vật liệu phủ nào là thích hợp cho chế phẩm khắc cụ thể được lựa chọn cho các quy trình khắc axit lựa chọn lọc cho bộ phận lắp ráp xếp chồng 100e. Bằng cách áp dụng các vật liệu phủ này hoặc vật liệu tương tự gần với vùng trung tâm 96, chỉ cho vùng trung tâm 96 có thể thấy axit được sử dụng trong bước khắc axit tiếp theo. Trong bước hoặc các bước khắc axit tiếp theo, các dung dịch khắc axit theo mô tả trên đây (ví dụ, 15% thể tích HF và 15% thể tích HCl) có thể được áp dụng cho cấu trúc thủy tinh được tạo mặt che trong thời gian thích hợp để thu được chiều dày 52e mong muốn trong lớp thủy tinh 50e. Sau khi việc khắc axit chọn lọc đã hoàn tất (bao gồm việc rửa dung dịch khắc axit với nước khử ion, ví dụ), các vật liệu che được bóc ra hoặc nếu không thì tách sử dụng dung dịch tách thích hợp phụ thuộc vào loại vật liệu che cụ thể được sử dụng trong quy trình khắc axit chọn lọc.

Tham chiếu lại đến quy trình khắc chọn lọc được sử dụng để tạo ra bộ phận lắp ráp xếp chồng 100e, các cạnh 98 có thể được để không phủ trong bước hoặc các bước khắc axit. Kết quả là, các cạnh 98 này chịu khắc nhẹ do lớp thủy tinh 50e được tạo với chiều dày 52e. Việc khắc axit nhẹ đối với các cạnh 98 có thể cải thiện theo cách có lợi cường độ của chúng. Cụ thể, các quy trình cắt hoặc hơi đốt được sử dụng cho cấu trúc thủy tinh chọn lọc trước khi quy trình khắc axit chọn lọc được thực hiện có thể để lại

các vết rạn và các khuyết điểm khác trên bề mặt của cấu trúc thủy tinh 90. Các vết rạn và các khuyết điểm này có thể lan ra và gây đứt gãy thủy tinh khi áp dụng các ứng suất lên bộ phận lắp ráp xếp chồng 100e từ môi trường áp dụng và việc sử dụng. Quy trình khắc axit chọn lọc, bằng cách khắc nhẹ các cạnh 98 này, có thể loại bỏ ít nhất các vết rạn này, nhờ đó tăng cường độ và/hoặc độ bền đánh thủng của các cạnh của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100e.

Trong bộ phận lắp ráp xếp chồng (hoặc vật phẩm thủy tinh) 100e, lớp thủy tinh 50e có thể khác biệt bởi: (a) không có hồng học khi lớp 50e được giữ ở bán kính uốn từ khoảng 1 mm đến khoảng 5 mm trong ít nhất 60 phút ở khoảng 25°C và độ ẩm tương đối khoảng 50%; (b) độ bền đánh thủng lớn hơn khoảng 1,5 kgf khi bề mặt cơ sở thứ hai 56e của lớp được hỗ trợ bởi (i) xấp xỉ 25 μm chiều dày chất kết dính nhạy ứng suất có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 1 GPa và (ii) xấp xỉ 50 μm chiều dày lớp polyetylen terephthalat có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 10 GPa, và bề mặt cơ sở thứ nhất 54e của lớp 50e được tải với thùng thép không gỉ có đáy phẳng với đường kính 200 μm ; và (c) độ cứng bút chì bằng hoặc lớn hơn 8H. Theo một số khía cạnh, độ dày 92 của cấu trúc thủy tinh có thể bằng hoặc lớn hơn 125 μm . Theo khía cạnh bổ sung, độ dày 52e của lớp thủy tinh 50e có thể được thiết lập từ khoảng 20 μm đến khoảng 125 μm để thu được bán kính uốn. Theo phương án ví dụ, độ dày 52e của lớp thủy tinh 50e có thể được thiết lập từ khoảng 20 μm đến khoảng 30 μm để thu được bán kính uốn từ khoảng 1 mm đến khoảng 5 mm. Trong một số khía cạnh, độ dày 52e của lớp thủy tinh 50e (có chế phẩm chế phẩm thủy tinh nhôm bo silicat không chứa kiềm, ví dụ) có thể là khoảng 25 μm hoặc nhỏ hơn để thu được bán kính uốn khoảng 2 mm, và bán kính uốn khoảng 1 mm với việc khắc axit nhẹ bổ sung.

Các bộ phận lắp ráp xếp chồng 100-100e minh họa trên FIG. 1-4B có thể được chế tạo theo phương pháp bao gồm các bước: tạo lớp thủy tinh thứ nhất 50a, 50e có bề mặt cơ sở thứ nhất 54a, 54e, vùng ứng suất nén 60, 60a, 60b kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất 54a của lớp thủy tinh 50a đến độ dày thứ nhất 62, 62a, 62b trong lớp thủy tinh 50a (đó là, cho các bộ phận lắp ráp xếp chồng 100-100d), và chiều dày cuối cùng 52a, 52e. Vì nó liên quan đến các bộ phận lắp ráp xếp chồng 100-100d (xem các Fig. 1-3B), vùng ứng suất nén 60, 60a, 60b được xác định bởi ứng suất nén ít nhất khoảng 100 MPa ở bề mặt cơ sở thứ nhất 54a của lớp 50a.

Phương pháp để tạo các bộ phận lắp ráp xếp chồng 100-100e minh họa trên FIG. 1-4B cũng có thể bao gồm các bước tạo chi tiết thủy tinh 50 có chiều dày 52 từ khoảng 25 μm đến khoảng 125 μm . Ở đây, chi tiết 50 ngoài ra còn bao gồm lớp thủy tinh 50a, 50e bề mặt cơ sở thứ nhất 54, và bề mặt cơ sở thứ hai 56. Trong các khía cạnh này, chi tiết thủy tinh 50 hoặc lớp thủy tinh 50a, 50e cũng có thể khác biệt bởi: (a) không có hỏng hóc khi lớp 50 hoặc lớp thủy tinh 50a được giữ ở bán kính uốn 40 từ khoảng 3 mm đến khoảng 20 mm trong ít nhất 60 phút ở khoảng 25°C và độ ẩm tương đối khoảng 50%; (b) độ bền đánh thủng lớn hơn khoảng 1,5 kgf khi bề mặt cơ sở thứ hai 56 của chi tiết 50 được hỗ trợ bởi (i) xấp xỉ 25 μm chiều dày PSA có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 1 GPa và (ii) xấp xỉ 50 μm chiều dày PET có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 10 GPa, và bề mặt cơ sở thứ nhất 54, 54a, 54e của chi tiết 50 hoặc lớp thủy tinh 50e được tải với thùng thép không gỉ có đáy phẳng với đường kính 200 μm ; và (c) độ cứng bút chì bằng hoặc lớn hơn 8H. Trong các khía cạnh khác của phương pháp, chi tiết thủy tinh 50 hoặc lớp thủy tinh 50a, 50e có thể được thiết lập để tránh hỏng hóc cho các bán kính uốn trong phạm vi từ khoảng 3 mm đến khoảng 10 mm. Trong một số khía cạnh, bán kính uốn 40 có thể được thiết lập trong phạm vi từ khoảng 1 mm đến khoảng 5 mm. Bán kính uốn 40 có thể được thiết lập để nằm trong phạm vi từ khoảng 5 mm đến 7 mm mà không gây hỏng hóc trong chi tiết thủy tinh 50 hoặc lớp thủy tinh 50a, 50e theo các khía cạnh khác của phương pháp.

Trong một số khía cạnh của phương pháp nêu trên, bước tạo lớp thủy tinh thứ nhất 50a, 50e sử dụng một hoặc nhiều quy trình tạo hình sau đây: quy trình hợp nhất, kéo ren, cán, kéo ngược và nổi. Các quy trình tạo hình khác cũng có thể được sử dụng phụ thuộc vào yếu tố tạo hình cuối cho lớp thủy tinh 50a, 50e và/hoặc các kích thước trung gian của sản phẩm thủy tinh tiền thân được sử dụng cho lớp thủy tinh cuối 50a, 50e.

Quy trình tạo hình còn được thiết lập để tạo lớp thủy tinh 50a, 50e tới chiều dày cuối 52a, 52e và, do đó có thể bao gồm các bước phụ của quy trình để thu được chiều dày cuối 52a, 52e. Bước tạo hình lớp thủy tinh thứ nhất 50a, 50e có thể bao gồm quy trình loại bỏ vật liệu được thiết lập để loại bỏ vật liệu từ lớp thủy tinh 50a, 50e để thu được chiều dày cuối 52a, 52e. Các quy trình khắc axit/làm mỏng nhờ axit khác nhau đã được biết đến cũng có thể được sử dụng cho mục đích này như được hiểu bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này. Ví dụ, dung dịch khắc axit thích hợp có thể

bao gồm 15% thể tích HF và 15% thể tích HCl. Bằng cách kiểm soát thời gian khắc axit và/hoặc nồng độ dung dịch khắc axit, chiều dày cuối mong muốn 52a, 52e có thể thu được trong lớp thủy tinh 50a, 50e. Tốc độ khắc axit ví dụ sử dụng dung dịch này là khoảng 1,1 μm trên phút. Trong một số khía cạnh của phương pháp, quy trình loại bỏ vật liệu được sử dụng để thu được chiều dày cuối 52a, 52e cũng có thể được thiết lập thêm để làm giảm kích thước vết rạn tối thiểu xấp xỉ đến bề mặt cơ sở thứ nhất 54a – ví dụ, tới 5 μm hoặc nhỏ hơn, 2,5 μm hoặc nhỏ hơn, 0,5 μm hoặc nhỏ hơn, hoặc thậm chí nhỏ hơn.

Theo khía cạnh khác của phương pháp tạo các bộ phận lắp ráp xếp chồng 100-100d minh họa trên FIG. 1-3B, quy trình trao đổi ion cũng có thể được sử dụng tạo vùng ứng suất nén 60a. Như đã phác thảo trên đây, bước tạo hình vùng ứng suất nén 60a kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất 54a của lớp thủy tinh 50a tới độ dày thứ nhất 62a có thể bao gồm các bước của quy trình phụ bổ sung sau đây: cung cấp bể gia cường chứa nhiều ion kim loại trao đổi ion được lựa chọn để tạo ra ứng suất nén trong lớp thủy tinh 50a chứa các ion kim loại có thể trao đổi ion; và nhúng chìm lớp thủy tinh 50a trong bể gia cường để trao đổi một phần trong số nhiều ion kim loại có thể trao đổi ion trong lớp thủy tinh 50a với một phần trong số nhiều ion kim loại trao đổi ion trong bể gia cường để tạo vùng ứng suất nén 60a mà mở rộng từ bề mặt cơ sở thứ nhất 54a đến độ dày thứ nhất 62a trong lớp thủy tinh 50a. Trong một số khía cạnh của phương pháp, các kim loại trao đổi ion có bán kính nguyên tử lớn hơn so với bán kính nguyên tử các kim loại có thể trao đổi ion chứa trong lớp thủy tinh 50a. Trong các khía cạnh khác của phương pháp, bước nhúng chìm bao gồm nhúng chìm lớp thủy tinh 50a trong bể làm bền ở khoảng 400°C đến khoảng 450°C trong khoảng 15 phút đến khoảng 180 phút để phát triển vùng ứng suất nén 60a.

Theo khía cạnh khác, các mẫu thủy tinh dày 75 μm với chế phẩm nhất quán với Corning® Gorilla Glass® 2,0 được trải qua quy trình trao đổi ion mà bao gồm nhúng chìm trong bể KNO_3 ở 430°C trong 30 phút. Ứng suất nén (MPa) là chức năng của chiều dày lớp thủy tinh (μm) sau đó được đo và các kết quả được minh họa trên Fig. 6A. Như được thể hiện, quy trình trao đổi ion này tạo ra ứng suất nén khoảng 889 MPa ở bề mặt của thủy tinh và các mức ứng suất nén đáng kể được đo đến chiều dày khoảng 11,4 μm (đó là, DOL = 11,4 μm).

Trong một số khía cạnh của phương pháp, quy trình trao đổi ion sau để loại bỏ vật liệu từ bề mặt của lớp thủy tinh 50a có thể mang lại lợi ích về việc giảm kích thước vết rạn. Cụ thể, quy trình loại bỏ này có thể sử dụng bước khắc axit nhẹ để loại bỏ khoảng 1 μm đến khoảng 5 μm từ chiều dày cuối của lớp thủy tinh 52a ở bề mặt cơ sở thứ nhất 54a sau khi tạo vùng ứng suất nén 60a. Ví dụ, bước loại bỏ có thể sử dụng 950 ppm ion F^- (ví dụ, axit HF), dung dịch khắc axit xitric 0,1M trong ~128 phút cho mục đích này. Như được phác thảo trên đây liên quan đến công thức (2), sự giảm kích thước vết rạn tối thiểu trong lớp thủy tinh 50a và/hoặc chi tiết thủy tinh 50, cụ thể là gần bề mặt của chúng, có thể dùng để giảm yếu tố cường độ ứng suất được tạo từ việc uốn lớp và/hoặc chi tiết.

Đề cập đến Fig. 6B, ảnh hưởng đối với ứng suất nén trong lớp thủy tinh trải qua cả quy trình loại bỏ vật liệu trao đổi ion và trao đổi ion sau là có thể quan sát thấy. Cụ thể, Fig. 6B minh họa ứng suất nén là hàm số của chiều dày lớp thủy tinh (μm) cho các mẫu lớp thủy tinh được tạo phù hợp với các mẫu trên Fig. 6A và trải qua quy trình khắc axit nhẹ để loại bỏ khoảng 1-2 μm vật liệu từ bề mặt. Các mẫu được đo với ứng suất nén khoảng 772 MPa ở bề mặt thủy tinh và các mức ứng suất nén có thể thấy rõ được đo đến chiều dày khoảng 9,6 μm (đó là, DOL = 9,6 μm). Về ảnh hưởng, Fig. 6B có ứng suất nén tương tự là hàm số của chiều dày như thể hiện trên Fig. 6A; tuy nhiên, rõ ràng rằng Fig. 6B là bản được cắt cụt một cách hiệu quả của Fig. 6A, với phần thứ nhất được loại bỏ phù hợp với sự loại bỏ vật liệu thực tế từ quy trình khắc axit nhẹ. Do đó, quy trình loại bỏ vật liệu trao đổi ion sau có thể làm giảm một chút DOL và ứng suất nén tối đa thu được từ quy trình trao đổi ion, trong khi cùng lúc mang lại lợi ích về việc giảm kích thước vết rạn reduction. Khi các mức ứng suất nén và/hoặc DOL cao hơn là cần thiết cho các ứng dụng đưa ra, quy trình trao đổi ion có thể được thiết kế để tạo ra ứng suất nén và các mức DOL ở trên các mức mục tiêu một chút, từ các hiệu quả mong đợi từ quy trình loại bỏ vật liệu trao đổi ion sau.

Theo một số khía cạnh, quy trình loại bỏ có thể được thực hiện để kiểm soát sự phân bố vết rạn trong vùng ứng suất nén 60, 60a và/hoặc 60b đến kích thước vết rạn tối đa là 5 μm hoặc nhỏ hơn ở bề mặt cơ sở thứ nhất 54a của lớp thủy tinh 50a. Bước loại bỏ cũng có thể được thực hiện sao cho vùng ứng suất nén 60, 60a và/hoặc 60b có kích thước vết rạn tối đa là 2,5 μm hoặc nhỏ hơn, hoặc thậm chí đến 4 μm hoặc nhỏ hơn trên bề mặt cơ sở thứ nhất 54a của lớp thủy tinh 50a. Theo một số khía cạnh bổ

sung của phương pháp, bước loại bỏ cũng có thể được thực hiện kiểm soát sự phân bố kích thước vết rạn trong vùng của lớp thủy tinh 50a mà thiếu sự xếp chồng của vùng ứng suất nén 60, 60a hoặc 60b. Ngoài ra, các biến thể của quy trình loại bỏ có thể được thực hiện ở các cạnh 58b của chi tiết thủy tinh 50 để kiểm soát sự phân bố kích thước vết rạn ở các cạnh và trong vùng ứng suất nén cạnh 59a, khi có mặt (xem, ví dụ, FIG. 1 và 1C).

Theo một phương án, phương pháp tạo các bộ phận lắp ráp xếp chồng 100-100d được bố trí bao gồm các bước: tạo lớp thủy tinh thứ nhất 50a có bề mặt cơ sở thứ nhất 54a, vùng ứng suất nén 60 kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất 54a của lớp thủy tinh 50a đến độ dày thứ nhất 62 trong lớp thủy tinh 50a, và chiều dày cuối 52a, trong đó vùng 60 được xác định bởi ứng suất nén ít nhất khoảng 100 MPa ở bề mặt cơ sở thứ nhất 54a của lớp 50a; và tạo chi tiết thủy tinh 50 có chiều dày 52 từ khoảng 25 μm đến khoảng 125 μm , chi tiết 50 còn bao gồm lớp thủy tinh 50a, bề mặt cơ sở thứ nhất 54, và bề mặt cơ sở thứ hai 56. Trong một số khía cạnh, chi tiết 50 bao gồm một lớp thủy tinh 50a.

Trong phương án ví dụ, các bước tạo lớp thủy tinh thứ nhất 50a và chi tiết 50 có thể bao gồm bước tạo chiều dày chuyển tiếp (ví dụ, khoảng 200 μm) mà vượt quá chiều dày cuối 52a của lớp thủy tinh 50a (và chiều dày 52 của chi tiết 50) sử dụng quy trình hợp nhất, kéo ren, cán, kéo ngược, nổi hoặc các quy trình tạo hình thủy tinh trực tiếp khác. Lớp thủy tinh chuyển tiếp 50a (và chi tiết 50) sau đó có thể được tách, cắt và/hoặc nếu không thì được tạo hình thành các kích thước gần cuối của bộ phận sử dụng các quy trình cắt đã biết (ví dụ, cắt bằng nước, cắt bằng laze, v.v.). Ở điểm này, lớp thủy tinh chuyển tiếp 50a (và chi tiết 50) sau đó có thể được khắc axit tới chiều dày cuối 52a (ví dụ, khoảng 75 μm) theo các bước của quy trình trên đây. Việc khắc axit tới chiều dày cuối ở giai đoạn này trong quy trình có thể mang lại lợi ích trong việc loại bỏ các vết rạn và các khuyết điểm khác xuất hiện từ bước tạo hình thủy tinh trước đó và các bước tách/cắt. Tiếp theo, lớp thủy tinh 50a và chi tiết 50 có thể trải qua các bước của quy trình tạo vùng ứng suất nén 60 bao gồm, nhưng không giới hạn ở, quy trình trao đổi ion trên đây. Bước khắc axit nhẹ cuối cùng có thể được thực hiện trên lớp thủy tinh 50a và chi tiết 50 bao gồm vùng ứng suất nén 60 theo quy trình được mô tả trên đây. Bước khắc axit nhẹ cuối cùng này sau đó có thể loại bỏ bất kỳ vết rạn và các khuyết điểm có thể thấy rõ trên bề mặt của lớp thủy tinh 50a và chi tiết 50 do

quy trình trao đổi ion trước đó gây ra. Chi tiết thủy tinh 50 hoặc lớp thủy tinh 50a được tạo ra theo phương pháp có thể được làm khác biệt ở chỗ: (a) không có hồng học khi chi tiết 50 hoặc lớp thủy tinh 50a được giữ ở bán kính uốn từ khoảng 3 mm đến khoảng 20 mm trong ít nhất 60 phút ở khoảng 25°C và độ ẩm tương đối khoảng 50%; (b) độ bền đánh thùng lớn hơn khoảng 1,5 kgf khi bề mặt cơ sở thứ hai 56, 56a của chi tiết 50 hoặc lớp 50a được hỗ trợ bởi (i) xấp xỉ 25 μm chiều dày chất kết dính nhạy áp suất có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 1 GPa và (ii) xấp xỉ 50 μm chiều dày lớp polyetylen terephthalat có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 10 GPa, và bề mặt cơ sở thứ nhất 54, 54a của chi tiết 50 hoặc lớp 50a được tải với thùng thép không gỉ có đáy phẳng với đường kính 200 μm ; và (c) độ cứng bút chì bằng hoặc lớn hơn 8H.

Trong phương án làm ví dụ, các bước tạo lớp thủy tinh thứ nhất 50a và chi tiết 50 tương ứng tới chiều dày cuối 52a và chiều dày 52 có thể được thực hiện bằng cách sử dụng quy trình hợp nhất, kéo ren, cán, kéo ngược, nổi hoặc các quy trình tạo hình thủy tinh trực tiếp khác. Lớp thủy tinh 50a (và chi tiết 50) sau đó có thể được tách, cắt và/hoặc nếu không thì được tạo hình thành các kích thước gần cuối của bộ phận sử dụng các quy trình cắt đã biết (ví dụ, cắt bằng nước, cắt bằng laze, v.v.). Ở điểm này, lớp thủy tinh 50a (và chi tiết 50) có thể trải qua các bước của quy trình tạo vùng ứng suất nén 60 bao gồm, nhưng không giới hạn ở, quy trình trao đổi ion trên đây. Bước khắc axit nhẹ cuối cùng có thể được thực hiện trên lớp thủy tinh 50a và chi tiết 50 bao gồm vùng ứng suất nén 60 theo quy trình được mô tả trên đây. Bước khắc axit nhẹ cuối cùng này sau đó có thể loại bỏ bất kì vết rạn và các khuyết điểm có thể thấy rõ trên bề mặt của lớp thủy tinh 50a và chi tiết 50 do quy trình trao đổi ion trước đó gây ra.

Chi tiết thủy tinh 50 hoặc lớp thủy tinh 50a được tạo ra theo phương pháp có thể được làm khác biệt ở chỗ: (a) không có hồng học khi chi tiết 50 hoặc lớp thủy tinh 50a được giữ ở bán kính uốn từ khoảng 3 mm đến khoảng 20 mm trong ít nhất 60 phút ở khoảng 25°C và độ ẩm tương đối khoảng 50%; (b) độ bền đánh thùng lớn hơn khoảng 1,5 kgf khi bề mặt cơ sở thứ hai 56, 56a của chi tiết 50 hoặc lớp 50a được hỗ trợ bởi (i) xấp xỉ 25 μm chiều dày chất kết dính nhạy áp suất có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 1 GPa và (ii) xấp xỉ 50 μm chiều dày lớp polyetylen terephthalat có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 10 GPa, và bề mặt cơ sở thứ nhất 54, 54a của chi tiết 50 hoặc

lớp 50a được tải với thùng thép không gỉ có đáy phẳng với đường kính 200 μm ; và (c) độ cứng bút chì bằng hoặc lớn hơn 8H.

Đề cập đến Fig. 7A, đồ thị giản lược các yếu tố về cường độ lực ép ước lượng có được của các lớp thủy tinh từ ba chế phẩm, “A,” “B” và “C.” Chế phẩm nhóm A là: SiO_2 với lượng 67,1% (theo %mol); Al_2O_3 với lượng 6,3%; B_2O_3 với lượng 19,9%; MgO với lượng 0,5%; CaO với lượng 4,8%; SrO với lượng 0,5%; SnO_2 với lượng 0%; và Na_2O với lượng 0,9%. Chế phẩm nhóm B là: SiO_2 với lượng 66,7% (theo %mol); Al_2O_3 với lượng 10,9%; B_2O_3 với lượng 9,7%; MgO với lượng 2,2%; CaO với lượng 9,1%; SrO với lượng 0,5%; SnO_2 với lượng 0,1%; và Na_2O với lượng 0%. Chế phẩm nhóm C là: SiO_2 với lượng 67,4% (theo %mol); Al_2O_3 với lượng 12,7%; B_2O_3 với lượng 3,7%; MgO với lượng 2,4%; CaO với lượng 0%; SrO với lượng 0%; SnO_2 với lượng 0,1%; và Na_2O với lượng 13,7%. Công thức (2) được sử dụng để đưa ra các ước lượng được minh họa trên Fig. 7A. Các lớp thủy tinh “A,” “B” và “C” có mô đun đàn hồi tương ứng là 57,4, 69,3 và 73,6 GPa. Ngoài ra, các lớp thủy tinh “A,” “B” và “C” có tỷ số Poisson là 0,22, 0,22 và 0,23. Ngoài ra, các ước lượng của yếu tố cường độ ứng suất được thực hiện cho các lớp thủy tinh “A,” “B” và “C” có độ dày 25, 50 và 100 μm và bán kính uốn 3, 5 và 7 mm. Kích thước vết rạn 400 nanomet (nm) được thừa nhận cho tất cả các trường hợp, vì đó là kích thước vết rạn tối thiểu điển hình cho bề mặt thủy tinh được tạo bằng hợp nhất. Không có vùng ứng suất nén được thấy là có mặt trong bất kì lớp thủy tinh nào.

Trong Fig. 7A, các vùng I, II và III đề cập đến vùng hỏng hóc tức thời, vùng hỏng hóc do mỏi chậm và các vùng không hỏng hóc một cách tương ứng. Như các ước lượng đã chỉ ra, việc tăng bán kính uốn và giảm độ dày của lớp thủy tinh là các bước mà mỗi bước có xu hướng giảm yếu tố cường độ ứng suất. Nếu bán kính uốn được giữ không thấp hơn 5 mm và độ dày của lớp thủy tinh đến 25 μm hoặc nhỏ hơn, các yếu tố về cường độ lực ép ước lượng trong Fig. 7A gợi ý rằng không có hỏng hóc có thể xảy ra trong vùng căng tĩnh hoặc mỏi (ví dụ, $K < 0,2 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ trong vùng III). Các lớp thủy tinh cụ thể được minh họa trên Fig. 7A (đó là, các lớp thủy tinh với bán kính uốn bằng hoặc lớn hơn 5 mm và chiều dày là 25 μm hoặc nhỏ hơn) có thể thích hợp để sử dụng trong các bộ phận lắp ráp xếp chồng và các vật phẩm thủy tinh với yêu cầu về độ bền đánh thủng tương đối khiêm tốn theo các khía cạnh nhất định của sáng chế.

Đề cập đến Fig. 7B, đồ thị giản lược các yếu tố về cường độ lực ép ước lượng được phân bổ cho các lớp thủy tinh từ ba chế phẩm, “A,” “B” và “C” (đó là, các chế phẩm giống như được sử dụng cho các lớp thủy tinh được minh họa trên Fig. 7A). Mỗi lớp thủy tinh được sử dụng trong các ước lượng được minh họa trên Fig. 7B được cho là có chiều dày 50 μm và bán kính uốn 5 mm. Ngoài ra, nhóm “đối chứng” (cũng được ghi chú là A, B và C) được cho là thiếu vùng ứng suất nén xếp chồng, và nhóm “IOX” (cũng được ghi chú là A”, B” và C”) được cho là có vùng ứng suất nén được phát triển thông qua quy trình trao đổi ion có khoảng 700 MPa lực nén bề mặt, theo khía cạnh của sáng chế. Kích thước vết rạn thấp hơn 2000 nm (2 μm) được dùng cho mục đích để tạo ra các ước lượng này, phản ánh trường hợp xấu nhất của vết rạn lớn nhất xuất hiện ở giai đoạn sử dụng thiết bị bởi khách hàng ngay sau khi chế tạo thiết bị chứa bộ phận lắp ráp xếp chồng, chi tiết thủy tinh hoặc vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh của sáng chế.

Như các ước lượng trên Fig. 7B đã chỉ ra, vùng ứng suất nén được phát triển trong lớp thủy tinh với quy trình trao đổi ion có thể bù một cách đáng kể các mức cường độ ứng suất trong các lớp thủy tinh quan sát thấy trên cơ sở uốn. Các mức cường độ ứng suất rất thấp dưới ngưỡng giới hạn vùng III (ví dụ, $K_I < 0 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ cho vùng III) được quan sát thấy với các lớp thủy tinh “IOX” có chiều dày 50 μm và bán kính uốn 5 mm, bằng ứng suất nén bổ sung cộng vào các ứng suất kéo được phát triển trong khi uốn. Ngược lại, nhóm đối chứng, không có vùng ứng suất nén, được ước lượng là có mức cường độ ứng suất trong vùng I.

Đề cập đến Fig. 8, đồ thị giản lược đưa ra các mức ứng suất ước lượng ở bề mặt của các cửa lớp thủy tinh của một chế phẩm cụ thể, chế phẩm thủy tinh có thể so sánh với chế phẩm của nhóm C được minh họa trên các Fig. 7A và 7B. Mỗi lớp thủy tinh được sử dụng để tạo các ước lượng ứng suất được minh họa trên Fig. 8 được cho là có chiều dày 25, 50, 75 và 100 μm và bán kính uốn là 5 mm. Ngoài ra, một số trong số các lớp thủy tinh này được cho là thiếu vùng ứng suất nén (đó là, nhóm “đối chứng”) và các lớp thủy tinh còn lại được cho là có vùng ứng suất nén có khoảng 700 MPa lực nén bề mặt, ví dụ, như được phát triển thông qua quy trình trao đổi ion (đó là, nhóm “IOX”) theo khía cạnh khác của sáng chế. Kích thước vết rạn 400 nm được giả sử là cho tất cả các trường hợp, do nó là kích thước vết rạn tối thiểu điển hình cho bề mặt

thủy tinh được tạo bằng hợp nhất. Ngoài ra, vùng an toàn (đó là, vùng III) được thiết lập ở yếu tố cường độ ứng suất an toàn $K < 0,2 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$.

Như các ước lượng trên Fig. 8 đã chỉ ra, vùng ứng suất nén được phát triển trong lớp thủy tinh với quy trình trao đổi ion có thể bù một cách đáng kể các mức cường độ ứng suất trong các lớp thủy tinh quan sát thấy trong khi uốn. Các mức cường độ ứng suất rất thấp dưới ngưỡng giới hạn vùng III (ví dụ, $K < 0,2 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ cho vùng III) được quan sát thấy với tất cả các lớp thủy tinh “IOX” có chiều dày 25, 50, 75 và 100 μm và bán kính uốn 5 mm, bằng ứng suất nén bổ sung cộng vào các ứng suất kéo được phát triển trong khi uốn. Ngược lại, nhóm đối chứng, không có vùng ứng suất nén, được ước lượng là có mức cường độ ứng suất trong vùng I cho tất cả các mức chiều dày.

Đề cập đến Fig. 9 là đồ thị của dữ liệu tải gây hỏng hóc bằng đánh thủng đối với các lớp thủy tinh của một chế phẩm có độ dày 75 μm và vùng nén ép được phát triển qua quy trình trao đổi ion, theo khía cạnh của sáng chế. Cụ thể, chế phẩm thủy tinh cho các mẫu thử nghiệm trong Fig. 9 là: SiO_2 với lượng 68,9% (theo mol%); Al_2O_3 với lượng 10,3%; Na_2O với lượng 15,2%; MgO với lượng 5,4 %; và SnO_2 với lượng 0,2%. Tất cả các lớp thủy tinh được thử nghiệm trong phần thử nghiệm được sử dụng để tạo ra các dữ liệu trên Fig. 9 được trải qua quy trình trao đổi ion để tạo ra vùng ứng suất nén với ứng suất nén ở bề mặt khoảng 772 MPa và DOL là 9,6 μm . Cho các mục đích thử nghiệm, các lớp thủy tinh được cán mỏng thành lớp PET dày 50 μm (có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 10 GPa) với lớp PSA dày 25 μm (có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 1 GPa). Thử nghiệm đánh thủng được thực hiện trên bề mặt ngoài của thủy tinh.

Như được thể hiện trên Fig. 9, bốn nhóm mẫu được thử nghiệm để phát triển dữ liệu thử nghiệm đánh thủng. Mỗi nhóm tương ứng với thiết bị đánh thủng khác nhau: đường kính 200 μm , đánh thủng bằng thép không gỉ đáy bằng; 0,5 bóng vonfram cacbua 0,5; bóng vonfram cacbua 1,0 mm; và bóng vonfram cacbua 1,5 mm. Dữ liệu trong Fig. 9 chứng minh độ nhạy của dữ liệu tải gây hỏng hóc bằng đánh thủng đối với thiết bị đánh thủng cụ thể được sử dụng trong thử nghiệm. Thông thường, sự thay đổi trong kết quả được thấy là tương tự cho mỗi thiết bị được sử dụng. Như chỉ ra trên Fig. 9, các lớp thủy tinh có độ dày 75 μm với vùng ứng suất nén được phát triển thông qua

xử lý trao đổi ion có tải gây hỏng bằng đánh thùng vượt xa 4 kgf khi được thử nghiệm với dụng cụ đánh thùng bằng thép không gỉ, đáy tròn, đường kính 200 μm .

Trong ví dụ khác, lớp thủy tinh với chế phẩm có thể so sánh với các lớp thủy tinh được thử nghiệm trong Fig. 9 được chuẩn bị theo khía cạnh của sáng chế với vùng ứng suất nén được tạo ra qua quy trình trao đổi ion được trải qua thử nghiệm uốn mỗi tĩnh hai điểm. Cụ thể, lớp thủy tinh được thử nghiệm có chiều dày 75 μm và vùng ứng suất nén của nó được phát triển bằng cách nhúng trong bể muối KNO_3 nóng chảy ở 430°C trong 30 phút. Ngoài ra, lớp thủy tinh được trải qua quy trình loại bỏ vật liệu bằng trao đổi ion sau bao gồm bước khắc axit trong ion F^- 950 ppm, dung dịch khắc axit xitric 0,1M trong khoảng 128 phút. Trên cơ sở thử nghiệm, lớp thủy tinh không hỏng hóc sau khi chịu bán kính uốn ~ 5 mm trong 120 giờ.

Trong ví dụ khác, các lớp thủy tinh dày 75 μm được chuẩn bị phù hợp với chế phẩm và các bước của quy trình trao đổi ion của các mẫu được thử nghiệm trong Fig. 9. Các mẫu không được cán mỏng với bất kì lớp tuân thủ nào. Khi được chuẩn bị, các mẫu này có kích thước là 105 x 20 x 0,075 mm. 10 mẫu sau đó được bố trí với cấu hình uốn trong trạng thái cố định của thử nghiệm tĩnh với sự phân bằng tách đĩa 10 mm (các đĩa được chế tạo từ vật liệu Teflon®). Các mẫu sau đó được giữ trong vật cố định ở 85°C và 85% độ ẩm tương đối. 9 trên 10 mẫu không thấy có bất kì hỏng hóc nào sau hai tháng thử nghiệm ở trạng thái tĩnh. Một mẫu hỏng hóc trong ngày đầu tiên thử nghiệm. Từ các kết quả này và các phân tích khác, có thể tin rằng bất kì mẫu nào với các vết rạn ở bề mặt do hỏng hóc còn lại sau khi xử lý có thể được loại bỏ thông qua thử nghiệm thử thách.

Trong ví dụ bổ sung, các lớp thủy tinh dày 75 μm được chuẩn bị phù hợp với chế phẩm và các bước của quy trình trao đổi ion của các mẫu được thử nghiệm trong Fig. 9, bao gồm việc cán thành lớp PET dày 50 μm với lớp PSA dày 25 μm . Khi được tạo ra, các mẫu có kích thước là 105 x 20 x 0,075 mm (không bao gồm các lớp PET/PSA). Năm mẫu sau đó được thử nghiệm mỗi với cơ cấu ngoạm theo chu kì. Sự cố định thử nghiệm mỗi với cơ cấu ngoạm theo chu kì giữ các mẫu với đĩa phân tách 10 mm trong các điều kiện nhiệt độ và độ ẩm môi trường. Mỗi chu kì bao gồm đóng vật cố định cơ cấu ngoạm trong khi giữ đĩa phân tách 10 mm và sau đó mở hoàn toàn vật cố định sao cho mẫu là đồng nhất và không bị uốn. Mỗi mẫu trong năm mẫu đã chịu được 45,000 chu kì như vậy.

Bây giờ, tham chiếu tới Fig. 10 là đồ thị giản lược các yếu tố về cường độ lực ép ước lượng cho các lớp thủy tinh từ ba chế phẩm, các nhóm “A,” “B” và “C” có cùng chế phẩm như các nhóm mẫu được sử dụng cho các ước lượng nêu trên các Fig. 7A và 7B, được đề xuất theo khía cạnh khác của sáng chế. Mỗi mẫu được sử dụng cho các ước lượng trong Fig. 10 có chiều dày of 25, 50, 75 hoặc 100 μm , và bán kính uốn là 10 hoặc 20 mm. Ở đây, mỗi mẫu được thử nghiệm có các vùng ứng suất nén được phát triển thông qua đun nóng, và sau đó là làm lạnh, lõi và các vùng phủ của các lớp thủy tinh trong trạng thái tiếp xúc gần, vùng lõi có CTE lớn hơn CTE của vùng phủ. Các ước lượng được sử dụng trên Fig. 10 thừa nhận kích thước vết rạn khoảng 2 μm trên bề mặt của lớp thủy tinh cho mỗi mẫu. Ngoài ra, ứng suất nén khoảng 150 MPa được cho là được phát triển trong vùng ứng suất nén của các lớp thủy tinh này thông qua không khớp của CTE trong vùng lõi và vùng phủ.

Như các ước lượng trên Fig. 10 chỉ ra, vùng ứng suất nén được phát triển trong lớp thủy tinh với sự không khớp của CTE giữa lõi và vùng phủ có thể làm giảm một cách đáng kể các mức cường độ ứng suất trong các lớp thủy tinh quan sát thấy trong khi uốn. Các mức cường độ ứng suất rất thấp dưới ngưỡng giới hạn vùng III (ví dụ, $K < 0,2 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ cho vùng III) được quan sát thấy với tất cả các lớp thủy tinh có chiều dày 25, 50, 75 và 100 μm và bán kính uốn 20 mm, bằng ứng suất nén bổ sung cộng vào các ứng suất kéo được phát triển trong khi uốn. Ngoài ra, lớp thủy tinh có độ dày 25 và 50 μm và bán kính uốn là 10 mm cũng có các mức cường độ ứng suất dưới ngưỡng tới hạn vùng III. Do đó, các lớp thủy tinh cụ thể này sử dụng sự không khớp CTE cũng có thể được sử dụng theo các khía cạnh của sáng chế trong các bộ phận lắp ráp xếp chồng và các vật phẩm thủy tinh có các yêu cầu về bán kính uốn là 10 mm hoặc lớn hơn (xem, ví dụ, bộ phận lắp ráp xếp chồng 100b trên Fig. 1D và phần mô tả tương ứng).

Trong Fig. 11, đồ thị Weibull của xác suất hỏng hóc theo dữ liệu tải đánh thủng cho các lớp thủy tinh của một chế phẩm có độ dày 75 μm và vùng ứng suất nén được phát triển thông qua quy trình trao đổi ion được đề xuất theo khía cạnh của sáng chế. Cụ thể, chế phẩm thủy tinh cho các mẫu được thử nghiệm là có thể so sánh với các chế phẩm được thử nghiệm trên Fig. 9. Tất cả các lớp thủy tinh được thử nghiệm trong phần thử nghiệm được sử dụng để tạo ra các dữ liệu trên Fig. 11 được trải qua quy trình trao đổi ion để tạo ra vùng ứng suất nén với ứng suất nén ở bề mặt khoảng 772

MPa và DOL là 9,6 μm . Nhóm “B” của các lớp thủy tinh, được ghi chú bằng các biểu tượng vòng tròn mở trên Fig. 11, bao gồm các mẫu thủy tinh được cán thành lớp PET dày 50 μm với lớp PSA dày 25 μm . Tất cả các thử nghiệm đánh thủng được thực hiện trên bề mặt thủy tinh bên ngoài, cách lớp xếp chồng PET/PSA. Nhóm “A” của các lớp thủy tinh, như được ghi chú bởi các kí hiệu vòng tròn đóng trên Fig. 11, bao gồm các mẫu thủy tinh mà không được cán thành lớp xếp chồng PET/PSA. Các kết quả của thử nghiệm đánh thủng được chỉ ra trên Fig. 11 được tạo ra sử dụng cơ cấu đánh thủng bằng thép không gỉ, đáy tròn, đường kính 200 μm .

Như được thể hiện trên Fig. 11, nhóm không cán mỏng “A” group và nhóm cán mỏng “B” group của các mẫu thể hiện các giá trị về cường độ đặc tính Weibull (đó là, ở xác suất hỏng hóc 63,2% hoặc lớn hơn) ở 4,3 kgf và 3,3 kgf, một cách tương ứng. Ngoài ra, tất cả các mẫu từ cả hai nhóm hỏng hóc ở 5,5 kgf hoặc lớn hơn. Mô đun Weibull của nhóm cán mỏng “B” cao hơn so với mô đun Weibull của nhóm không cán mỏng “A”, cho thấy rằng sự biến đổi về hiệu suất hỏng hóc có thể giảm đi bằng cách cán mỏng các mẫu. Mặt khác, nhóm không cán mỏng “A” chứng minh tải gây hỏng bằng đánh thủng trung bình và cường độ đặc tính Weibull cao hơn sơ với nhóm cán mỏng “B”, gợi ý rằng việc cán mỏng có thể phần nào làm giảm hiệu quả thử nghiệm đánh thủng, có thể được gây ra bởi sự tập trung ứng suất cục bộ tăng liên quan đến các lớp tuân thủ trong vùng lân cận với thủy tinh gần đầu thử nghiệm đánh thủng. Do đó, các lựa chọn và tùy chọn liên quan đến việc cán mỏng các bộ phận lắp ráp xếp chồng theo các khía cạnh của sáng chế có thể được lưu tâm về việc tối ưu hóa tiềm năng của các biến đổi của độ bền đánh thủng và tối đa hóa tổng thể độ bền đánh thủng.

Profin ứng suất tổng thể

Ứng suất căng trong thủy tinh có xu hướng tạo ra sự lan truyền các vết rạn, trong khi ứng suất nén trong thủy tinh có xu hướng ngăn sự lan truyền của các vết rạn. Các vết rạn có thể có mặt trong thủy tinh từ tự nhiên trong đó nó được tạo, được sử dụng hoặc được xử lý. Theo đó, mong muốn có các phần của thủy tinh mà có thể có hoặc nhận các vết rạn (đó là, các bề mặt cơ sở, và từ các bề mặt cơ sở này tới chiều dày mà các vết rạn có thể xuyên tới đó) ở dạng bị nén lại. Đối với miếng thủy tinh được uốn, profin ứng suất bao gồm hai thành phần chính, thành phần thứ nhất σ_I là thành phần vốn có trong thủy tinh từ cách mà chúng được tạo thành và/hoặc được xử lý, và σ_B thứ hai là thành phần có trên cơ sở uốn thủy tinh.

Một ví dụ về thành phần thứ nhất σ_I , ứng suất vốn có trong bản thân thủy tinh, là như được thể hiện trên Fig. 12. Dòng 1202 là profin ứng suất đối với chi tiết thủy tinh dày 75 micromet của Corning Code 2319 (Gorilla® Glass 2) có ứng suất nén là 756 MPa và DOL là 9,1 micromet. Như được sử dụng ở đây, ứng suất dương là ứng suất căng và ứng suất nén là âm. Profin ứng suất vốn có trong thủy tinh có thể khác nhau dựa trên các điều kiện IOX khác nhau, các chế phẩm thủy tinh, và/hoặc các điều kiện xử lý khác nhau khi tạo thủy tinh (vì trong trường hợp thủy tinh cán được mô tả trên đây, nó có thể truyền ứng suất nén ở lớp ngoài của thủy tinh). Trong bất kỳ sự kiện nào, thủy tinh bản thân nó cũng có profin ứng suất vốn có.

Khi chi tiết thủy tinh 50 được uốn, chỗ uốn gây ra thành phần ứng suất thứ hai σ_B cho profin ứng suất trong thủy tinh. Ví dụ, khi chi tiết thủy tinh 50 được uốn theo hướng như thể hiện trên Fig. 1A, ứng suất kéo gây ra do hành động uốn được đưa ra bởi công thức (1) trên đây, và sẽ là lớn nhất ở bề mặt ngoài, ví dụ bề mặt cơ sở thứ nhất 54 của chi tiết thủy tinh 50. Bề mặt cơ sở thứ hai 56 sẽ ở dạng nén. Ví dụ về điểm uốn gây ra ứng suất là như được thể hiện trên Fig. 13. là đường 1302. Đường 1302 là đồ thị ứng suất uốn của chi tiết thủy tinh dày 75 micromet được tạo bằng Corning Code 2319 (Gorilla® Glass 2) nhưng, đối với mômen, không xét đến profin ứng suất vốn có trong thủy tinh do IOX. Các thông số cho công thức (1), cho loại thủy tinh này, như được vẽ đồ thị, là mô đun $E = 71,3$ GPa, hệ số Poisson $\nu = 0,205$, chiều dày = 75 micromet, và bán kính uốn = 4,5 mm.

Do đó, profin ứng suất tổng thể trong thủy tinh sẽ lại là tổng của hai thành phần như mô tả trên đây, hoặc $\sigma_I + \sigma_B$. Ứng suất tổng thể là như được nêu trên Fig. 14 là đường liền 1402, là tổng của đường ứng suất vốn có 1202, σ_I , được thể hiện là đường nét đứt ngắn, và đường ứng suất do uốn 1302 σ_B được thể hiện là đường nét đứt dài. Ứng suất ở bề mặt ngoài của chi tiết thủy tinh 50, ví dụ bề mặt cơ sở 54 như thể hiện trên Fig. 1A, được thể hiện bên trái của đồ thị, trong khi ứng suất ở bề mặt cơ sở bên trong 56 là được thể hiện ở bên phải của đồ thị. Như có thể thấy từ đường 1402, ứng suất ở bề mặt cơ sở bên trong thứ hai 56 là ứng suất nén và sẽ hạn chế sự lan ra của các vết rạn. Tương tự, ứng suất ở bề mặt ngoài hoặc bề mặt cơ sở thứ nhất 54 cũng là ứng suất nén và sẽ hạn chế sự lan ra của các vết rạn. Như được thể hiện, đối với các điều kiện được ghi chú trên đây, ứng suất nén mở rộng từ bề mặt cơ sở thứ nhất 54 tới chiều dày vài micromet. Mức ứng suất nén ở bề mặt cơ sở bên ngoài, và độ dày phía dưới bề

mặt cơ sở bên ngoài mà ứng suất nén kéo dài từ đó, có thể tăng lên theo nhiều cách. Trước tiên, ứng suất kéo do uốn có thể được làm cho nhỏ hơn. Như có thể thấy qua công thức (1) ứng suất gây ra do uốn σ_B có thể được làm nhỏ hơn bằng cách sử dụng thủy tinh mỏng hơn, và/hoặc bán kính uốn lớn hơn, và/hoặc thủy tinh với mô đun E nhỏ hơn, và/hoặc thủy tinh với hệ số Poisson ν cao hơn. Tiếp theo, mức ứng suất nén ở bề mặt cơ sở bên ngoài có thể được giảm đi bằng cách chọn thủy tinh với ứng suất nén vốn có σ_I lớn hơn ở các khu vực mong muốn như bằng cách, ví dụ, sử dụng các điều kiện IOX, các chế phẩm thủy tinh khác nhau, và/hoặc các điều kiện xử lý khác nhau, như chú thích trên đây liên quan đến thảo luận trên Fig. 12.

Khía cạnh quan trọng của sáng chế là ở bề mặt cơ sở bên ngoài, đó là, bề mặt cơ sở ở phía ngoài của phần uốn của chi tiết thủy tinh 50, ví dụ bề mặt cơ sở thứ nhất 54 như thể hiện trên Fig. 1A, cho các màn hình gập được hoặc cuộn lại được trong đó bán kính uốn ≤ 20 mm, tổng của ứng suất sẵn có σ_I và ứng suất uốn σ_B là nhỏ hơn 0 như được thể hiện bởi công thức (3) dưới đây.

$$\sigma_I + \sigma_B < 0 \quad \text{Công thức (3)}$$

Thêm vào đó, sẽ có lợi để xác định profin ứng suất trong chi tiết thủy tinh sao cho công thức (3) được thỏa mãn đến chiều dày ít nhất 1 micromet dưới bề mặt cơ sở 54 trong một số ví dụ, đến chiều dày ít nhất 2 micromet dưới bề mặt cơ sở 54 trong các ví dụ khác, và đến chiều dày ít nhất 3 micromet dưới bề mặt cơ sở 54 trong các ví dụ khác. Chiều dày dưới bề mặt cơ sở mà công thức (3) đưa ra càng sâu hơn thì thiết bị sẽ càng bền hơn. Đó là, nếu vết rạn (vết xước thao tác thiết bị trong quá trình sản xuất hoặc sử dụng, ví dụ) mở rộng dưới bề mặt cơ sở đến mức lớn hơn so với mối quan hệ trong công thức (3) đưa ra, sau đó vết rạn sẽ lan ra theo thời gian và chi tiết thủy tinh sẽ hỏng. Nói theo cách khác, profin IOX nên được kiểm soát để ứng suất gây ra do uốn nằm trong vùng 1403, đó là, không lớn hơn điểm mà ở đó đường 1402 cắt trục Y, để làm giảm đến mức tối thiểu hỏng hóc. Ngoài ra, trong các ví dụ khác, số lượng vết rạn nên được kiểm soát sao cho nằm trong vùng 1403, đó là, chiều dày tối đa của vết rạn từ bề mặt thủy tinh mà không vượt quá điểm ở đó đường 1402 cắt trục X nhờ đó vết rạn nằm trong vùng nén trong thủy tinh và và không lan ra. Do đó, bằng cách tối đa hóa vùng 1403, các bán kính uốn nhỏ hơn và các vết rạn sâu hơn có thể giảm đi trong khi hỏng hóc được giảm đến mức tối thiểu.

Bề mặt cơ sở bên ngoài như được thể hiện là bề mặt cơ sở thứ nhất 54 trong phần thảo luận trên đây, nhưng trong một số ví dụ, bề mặt cơ sở thứ hai 56 có thể là bề mặt cơ sở bên ngoài thay vì bề mặt cơ sở thứ nhất 54. Trong các ví dụ khác, ví dụ trong cơ cấu gấp ba, cả bề mặt cơ sở thứ nhất 54 và bề mặt cơ sở thứ hai 56, có thể có các phần là bề mặt cơ sở bên ngoài, đó là, trên mặt ngoài của phần uốn của chi tiết thủy tinh 50.

Lợi ích của bước khắc axit nhẹ sau khi IOX

Lợi ích của việc thực hiện bước khắc axit sau bước gia cường IOX được thể hiện trên các Fig. 15 và 16, chỉ ra sự phân bố cường độ uốn hai điểm. Các giá trị uốn hai điểm trong các hình này được đo bằng thử nghiệm các mẫu như sau. Các mẫu được tạo ứng suất ở tốc độ không đổi 250 MPa/giây. Đối với phương pháp uốn hai điểm, xem S. T. Gulati, J. Westbrook, S. Carley, H. Vepakomma, và T. Ono, “45,2: Two point bending of thin glass substrates,” trong SID Conf., 2011, trang 652–654. Môi trường được kiểm soát ở 50% độ ẩm tương đối và 25°C. Các bộ dữ liệu thể hiện ứng suất tối đa khi hỏng hóc, và cho rằng hỏng hóc xảy ra ở khu vực bán kính tối thiểu. Đường 1501 thể hiện sự phân bố Weibull đối với cường độ của các mẫu thủy tinh được khắc sâu từ chiều dày 200 micromet tới 75 micromet (không có IOX hoặc khắc axit sau đó được thực hiện trên các mẫu này). Bộ các mẫu này thể hiện cường độ khoảng 850 MPa ở xác suất hỏng hóc B10. Đường 1502 thể hiện sự phân bố Weibull của cường độ các mẫu thủy tinh được khắc sâu từ 200 micromet đến 75 micromet và sau đó được IOX (nhưng không khắc axit sau đó). Các mẫu này thể hiện cường độ giảm nhẹ, khoảng 700 MPa ở xác suất hỏng hóc B10, từ các giá trị của các mẫu chỉ được khắc axit sâu của đường 1501. Không mong muốn bị ràng buộc bởi lý thuyết, có vẻ rằng quy trình IOX làm giảm cường độ bằng cách mở rộng các vết rạn. Đường 1503 sau đó chỉ ra sự phân bố Weibull của cường độ của các mẫu thủy tinh được khắc sâu từ 200 micromet đến 75 micromet, trải qua IOX trong các điều kiện giống như các mẫu của đường 1502, và sau đó được khắc axit nhẹ để loại bỏ < 2 micromet chiều dày từ mỗi bề mặt. Các mẫu này thể hiện cường độ tăng, khoảng 1500 MPa ở xác suất hỏng hóc B10, với mỗi tập hợp mẫu của đường 1501 và 1502. Fig. 15 thể hiện lợi ích của việc thực hiện khắc axit nhẹ sau bước IOX. Một lần nữa, không mong muốn bị ràng buộc bởi lý thuyết, có thể tin rằng bước khắc axit nhẹ sau bước IOX làm giảm

chiều sâu vết rạn và các đầu làm nứt cùn đưa vào bởi bản thân quy trình IOX và, do đó, làm tăng cường độ của mẫu.

Mặc dù IOX thấy là làm giảm cường độ trong các mẫu khắc axit sâu (như được thấy trên Fig. 15), Fig. 16 thể hiện lợi ích khác (ngoài những lợi ích được thảo luận trên đây liên quan đến các Fig. 12-14) làm gia cường bề mặt cơ sở của thủy tinh cho các màn hình gập được và/hoặc cuộn được. Cụ thể, thủy tinh không được IOX sẽ bị mói do không có bề mặt ngoài của nó (được uốn) ở trạng thái nén. Do đó, các mẫu thủy tinh không được IOX có vẻ thấy là có hỏng hóc bị chậm. Đường 1601 thể hiện sự phân bố Weibull của cường độ của các mẫu thủy tinh mà chỉ được khắc axit sâu từ chiều dày 200 micromet đến 75 micromet (các mẫu không được IOX), và trải qua thử nghiệm cường độ uốn hai điểm sau khi tải rất thấp 10gf tiếp xúc với vật làm lõm bằng kim cương góc hình lập phương. Thử nghiệm góc hình lập phương được thực hiện trên máy thử nghiệm độ cứng Mitutoyo HM-200 với đầu làm lõm bằng kim cương góc hình lập phương. Thử nghiệm được thực hiện trên thủy tinh trần được đặt trên giá đặt mẫu của thiết bị. Tải 10 gram lực (Gram Force- gf) được áp dụng và giữ trong thời gian giữ là 10 giây. Sự làm lõm được thực hiện trong điều kiện độ ẩm tương đối 50% và 25°C. Vết lõm nằm ở giữa mẫu thử nghiệm, sao cho nó sẽ là vị trí có ứng suất tối đa (bán kính tối thiểu) khi thử nghiệm bởi thử nghiệm uốn hai điểm. Sau khi làm lõm, các mẫu được giữ ở cùng môi trường trong 24 giờ trước thử nghiệm uốn hai điểm như được mô tả trên đây. Đường 1601 thể hiện cường độ khoảng 150 MPa ở xác suất hỏng hóc B10. Đường 1603 thể hiện sự phân bố Weibull của cường độ của các mẫu thủy tinh mà được khắc axit sâu từ chiều dày 200 micromet đến 75 micromet, được IOX, sau đó được khắc axit để loại bỏ 2 micromet chiều dày mỗi bên, và sau đó tiến hành thử nghiệm cường độ uốn hai điểm sau khi tải rất thấp 10gf tiếp xúc với vật làm lõm bằng kim cương góc lập phương. Đường 1603 thể hiện cường độ khoảng 800 MPa ở xác suất hỏng hóc B10. Bằng cách so sánh đường 1601 với đường 1501, và bằng cách so sánh đường 1603 với đường 1503, có thể thấy rằng bất kì tiếp xúc nào cũng gây giảm đáng kể cường độ của phần không được gia cường. Tuy nhiên, bằng cách so sánh đường 1603 với đường 1601, có thể thấy rằng hư tổn nằm trong trong chiều sâu nén đối với phần được IOX, đem lại cường độ lớn hơn cho các phần được gia cường của đường 1603 so với phần không được gia cường của đường 1601. Do đó, việc làm gia

cường, ví dụ bằng IOX, là cách có lợi để làm giảm các ảnh hưởng của các hư tổn do tiếp xúc, ngay cả khi các hư tổn này được gây ra bởi tải tương đối thấp là 10gf.

Sự bắt đầu làm nứt Vickers

Các ví dụ về chi tiết thủy tinh theo sáng chế là cũng có khả năng tạo ra sự chống tạo thành các vết rạn giới hạn cường độ. Điều này là có lợi khi chi tiết thủy tinh được sử dụng làm thủy tinh che phủ và đối tượng để tiếp xúc từ người sử dụng, hoặc các sự kiện tiếp xúc khác. Mặc dù không mong muốn bị ràng buộc bởi lý thuyết, IOX cũng tạo ra sự chống tạo thành các vết rạn giới hạn cường độ. Lực lớn hơn 2kgf là cần thiết để tạo ra/bắt đầu vết nứt > 100 micromet trong các mẫu thủy tinh mà đã được khắc axit sâu, được IOX, và sau đó được khắc axit nhẹ, như được thảo luận trên đây. Fig. 17-20 thể hiện sự so sánh giữa các mẫu của Fig. 17 và 18 mà được IOX (khắc axit sâu, IOX, và sau đó là khắc axit nhẹ như thảo luận trên đây) và các mẫu trong Fig. 19 và 20 mà không được IOX (nhưng chỉ được khắc axit sâu). Fig. 17 thể hiện mẫu được IOX mà chịu tải 1 kgf với vật làm lõm Vickers bằng kim cương. Thử nghiệm khởi đầu việc làm rạn Vickers được thực hiện trên thiết bị thử nghiệm độ cứng Leco Vickers LV800AT. Thử nghiệm được thực hiện trên thủy tinh trần được đặt trên giá đặt mẫu của thiết bị làm lõm. Thủy tinh được làm lõm ở chỗ tăng tải đến khi lớn hơn 50% của mười vết lõm được tạo thành ở tải đã đưa ra cho thấy sự có mặt của các vết rạn giới hạn cường độ. Sự làm lõm được thực hiện trong các điều kiện môi trường với thời gian giữ để làm lõm là 10 giây. Như được thấy trên Fig. 17, vật làm lõm tạo ra vết rạn nhỏ hơn 100 micromet. Fig. 18 thể hiện mẫu được IOX chịu tải 2 kgf với vật làm lõm Vickers. Tương tự như Fig. 17, vật làm lõm tạo ra vết rạn nhỏ hơn 100 micromet. Do đó, có thể thấy rằng các ví dụ của sáng chế có thể chịu được tại 2 kgf mà không gây ra vết rạn giới hạn cường độ, đó là, vết rạn lớn hơn 100 micromet. Fig. 19 thể hiện mẫu thủy tinh không được IOX, chịu tải 1 kgf với vật làm lõm Vickers. Như được thấy trên Fig. 19, vật làm lõm tạo ra vết rạn lớn hơn 100 micromet. Fig. 20 thể hiện mẫu thủy tinh không được IOX, chịu tải 2 kgf với vật làm lõm Vickers. Như được thấy trên Fig. 20, vật làm lõm tạo ra vết rạn lớn hơn 100 micromet nhiều. So sánh Fig. 17 với Fig. 19, và so sánh Fig. 18 với Fig. 20, thấy rằng các phần thủy tinh được IOX có khả năng chống lại sự tạo thành các vết rạn giới hạn cường độ, đó là, các vết rạn lớn hơn 100 micromet. Như có thể thấy bằng cách so sánh các Fig. 18 và 20, sự tăng rất nhỏ của lực trên vật làm lõm Vickers (đó là, từ 1 kgf đến 2 kgf) tạo ra vết rạn lớn hơn nhiều

trong vùng không được gia cường. Mặc dầu không mong muốn bị ràng buộc bởi lý thuyết, có thể nghĩ rằng vật làm lõm Vickers yêu cầu nhiều lực hơn nhiều (so với góc lập phương) để tạo ra các vết rạn giới hạn cường độ vết rạn vì vật làm lõm Vickers có góc rộng hơn nhiều so với vật làm lõm góc lập phương.

Độ cứng Vickers

Chi tiết thủy tinh có độ cứng Vickers từ 550 đến 650 kgf/mm². Độ cứng Vickers được đo trên máy thử nghiệm độ cứng Mitutoyo HM-114. Độ cứng được đo bằng cách làm lõm ở 200 gram lực (gf) và đo trung bình chiều dài hai đường chéo chính của vết tạo ra. Độ cứng được đo bằng công thức sau: $VHN = (P * 1,8544)/d^2$, trong đó VHN là số độ cứng Vickers, P là tải áp dụng 200 gf, và d là chiều dài đường chéo chính trung bình. Thông thường, mười lần đo VHN được thực hiện để xác định giá trị VHN trung bình. Sự làm lõm được thực hiện ở độ ẩm tương đối là 50% và 25°C. Thử nghiệm được thực hiện trên thủy tinh trần được đặt trên giá đỡ mẫu của thiết bị làm lõm. Thời gian giữ để làm lõm là 10 giây. Độ cứng, bao gồm độ cứng Vickers, là phép đo với sự biến dạng vĩnh viễn ở vật liệu. Vật liệu càng cứng, như được thấy bởi số độ cứng Vickers cao hơn, sự biến dạng vĩnh viễn ở vật liệu càng nhỏ. Do đó, độ cứng là phép đo sự chống bị xước và hư tổn của vật liệu đối với, ví dụ, khóa, và các vật có độ cứng tương tự hoặc nhỏ hơn mà có thể tiếp xúc với vật liệu. Độ cứng Vickers từ 550 đến 650 kgf/mm² tạo ra sự chống bị xước và hư tổn khác của vỏ thiết bị đối với khóa và các vật khác mà có thể thấy trong túi hoặc balo của người sử dụng, ví dụ, cùng với vỏ thiết bị.

Lực đóng

Sự xem xét khác đối với màn hình có khả năng gập được hoặc uốn được là lực để làm gập hoặc uốn thiết bị. Lực cần thiết để đóng thiết bị nên không quá cao để khiến người sử dụng không thoải mái khi đóng thiết bị. Ngoài ra, lực không nên quá cao để có xu hướng khiến thiết bị muốn mở khi nó được chủ định để ở vị trí đóng. Do đó, lực đóng uốn hai điểm nên được giới hạn. Tuy nhiên, vì lực đóng uốn hai điểm cũng phụ thuộc vào kích thước của chi tiết thủy tinh kéo dài dọc đường gập, ở đây gọi là chiều dài, lực nên được bình thường hóa dựa trên chiều rộng. Lực đóng uốn hai điểm được đưa ra bởi công thức (4) dưới đây, giả sử rằng thủy tinh sẽ thể hiện như thể nó được đặt giữa hai đĩa song song, đó là, sao cho nó không có bán kính uốn không

đổi. Thuật ngữ $(1-\nu^2)$ dưới mô đun có tính đến rằng cho vật liệu như thủy tinh, ứng suất/uốn trong một chiều sẽ tạo ra sự co trong hướng khác. Trường hợp này là điển hình cho các vật dụng được tạo dạng đĩa.

$$F = \left(\frac{wt}{6}\right) \left(\frac{\sigma_{max}^2}{\left(\frac{E}{1-\nu^2}\right)}\right)$$

Công thức (4)

trong đó t là độ dày của mẫu theo mm, w chiều rộng theo mm của chi tiết thủy tinh dọc đường gấp, E là mô đun của vật liệu thủy tinh theo GPa, ν là hệ số Poissons của vật liệu, và trong đó σ_{max} được tính theo công thức (5) sau đây khi sử dụng phương pháp uốn hai điểm với đĩa song song.

$$\sigma_{max} = 1.198 \frac{E}{1-\nu^2} \left[\frac{t}{(D-t)} \right]$$

Công thức (5)

trong đó E là mô đun của vật liệu theo GPa, ν là hệ số Poissons của vật liệu, t là độ dày của vật liệu theo mm, và D là khoảng cách phân tách (theo mm) giữa các đĩa song song. Công thức (5) là ứng suất tối đa ở thiết bị uốn đĩa song song và khác so với trong công thức (1) vì nó tính cho trường hợp mẫu không đạt được bán kính uốn không đổi (như được giả sử cho công thức (1)) trong thiết bị thử nghiệm, nhưng có bán kính tối thiểu nhỏ hơn. Bán kính tối thiểu (R) được xác định là $D - h = 2,396 R$, trong đó h là chiều dày thủy tinh theo mm và giống như t . Bán kính tối thiểu R , được xác định trong trường hợp phân tách đĩa đã nêu có thể được sử dụng trong công thức (1) để xác định ứng suất tối đa.

Khi mỗi bên của công thức (4) cho w , chiều dài của chi tiết thủy tinh dọc đường gấp, dẫn tới giá trị cho F/w . Ghép các giá trị cho các mẫu thủy tinh phát hiện thấy bởi tác giả sáng chế để có lực đóng có lợi—chiều dày $t = 0,075$ mm, khoảng cách phân tách đĩa $D = 10$ mm (trong đó khoảng cách phân tách đĩa là khoảng cách trong phương pháp uốn hai điểm thông qua các đĩa song song như được thảo luận dưới đây liên quan đến thử nghiệm theo chu kỳ), mô đun E là 71 GPa, hệ số Poissons ν là 0,205—các tác giả sáng chế đã thấy rằng giá trị F/w là 0,076 N/mm hoặc nhỏ hơn dẫn đến lực đóng chấp nhận được, đó là, lực đóng mà không phải là không dễ chịu đối với người sử

dụng, và lực mà không có xu hướng khiến thiết bị mở khi ở trạng thái gấp. Bằng cách ví dụ, các tác giả phát hiện ra rằng với chiều dài là 105,2 mm, lực đóng là 7,99N là chấp nhận được. Và với chiều dài là 20 mm, lực là 1,52 N là chấp nhận được. Do đó, một lần nữa, việc làm bình thường hóa giá trị chiều dài, giá trị $F/w = 0,076 \text{ N/mm}$ hoặc nhỏ hơn được thấy là chấp nhận được.

Thử nghiệm theo chu kì

Trong quá trình sử dụng màn hình hoặc thiết bị khác, chi tiết thủy tinh 50 có thể trải qua các chu kì uốn lặp lại. Ví dụ, màn hình có thể được gấp và mở ra một cách lặp lại. Do đó, để xác định vòng đời thích hợp cho thiết bị, có lợi để đặc tính hóa số chu kì mà chi tiết thủy tinh có thể được gấp và mở ra. Để thử nghiệm tính bền uốn theo chu kì của chi tiết thủy tinh 50, chi tiết thủy tinh 50 được bố trí trên hình dạng cong giữa hai đĩa song song 2102 và 2104 (xem Fig. 21) có khoảng cách phân tách ban đầu D là 30 mm. Các đĩa sau đó được di chuyển, trong khi vẫn giữ song song, để làm tăng khoảng cách đến khoảng cách đích, giữ ở khoảng cách đích đó khoảng vài giây, và sau đó đưa trở lại khoảng cách phân tách ban đầu là 30 mm, giữ ở khoảng cách phân tách ban đầu vài giây, sau đó kết thúc chu trình. Các đĩa được di chuyển ở tốc độ 38mm/s. Chu trình sau đó được lặp lại. Số chu trình có thể được đếm đến khi chi tiết thủy tinh hỏng. Mặc dù khoảng cách phân tách ban đầu D là 30 mm được lựa chọn, trong các thử nghiệm khác, khoảng cách phân tách ban đầu có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn 30 mm. Giá trị 30 mm được lựa chọn ở khoảng cách tại đó không có tải đáng kể trên chi tiết thủy tinh 50. Khoảng cách đích có thể khác đi đến mức để thu được bán kính uốn đích là bán kính mong muốn được thử nghiệm. Bán kính uốn đích (là bán kính nhỏ nhất đạt được bởi chi tiết thủy tinh được thử nghiệm) là bằng 0,414 lần khoảng cách phân tách ban đầu D của các đĩa song song 2102, 2104. Đây là sự tính toán được rút gọn mà về cơ bản là bỏ qua chiều dày thủy tinh h (hoặc t) trong tính toán bán kính uốn tối thiểu R trong phần thảo luận sau công thức (5) vì chiều dày thủy tinh quan tâm thường nhỏ hơn nhiều so với khoảng cách phân tách các đĩa D . Tuy nhiên, ở mức độ cần thiết, chiều dày thủy tinh có thể được tính đến bằng cách sử dụng cách tính toán bán kính tối thiểu R trong phần thảo luận sau công thức (5) trên đây. Bán kính uốn không đơn giản là bằng nửa của D vì chi tiết thủy tinh không tạo thành hình bán nguyệt hoàn hảo trong thiết bị thử nghiệm. Do đó, để thử nghiệm các bán kính uốn đích khác nhau, các khoảng cách giữa các đĩa song song khác nhau có thể được tính toán một cách thích hợp. Như được

thể hiện, bề mặt cơ sở thứ nhất 54 tạo thành bề mặt ngoài của chi tiết uốn và tiếp xúc với bề mặt trong của các đĩa song song, từ đó bề mặt cơ sở thứ hai 56 tạo thành bề mặt bên trong của chi tiết uốn. Khi lớp thứ hai 70 có mặt trên bề mặt cơ sở thứ nhất 54, nó có thể tiếp xúc với các đĩa song song. Vì độ dày của lớp thứ hai 70 thường là tối thiểu (theo yêu cầu là 1 micromet hoặc nhỏ hơn) chiều dày của nó có thể được bỏ qua khi tính toán bán kính uốn (cho bề mặt cơ sở thứ nhất 54, như thể hiện trên Fig. 21) từ khoảng cách phân tách đĩa D. Tuy nhiên, trong trường hợp mà lớp thứ hai 70 có chiều dày đáng kể, khoảng cách phân tách các đĩa D có thể tăng lên bằng hai lần chiều dày lớp thứ hai để thu được bán kính uốn đích mong muốn ở bề mặt cơ sở được thử nghiệm (như được thể hiện trên Fig. 21, bề mặt cơ sở thứ nhất 54). Mặc dù bề mặt cơ sở thứ nhất 54 được thể hiện là bề mặt cơ sở bên ngoài của cấu hình uốn của chi tiết 50, phương pháp tương tự có thể được sử dụng để thử nghiệm bán kính uốn và quay vòng với bề mặt cơ sở thứ hai 56 như là bề mặt ngoài của chi tiết uốn, nếu thích hợp với cấu hình mà trong đó chi tiết thủy tinh 50 có mặt trong thiết bị cuối.

Chi tiết thủy tinh theo một ví dụ của sáng chế là dày 75 micromet, có ứng suất nén IOX là 775 MPa, và DOL là 10 micromet, và khả năng chịu trên 200,000 chu kỳ uốn ở khoảng cách phân tách các đĩa đích D là 9 mm, như được mô tả trên đây. Chi tiết thủy tinh theo một ví dụ của sáng chế là dày 75 micromet, có ứng suất nén IOX là 775 MPa, và DOL là 10 micromet, và khả năng chịu trên 200,000 chu kỳ uốn ở khoảng cách phân tách các đĩa đích D là 8 mm, như được mô tả trên đây. Đối với màn hình điển hình, việc vượt 200,000 chu kỳ uốn được coi là vòng đời thích hợp.

Ngoài ra, mặc dù thử nghiệm uốn động lực được mô tả trên đây, thiết bị thử nghiệm đĩa song song tương tự có thể được sử dụng để thử nghiệm bán kính uốn tĩnh. Trong trường hợp này, các đĩa song song 2102, 2104 được bố trí đến khoảng cách phân tách mong muốn D sao cho 0,414 lần khoảng cách phân tách các đĩa là bằng bán kính uốn tĩnh mong muốn để thử nghiệm. Một khi các đĩa song song 2102, 2104 được bố trí ở khoảng cách phân tách thích hợp D, chi tiết thủy tinh được đặt giữa các đĩa song song sao cho để thu được cấu hình uốn như được thể hiện trên Fig. 21.

Kết luận

Sẽ là rõ ràng với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực rằng các biến đổi, các thay đổi khác có thể được tạo ra mà không lệch khỏi tinh thần hoặc phạm vi của

các điểm yêu cầu bảo hộ. Ví dụ, mặc dù vùng ứng suất nén 60 trong bộ phận lắp ráp xếp chồng 100 (xem các Fig. 1, 1A) được thể hiện và được mô tả như là kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất 54a vào lớp thủy tinh 50a, vùng ứng suất nén tương tự có thể được bao gồm, kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ hai 56a vào lớp thủy tinh 50a. Tương tự, ví dụ, mặc dù tâm của bán kính uốn được thể hiện là trên cùng phía của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100 như bề mặt cơ sở thứ hai 56a, tuy nhiên không cần phải như vậy. Thay vào đó, hoặc ngoài ra, tâm của bán kính uốn có thể được bố trí trên cùng phía của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100 là bề mặt cơ sở thứ nhất 54a. Tâm của bán kính uốn có thể được bố trí trên mỗi bên của bộ phận lắp ráp xếp chồng 100 như khi, ví dụ, chi tiết xếp chồng được đặt trong cấu hình gấp ba. Ngoài ra, ví dụ, cũng có thể bố trí một hoặc nhiều tâm của bán kính uốn được trên một phía của bộ phận lắp ráp xếp chồng theo các cách khác để gấp bộ phận lắp ráp xếp chồng. Ngoài ra, ví dụ, mặc dù chỉ một bán kính uốn được thể hiện trong bất kỳ một ví dụ cụ thể, bất kỳ con số thích hợp và/hoặc thực tế của các bán kính uốn có thể có trong bộ phận lắp ráp xếp chồng.

Theo khía cạnh ví dụ thứ nhất, bộ phận lắp ráp xếp chồng được đề xuất bao gồm: chi tiết bằng thủy tinh có độ dày từ khoảng 25 μm đến khoảng 125 μm , bề mặt cơ sở thứ nhất, và bề mặt cơ sở thứ hai, chi tiết thủy tinh còn bao gồm: (a) lớp thủy tinh thứ nhất có bề mặt cơ sở thứ nhất; và (b) vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh đối với độ dày thứ nhất trong lớp thủy tinh, vùng được xác định bằng cách nén ép ít nhất khoảng 100 MPa lên bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp. Chi tiết thủy tinh khác biệt ở chỗ: (a) không có hỏng hóc khi chi tiết được giữ ở bán kính uốn từ khoảng 3 mm đến khoảng 20 mm trong ít nhất 60 phút ở khoảng 25°C và độ ẩm tương đối khoảng 50%; (b) độ bền đánh thủng lớn hơn khoảng 1,5 kgf khi bề mặt cơ sở thứ hai của chi tiết được hỗ trợ bởi (i) xấp xỉ 25 μm chiều dày chất kết dính nhạy áp suất có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 1 GPa và (ii) xấp xỉ 50 μm chiều dày lớp polyetylen terephthalat có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 10 GPa, và bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp được tải với thùng thép không gỉ có đáy phẳng với đường kính 200 μm ; và (c) độ cứng bút chì lớn hơn 8H.

Chi tiết lắp ráp theo khía cạnh ví dụ thứ nhất, trong đó lớp thủy tinh bao gồm chế phẩm thủy tinh aluminosilicat, bo silicat, bo aluminosilicat, hoặc silicat có chứa hoặc không chứa kiềm.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ nhất trên đây, trong đó độ dày của chi tiết là từ khoảng 50 μm đến khoảng 100 μm .

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ nhất trên đây, trong đó độ dày của chi tiết là từ khoảng 60 μm đến khoảng 80 μm .

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ nhất trên đây, trong đó bán kính uốn của chi tiết là từ khoảng 3 mm đến khoảng 10 mm.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ nhất trên đây, trong đó bán kính uốn của chi tiết là từ khoảng 5 mm đến khoảng 7 mm.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ nhất trên đây, trong đó ứng suất nén ở bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh là từ khoảng 600 MPa đến 1000 MPa.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ nhất trên đây, trong đó độ dày thứ nhất được đặt bằng xấp xỉ một phần ba của độ dày của lớp thủy tinh hoặc nhỏ hơn từ bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ nhất trên đây, trong đó độ dày thứ nhất được đặt bằng xấp xỉ 20% hoặc nhỏ hơn của độ dày của lớp thủy tinh từ bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh.

Theo khía cạnh ví dụ thứ hai, bộ phận lắp ráp xếp chồng được đề xuất theo khía cạnh ví dụ thứ nhất, ngoài ra còn bao gồm: lớp thứ hai có hệ số ma sát thấp được bố trí trên bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh.

Chi tiết lắp ráp theo khía cạnh ví dụ thứ hai, trong đó lớp thứ hai được phủ chứa vật liệu flo cacbon được chọn từ nhóm bao gồm các chất dẻo nhiệt và các flo cacbon vô định hình.

Chi tiết lắp ráp theo khía cạnh ví dụ thứ hai, trong đó lớp thứ hai là lớp phủ chứa một hoặc nhiều nhóm bao gồm silicon, chất sáp, polyetylen, dầu nóng, parylen, và chế phẩm phủ như kim cương.

Chi tiết lắp ráp theo khía cạnh ví dụ thứ hai, trong đó lớp thứ hai là lớp phủ chứa vật liệu được chọn từ nhóm bao gồm kẽm oxit, molybden disulfua, vonfram disulfua, khối bo nitrua, và nhôm magie borua.

Chi tiết lắp ráp theo khía cạnh ví dụ thứ hai, trong đó lớp thứ hai là lớp phủ chứa chất phụ gia được chọn từ nhóm bao gồm kẽm oxit, molypđen disulfua, vonfram disulfua, khối bo nitrua, và nhôm magie borua.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ nhất trên đây, trong đó vùng ứng suất nén có kích thước vết rạn tối đa là 5 μm hoặc nhỏ hơn ở bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ nhất trên đây, trong đó vùng ứng suất nén có kích thước vết rạn tối đa là 2,5 μm hoặc nhỏ hơn ở bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ nhất trên đây, trong đó vùng ứng suất nén có kích thước vết rạn tối đa là 0,4 μm hoặc nhỏ hơn ở bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ nhất trên đây, trong đó chi tiết thủy tinh còn được tạo khác biệt bởi không có hồng học khi chi tiết được giữ ở bán kính uốn từ khoảng 3 mm đến khoảng 20 mm trong ít nhất 120 giờ ở khoảng 25°C và độ ẩm tương đối khoảng 50%.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số khía cạnh ví dụ thứ nhất và thứ hai trên đây, trong đó chi tiết thủy tinh và lớp thứ hai có hệ số ma sát thấp được thiết lập để sử dụng trong màn hình.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ nhất trên đây, trong đó vùng ứng suất nén bao gồm nhiều ion kim loại có thể trao đổi ion và nhiều ion kim loại được trao đổi ion, các ion kim loại được trao đổi ion có bán kính nguyên tử lớn hơn so với bán kính nguyên tử của các kim loại có thể trao đổi ion.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ nhất trên đây, trong đó lớp thủy tinh ngoài ra còn bao gồm cạnh, và chi tiết thủy tinh ngoài ra còn bao gồm vùng ứng suất nén cạnh kéo dài từ cạnh đến chiều sâu cạnh trong lớp thủy tinh, vùng ứng suất nén cạnh được xác định bởi ứng suất nén ít nhất khoảng 100 MPa ở cạnh.

Theo khía cạnh ví dụ thứ ba, bộ phận lắp ráp xếp chồng được đề xuất theo khía cạnh ví dụ thứ nhất, trong đó lớp thủy tinh ngoài ra còn bao gồm vùng lõi, và vùng phủ

thứ nhất và vùng phủ thứ hai được bố trí trên vùng lõi, và ngoài ra trong đó hệ số giãn nở nhiệt cho vùng lõi là lớn hơn hệ số giãn nở nhiệt cho các vùng phủ.

Chi tiết lắp ráp theo khía cạnh ví dụ thứ ba, trong đó vùng lõi có chiều dày lõi, vùng phủ thứ nhất và vùng phủ thứ hai có chiều dày vùng phủ thứ nhất và chiều dày vùng phủ thứ hai, và tỷ lệ chiều dày được đưa ra bởi chiều dày lõi chia cho tổng chiều dày vùng phủ thứ nhất và chiều dày vùng phủ thứ hai, và ngoài ra trong đó tỷ lệ độ dày là bằng hoặc lớn hơn ba.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ nhất trên đây, trong đó chi tiết thủy tinh ngoài ra còn bao gồm một hoặc nhiều lớp thủy tinh bổ sung được bố trí dưới lớp thủy tinh thứ nhất.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ nhất trên đây, trong đó chi tiết thủy tinh ngoài ra còn bao gồm hai lớp thủy tinh bổ sung được bố trí dưới lớp thủy tinh thứ nhất.

Theo khía cạnh ví dụ thứ tư, bộ phận lắp ráp xếp chồng được đề xuất theo khía cạnh ví dụ thứ nhất, ngoài ra còn bao gồm: cấu trúc thủy tinh có độ dày lớn hơn độ dày của chi tiết thủy tinh và hai bề mặt cạnh về cơ bản song song, cấu trúc bao gồm chi tiết thủy tinh, trong đó chi tiết được bố trí trong vùng trung tâm của cấu trúc giữa các bề mặt cạnh về cơ bản song song.

Theo khía cạnh ví dụ thứ năm, vật phẩm thủy tinh được đề xuất bao gồm: lớp thủy tinh có độ dày từ khoảng 25 μm đến khoảng 125 μm , lớp này còn bao gồm: (a) bề mặt cơ sở thứ nhất; (b) bề mặt cơ sở thứ hai; và (c) vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh đến độ dày thứ nhất trong lớp thủy tinh, vùng được xác định bằng cách nén ép ít nhất khoảng 100MPa lên bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp. Lớp thủy tinh khác biệt ở chỗ: (a) không có hỏng hóc khi lớp được giữ ở bán kính uốn từ khoảng 3 mm đến khoảng 20 mm trong ít nhất 60 phút ở khoảng 25°C và độ ẩm tương đối khoảng 50%; (b) độ bền đánh thủng lớn hơn khoảng 1,5 kgf khi bề mặt cơ sở thứ hai của lớp được hỗ trợ bởi (i) xấp xỉ 25 μm chiều dày chất kết dính nhạy áp suất có môđun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 1 GPa và (ii) xấp xỉ 50 μm chiều dày lớp polyetylen terephthalat có môđun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 10 GPa, và bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp được tải với thùng thép không gỉ có đáy phẳng với đường kính 200 μm ; và (c) độ cứng bút chì lớn hơn 8H.

Chi tiết lắp ráp theo khía cạnh ví dụ thứ năm trên đây, trong đó lớp thủy tinh bao gồm chế phẩm thủy tinh aluminosilicat, bo silicat, bo aluminosilicat, hoặc silicat có chứa hoặc không chứa kiềm.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ năm trên đây, trong đó độ dày của lớp là từ khoảng 50 μm đến khoảng 100 μm .

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ năm, trong đó bán kính uốn của lớp là từ khoảng 3 mm đến khoảng 10 mm.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ năm trên đây, trong đó ứng suất nén ở bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh là từ khoảng 600 MPa đến 1000 MPa.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ năm trên đây, trong đó độ dày thứ nhất được đặt bằng xấp xỉ một phần ba của độ dày của lớp thủy tinh hoặc nhỏ hơn từ bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh.

Theo khía cạnh ví dụ thứ sáu, bộ phận lắp ráp xếp chồng được đề xuất theo khía cạnh ví dụ thứ năm, ngoài ra còn bao gồm: lớp thứ hai có hệ số ma sát thấp được bố trí trên bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ năm trên đây, trong đó vùng ứng suất nén có kích thước vết rạn tối đa là 5 μm hoặc nhỏ hơn ở bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ năm trên đây, trong đó lớp thủy tinh ngoài ra còn được làm khác biệt bởi không có hổng hóc khi lớp được giữ ở bán kính uốn từ khoảng 3 mm đến khoảng 20 mm trong ít nhất 120 giờ ở khoảng 25°C và độ ẩm tương đối khoảng 50%.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ năm trên đây và khía cạnh ví dụ thứ sáu, trong đó lớp thủy tinh và lớp thứ hai có hệ số ma sát thấp được cấu hình để dùng trong màn hình.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ năm trên đây, trong đó vùng ứng suất nén bao gồm nhiều ion kim loại có thể trao đổi ion và nhiều ion kim loại được trao đổi ion, các ion kim loại được trao đổi ion có bán kính nguyên tử lớn hơn so với bán kính nguyên tử của các kim loại có thể trao đổi ion.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ năm trên đây, và trong đó lớp thủy tinh ngoài ra còn bao gồm cạnh, và vùng ứng suất nén cạnh kéo dài từ cạnh đến chiều sâu cạnh trong lớp thủy tinh, vùng ứng suất nén cạnh được xác định bởi ứng suất nén ít nhất khoảng 100 MPa ở cạnh.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì một trong số các khía cạnh ví dụ thứ năm trên đây, trong đó lớp thủy tinh ngoài ra còn bao gồm vùng lõi, và vùng phủ thứ nhất và vùng phủ thứ hai được bố trí trên vùng lõi, và ngoài ra trong đó hệ số giãn nở nhiệt cho vùng lõi là lớn hơn hệ số giãn nở nhiệt cho các vùng phủ.

Chi tiết lắp ráp theo bất kì trong số các khía cạnh ví dụ thứ năm trên đây, trong đó vùng lõi có chiều dày lõi, vùng phủ thứ nhất và vùng phủ thứ hai có chiều dày vùng phủ thứ nhất và chiều dày vùng phủ thứ hai, và tỷ lệ chiều dày được đưa ra bởi chiều dày lõi chia cho tổng chiều dày vùng phủ thứ nhất và chiều dày vùng phủ thứ hai, và ngoài ra trong đó tỷ lệ độ dày là bằng hoặc lớn hơn ba.

Theo khía cạnh ví dụ thứ bảy, bộ phận lắp ráp xếp chồng được đề xuất theo khía cạnh ví dụ thứ năm, ngoài ra còn bao gồm: cấu trúc thủy tinh có độ dày lớn hơn độ dày của lớp thủy tinh và hai bề mặt cạnh về cơ bản song song, cấu trúc bao gồm lớp thủy tinh, trong đó lớp được bố trí trong vùng trung tâm của cấu trúc giữa các bề mặt cạnh về cơ bản song song.

Theo khía cạnh ví dụ thứ tám, phương pháp tạo bộ phận lắp ráp xếp chồng được đề xuất bao gồm các bước: tạo thành lớp thủy tinh thứ nhất có bề mặt cơ sở thứ nhất, vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh đến độ dày thứ nhất trong lớp thủy tinh, và độ dày cuối, trong đó vùng được xác định bởi nén ép ít nhất khoảng 100 MPa lên bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp; và tạo thành chi tiết thủy tinh có độ dày từ khoảng 25 μm đến khoảng 125 μm , chi tiết còn bao gồm lớp thủy tinh, bề mặt cơ sở thứ nhất, và bề mặt cơ sở thứ hai. Chi tiết thủy tinh khác biệt ở chỗ: (a) không có hổng hóc khi chi tiết được giữ ở bán kính uốn từ khoảng 3 mm đến khoảng 20 mm trong ít nhất 60 phút ở khoảng 25°C và độ ẩm tương đối khoảng 50%; (b) độ bền đánh thủng lớn hơn khoảng 1,5 kgf khi bề mặt cơ sở thứ hai của chi tiết được hỗ trợ bởi (i) xấp xỉ 25 μm chiều dày chất kết dính nhạy áp suất có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 1 GPa và (ii) xấp xỉ 50 μm chiều dày lớp polyetylen terephthalat có mô đun đàn hồi nhỏ hơn khoảng 10 GPa, và bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp được tải với thùng

thép không gỉ có đáy phẳng với đường kính 200 μm ; và (c) độ cứng bút chì lớn hơn 8H.

Phương pháp theo khía cạnh ví dụ thứ tám, trong đó bước tạo hình lớp thủy tinh thứ nhất bao gồm quy trình tạo hình được chọn từ nhóm bao gồm quy trình hợp nhất, kéo ren, cán, kéo ngược và nổi, quy trình tạo hình còn được thiết lập để tạo hình lớp thủy tinh đến chiều dày cuối.

Phương pháp theo bất kì trong số các khía cạnh ví dụ thứ tám, trong đó bước tạo hình lớp thủy tinh thứ nhất bao gồm quy trình tạo hình được chọn từ nhóm bao gồm quy trình hợp nhất, kéo ren, cán, kéo ngược và nổi, và quy trình loại bỏ vật liệu được thiết lập để loại bỏ vật liệu từ lớp thủy tinh để đạt đến chiều dày cuối.

Phương pháp theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh ví dụ thứ tám, trong đó lớp thủy tinh bao gồm chế phẩm thủy tinh aluminosilicat, bo silicat, bo aluminosilicat, hoặc silicat có chứa hoặc không chứa kiềm.

Theo khía cạnh ví dụ thứ chín, phương pháp được đề xuất theo khía cạnh ví dụ thứ tám, trong đó bước tạo vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh đến độ dày thứ nhất trong lớp thủy tinh bao gồm: tạo ra bề làm bền chứa nhiều ion kim loại trao đổi ion có kích thước bán kính nguyên tử lớn hơn bán kính nguyên tử của nhiều ion kim loại có thể trao đổi ion chứa trong lớp thủy tinh; và nhúng chìm lớp thủy tinh trong bề làm bền để trao đổi một phần các ion kim loại có thể trao đổi ion trong lớp thủy tinh với một phần các ion kim loại trao đổi ion trong bề làm bền để tạo thành vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất đến độ dày thứ nhất trong lớp thủy tinh.

Phương pháp theo khía cạnh ví dụ thứ chín, trong đó bước nhúng chìm bao gồm bước nhúng chìm lớp thủy tinh trong bề làm bền ở khoảng 400°C đến khoảng 450°C trong khoảng 15 phút đến khoảng 180 phút.

Theo khía cạnh ví dụ thứ mười, phương pháp được đề xuất theo khía cạnh ví dụ thứ tám, ngoài ra còn bao gồm bước: loại bỏ khoảng 1 μm đến khoảng 5 μm từ chiều dày cuối của lớp thủy tinh ở bề mặt cơ sở thứ nhất sau bước tạo vùng ứng suất nén.

Phương pháp theo bất kì trong số các khía cạnh ví dụ thứ tám, trong đó chiều dày cuối là từ khoảng 50 μm đến khoảng 100 μm .

Phương pháp theo bất kì trong số các khía cạnh ví dụ thứ tám, trong đó bán kính uốn là từ khoảng 3 mm đến khoảng 10 mm.

Phương pháp theo bất kì trong số các khía cạnh ví dụ thứ tám, trong đó ứng suất nén là từ khoảng 600 MPa đến 1000 MPa.

Phương pháp theo bất kì trong số các khía cạnh ví dụ thứ tám, trong đó độ dày thứ nhất được đặt bằng xấp xỉ một phần ba của chiều dày cuối của lớp thủy tinh hoặc nhỏ hơn từ bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh.

Theo an khía cạnh ví dụ thứ mười một, phương pháp được đề xuất theo khía cạnh ví dụ thứ tám, trong đó bước tạo thành lớp thủy tinh thứ nhất ngoài ra còn bao gồm: tạo thành vùng lõi; và tạo thành vùng phủ thứ nhất và vùng phủ thứ hai được bố trí trên vùng lõi, và ngoài ra trong đó hệ số giãn nở nhiệt cho vùng lõi là lớn hơn hệ số giãn nở nhiệt cho các vùng phủ.

Chi tiết lắp ráp theo khía cạnh ví dụ thứ mười một, trong đó vùng lõi có chiều dày lõi, vùng phủ thứ nhất và vùng phủ thứ hai có chiều dày vùng phủ thứ nhất và chiều dày vùng phủ thứ hai, và tỷ lệ chiều dày được đưa ra bởi chiều dày lõi chia cho tổng chiều dày vùng phủ thứ nhất và chiều dày vùng phủ thứ hai, và ngoài ra trong đó tỷ lệ độ dày là bằng hoặc lớn hơn ba.

Phương pháp theo bất kì trong số các khía cạnh ví dụ thứ tám, ngoài ra còn bao gồm bước: tạo thành lớp thứ hai có hệ số ma sát thấp được bố trí trên bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh.

Phương pháp theo khía cạnh ví dụ thứ mười, trong đó bước loại bỏ được thực hiện sao cho vùng ứng suất nén bao gồm kích thước vết rạn tối đa 5 μm hoặc nhỏ hơn ở bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh.

Phương pháp theo khía cạnh ví dụ thứ mười, trong đó bước loại bỏ được thực hiện sao cho vùng ứng suất nén bao gồm kích thước vết rạn tối đa 2,5 μm hoặc nhỏ hơn ở bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh.

Phương pháp theo bất kì trong số các khía cạnh ví dụ thứ tám, trong đó lớp thủy tinh ngoài ra còn được làm khác biệt bởi không có hồng học khi lớp được giữ ở bán kính uốn từ khoảng 3 mm đến khoảng 20 mm trong ít nhất 120 giờ ở khoảng 25°C và độ ẩm tương đối khoảng 50%.

Theo khía cạnh thứ mười hai, chất nền thủy tinh được đề xuất bao gồm:

chiều dày thứ nhất có độ bền đánh thủng ít nhất là 3 Kg lực; và chiều dày thứ hai cung cấp cho chất nền khả năng để thu được bán kính uốn là 5 mm.

Theo khía cạnh thứ mười ba, chất nền thủy tinh theo khía cạnh thứ mười hai được đề xuất, trong đó chiều dày thứ hai cho chất nền khả năng để thu được bán kính uốn là 2 mm.

Theo khía cạnh thứ mười bốn, chất nền thủy tinh theo khía cạnh thứ mười hai được đề xuất, trong đó chiều dày thứ hai cho chất nền khả năng để thu được bán kính uốn là 1 mm.

Theo khía cạnh thứ mười lăm, chất nền thủy tinh theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 12-14 được đề xuất, trong đó chiều dày thứ hai là ≤ 30 micromet.

Theo khía cạnh thứ mười sáu, chất nền thủy tinh theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 12-14 được đề xuất, trong đó chiều dày thứ hai là ≤ 25 micromet.

Theo khía cạnh thứ mười bảy, chất nền thủy tinh theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 12-16 được đề xuất, ngoài ra còn bao gồm chiều dài, và trong đó chiều dày thứ hai là liên tục dọc toàn bộ chiều dài.

Theo khía cạnh thứ mười tám, chất nền thủy tinh theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 12-17 được đề xuất, ngoài ra còn bao gồm thành phần bảo vệ bố trí để che phủ một phần chất nền có chiều dày thứ hai.

Theo khía cạnh thứ mười chín, chất nền thủy tinh theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 12-18 được đề xuất, trong đó chiều dày thứ nhất là ≥ 130 micromet.

Theo khía cạnh thứ hai mươi, chất nền thủy tinh theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 12-19 được đề xuất, trong đó chất nền thủy tinh bao gồm chế phẩm là alumino-boro-silicate, thủy tinh không chứa kiềm.

Theo khía cạnh thứ hai mươi một, chất nền thủy tinh theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 12-20 được đề xuất, có khả năng ít nhất 100 chu kì uốn tới bán kính 5 mm trước khi hỏng hóc.

Theo khía cạnh thứ hai mươi hai, chất nền thủy tinh theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 12-21 được đề xuất, ngoài ra còn bao gồm mô đun Young > 50 GPa.

Theo khía cạnh thứ hai mươi ba, chất nền thủy tinh theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 12-22 được đề xuất, có độ cứng bút chì ít nhất là 8H.

Theo khía cạnh thứ hai mươi tư, màn hình được đề xuất bao gồm thân và vỏ thủy tinh, trong đó vỏ thủy tinh bao gồm chất nền thủy tinh theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 12-23.

Theo khía cạnh thứ hai mươi năm, phương pháp khắc axit thủy tinh được đề xuất bao gồm bước: thu chất nền có chiều dày thứ nhất, trong đó chiều dày thứ nhất cung cấp chất nền độ bền đánh thủng ít nhất là 3 kgf lực; và loại bỏ một phần của chất nền để thu được chiều dày thứ hai, chiều dày thứ hai nhỏ hơn chiều dày thứ nhất, trong đó chiều dày thứ hai cho chất nền khả năng để thu được bán kính uốn là 5 mm, trong đó sau khi loại bỏ, chất nền duy trì một phần có chiều dày thứ nhất.

Theo khía cạnh thứ hai mươi sáu, sáng chế đề xuất phương pháp theo khía cạnh 25, trong đó việc loại bỏ được thực hiện bằng cách khắc.

Theo khía cạnh thứ hai mươi bảy, sáng chế đề xuất phương pháp theo khía cạnh 25 hoặc khía cạnh 26, trong đó chiều dày thứ hai cho chất nền khả năng để thu được bán kính uốn là 2 mm.

Theo khía cạnh hai mươi tám, sáng chế đề xuất phương pháp theo khía cạnh 25 hoặc 26, trong đó chiều dày thứ hai cho chất nền khả năng để thu được bán kính uốn là 1 mm.

Theo khía cạnh thứ hai mươi chín, sáng chế đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh 25-28, trong đó chiều dày thứ hai là ≤ 30 micromet.

Theo khía cạnh thứ ba mươi, sáng chế đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh 25-28, trong đó chiều dày thứ hai là ≤ 25 micromet.

Theo khía cạnh thứ ba mươi một, sáng chế đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh 25-30, trong đó chất nền bao gồm chiều dài, và trong đó việc loại bỏ tạo ra chiều dày thứ hai kéo dài liên tục toàn bộ chiều dài.

Theo khía cạnh thứ ba mươi hai, sáng chế đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh 25-31, ngoài ra còn bao gồm bố trí chi tiết bảo vệ để che một phần chất nền có chiều dày thứ hai.

Theo khía cạnh thứ ba mươi ba, sáng chế đề xuất phương pháp theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh 25-32, trong đó chiều dày thứ nhất là ≥ 130 micromet.

Theo khía cạnh thứ ba mươi tư, phương pháp theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh 25-33 được đề xuất, trong đó chất nền thủy tinh chứa chế phẩm alumino-boro-silicat, thủy tinh không chứa kiềm.

Theo khía cạnh thứ ba mươi lăm, phương pháp theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh 25-34 được đề xuất, trong đó chất nền bao gồm cạnh, và phương pháp ngoài ra còn bao gồm bước khắc axit cạnh.

Theo khía cạnh thứ ba mươi sáu, phương pháp theo khía cạnh 35 được đề xuất, trong đó bước khắc axit cạnh được thực hiện đồng thời với bước loại bỏ.

Theo khía cạnh thứ ba mươi bảy, phương pháp theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh 25-36 được đề xuất, trong đó chất nền thủy tinh bao gồm mô đun Young > 50 GPa.

Theo khía cạnh ba mươi tám, phương pháp theo khía cạnh 25-37 được đề xuất, trong đó chất nền thủy tinh có độ cứng bút chì ít nhất là 8H.

Theo khía cạnh ba mươi chín, vật phẩm thủy tinh được đề xuất, bao gồm:

chi tiết thủy tinh có độ dày từ khoảng 25 μm đến khoảng 125 μm , chi tiết thủy tinh ngoài ra còn bao gồm:

bề mặt cơ sở thứ nhất;

bề mặt cơ sở thứ hai; và

vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh đến độ dày thứ nhất trong chi tiết thủy tinh, vùng này được xác định bởi ứng suất nén σ_1 ít nhất khoảng 100 MPa ở bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh,

trong đó chi tiết thủy tinh khác biệt ở chỗ:

profil ứng suất sao cho khi chi tiết thủy tinh được uốn đến bán kính uốn đích từ 1 mm đến 20 mm, với tâm uốn nằm bên cạnh bề mặt cơ sở thứ hai để gây ra ứng suất uốn σ_B ở bề mặt cơ sở thứ nhất, $\sigma_I + \sigma_B < 0$; và

độ bền đánh thủng lớn hơn khoảng 1,5 kgf khi bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh được tải với bóng vonfram cacbua có đường kính 1,5 mm.

Theo khía cạnh thứ bốn mươi, vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh thứ 39 được đề xuất, trong đó $\sigma_I + \sigma_B < 0$ đến chiều dày ít nhất một micromet dưới bề mặt cơ sở thứ nhất.

Theo khía cạnh thứ bốn mươi một, vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh thứ 39 được đề xuất, trong đó $\sigma_I + \sigma_B < 0$ đến chiều sâu ít nhất hai micromet dưới bề mặt cơ sở thứ nhất.

Theo khía cạnh thứ bốn mươi hai, vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh thứ 39 được đề xuất, trong đó $\sigma_I + \sigma_B < 0$ tới chiều sâu ít nhất ba micromet dưới bề mặt cơ sở thứ nhất.

Theo khía cạnh thứ bốn mươi ba, vật phẩm thủy tinh được đề xuất, bao gồm:

chi tiết thủy tinh có độ dày từ khoảng 25 μm đến khoảng 125 μm , chi tiết thủy tinh ngoài ra còn bao gồm:

bề mặt cơ sở thứ nhất;

bề mặt cơ sở thứ hai; và

vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh tới độ dày thứ nhất trong chi tiết thủy tinh, vùng được xác định bằng cách nén ép ít nhất khoảng 100MPa lên bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh,

trong đó chi tiết thủy tinh khác biệt ở chỗ:

không có hỏng hóc khi chi tiết thủy tinh chịu tới 200,000 chu kỳ uốn đến bán kính uốn đích từ 1 mm đến 20 mm, bằng phương pháp đĩa song song;

độ bền đánh thủng lớn hơn khoảng 1,5 kgf khi bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh được tải với bóng vonfram cacbua có đường kính 1,5 mm.

Theo khía cạnh thứ bốn mươi bốn, vật phẩm thủy tinh được đề xuất, bao gồm:

chi tiết thủy tinh có độ dày từ khoảng 25 μm đến khoảng 125 μm , chi tiết thủy tinh ngoài ra còn bao gồm:

bề mặt cơ sở thứ nhất;

bề mặt cơ sở thứ hai; và

vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh tới độ dày thứ nhất trong chi tiết thủy tinh, vùng được xác định bằng cách nén ép ít nhất khoảng 100MPa lên bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh,

trong đó chi tiết thủy tinh khác biệt ở chỗ:

không có hồng học khi chi tiết thủy tinh được giữ ở bán kính uốn từ khoảng 1 mm đến khoảng 20 mm trong ít nhất 60 phút ở khoảng 25°C và độ ẩm tương đối khoảng 50%;

độ bền đánh thùng lớn hơn khoảng 1,5 kgf khi bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh được tải với bóng vonfram cacbua có đường kính 1,5 mm.

Theo khía cạnh thứ bốn mươi lăm, vật phẩm theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 39-44 được đề xuất, chi tiết thủy tinh có (c) độ cứng bút chì bằng hoặc lớn hơn 8H.

Theo khía cạnh thứ bốn mươi sáu, vật phẩm theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 39-45 được đề xuất, chi tiết thủy tinh bao gồm nhiều lớp.

Theo khía cạnh thứ bốn mươi bảy, vật phẩm theo khía cạnh thứ 46 được đề xuất, trong đó mỗi lớp trong số các lớp có cùng cấu hình.

Theo khía cạnh thứ bốn mươi tám, vật phẩm theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 39-47 được đề xuất, chi tiết thủy tinh có độ bền đánh thùng lớn hơn khoảng 1,5 kgf khi bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh được tải với thùng thép không gỉ có đáy bằng, đường kính 200 μm .

Theo khía cạnh thứ bốn mươi chín, vật phẩm theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 39-48 được đề xuất, chi tiết thủy tinh có độ bền đánh thùng lớn hơn khoảng 1,5 kgf khi bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh được tải với bóng vonfram cacbua có đường kính 1,0 mm.

Theo khía cạnh thứ năm mươi, vật phẩm theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 39-49 được đề xuất, chi tiết thủy tinh có độ bền đánh thùng lớn hơn khoảng 1 kgf khi bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh được tải với bóng vonfram cacbua có đường kính 0,5 mm.

Theo khía cạnh thứ năm mươi một, vật phẩm theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 39-50 được đề xuất, trong đó khi bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh chịu tải 1 kgf từ vật làm lõm Vickers, vết rạn ≤ 100 micromet được tạo ra trên bề mặt cơ sở thứ nhất.

Theo khía cạnh thứ năm mươi hai, vật phẩm theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 39-50 được đề xuất, trong đó khi bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh chịu tải 2 kgf từ vật làm lõm Vickers, vết rạn ≤ 100 micromet được tạo ra trên bề mặt cơ sở thứ nhất.

Theo khía cạnh thứ năm mươi ba, vật phẩm theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 39-52 được đề xuất, trong đó chi tiết thủy tinh có độ cứng Vickers là 550 đến 650 kgf/mm².

Theo khía cạnh thứ năm mươi tư, vật phẩm theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 39-53 được đề xuất, trong đó chi tiết thủy tinh có độ bền uốn B10 được duy trì lớn hơn 800 MPa khi tiếp xúc với vật làm lõm bằng kim cương góc lập phương được tải với 10gf.

Theo khía cạnh thứ năm mươi lăm, vật phẩm theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 39-54 được đề xuất, bao gồm $F/w \leq 0,76$ N/mm, trong đó F là lực đóng để đặt chi tiết thủy tinh ở bán kính uốn đích, và w là kích thước của chi tiết thủy tinh theo hướng song song với trục mà thủy tinh bị uốn xung quanh nó.

Theo khía cạnh thứ năm mươi sáu, vật phẩm theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 39-55 được đề xuất, trong đó chi tiết thủy tinh bao gồm chế phẩm aluminosilicat, bo silicat, bo aluminosilicat, hoặc thủy tinh silicat có chứa kiềm hoặc không chứa kiềm.

Theo khía cạnh thứ năm mươi bảy, vật phẩm theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 39-56 được đề xuất, trong đó độ dày của chi tiết thủy tinh là từ khoảng 50 μm đến khoảng 100 μm .

Theo khía cạnh thứ năm mươi tám, vật phẩm theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 39-57 được đề xuất, trong đó bán kính uốn của chi tiết thủy tinh là từ khoảng 3 mm đến khoảng 10 mm.

Theo khía cạnh từ năm mươi chín, vật phẩm theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 39-58 được đề xuất, trong đó ứng suất nén ở bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh là từ khoảng 600 MPa đến 1000 MPa.

Theo khía cạnh thứ sáu mươi, vật phẩm theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 39-59 được đề xuất, trong đó độ dày thứ nhất được đặt bằng xấp xỉ một phần ba của độ dày của chi tiết thủy tinh hoặc nhỏ hơn từ bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh.

Theo khía cạnh thứ sáu mươi một, vật phẩm theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 39-60 được đề xuất, ngoài ra còn bao gồm:

lớp thứ hai có hệ số ma sát thấp được bố trí trên bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh.

Theo khía cạnh thứ sáu mươi hai, vật phẩm theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 39-61 được đề xuất, trong đó vùng ứng suất nén bao gồm kích thước vết rạn tối đa là 5 μ m hoặc nhỏ hơn ở bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh.

Theo khía cạnh thứ sáu mươi ba, vật phẩm theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 39-62 được đề xuất, trong đó vùng ứng suất nén bao gồm nhiều ion kim loại có thể trao đổi ion và nhiều ion kim loại được trao đổi ion, các ion kim loại được trao đổi ion có bán kính nguyên tử lớn hơn bán kính nguyên tử của các kim loại có thể trao đổi ion.

Theo khía cạnh sáu mươi tư, vật phẩm theo khía cạnh thứ 63 được đề xuất, trong đó chi tiết thủy tinh ngoài ra còn bao gồm cạnh, và vùng ứng suất nén cạnh kéo dài từ cạnh đến chiều dày cạnh trong chi tiết thủy tinh, vùng ứng suất nén cạnh được xác định bởi ứng suất nén ít nhất khoảng 100 MPa ở cạnh.

Theo khía cạnh thứ sáu mươi lăm, thiết bị điện tử có thể gấp được được đề xuất, bao gồm:

thiết bị điện tử có chi tiết gấp được,

trong đó chi tiết gập được bao gồm bộ phận lắp ráp xếp chồng theo các khía cạnh từ 39-64.

Theo khía cạnh thứ sáu mươi sáu, phương pháp sản xuất bộ phận lắp ráp xếp chồng được đề xuất, bao gồm các bước:

tạo chi tiết thủy tinh có độ dày từ khoảng 25 μm đến khoảng 125 μm , chi tiết thủy tinh ngoài ra còn bao gồm:

bề mặt cơ sở thứ nhất;

bề mặt cơ sở thứ hai; và

vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh đến độ dày thứ nhất trong chi tiết thủy tinh, vùng này được xác định bởi ứng suất nén σ_I ít nhất khoảng 100 MPa ở bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh,

trong đó chi tiết thủy tinh khác biệt ở chỗ:

profil ứng suất sao cho khi chi tiết thủy tinh được uốn đến bán kính uốn đích từ 1 mm đến 20 mm, với tâm uốn nằm bên cạnh bề mặt cơ sở thứ hai để gây ra ứng suất uốn σ_B ở bề mặt cơ sở thứ nhất, $\sigma_I + \sigma_B < 0$; và

độ bền đánh thủng lớn hơn khoảng 1,5 kgf khi bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh được tải với bóng vonfram cacbua có đường kính 1,5 mm.

Theo khía cạnh thứ sáu mươi bảy, vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh thứ 66 được đề xuất, trong đó $\sigma_I + \sigma_B < 0$ đến chiều dày ít nhất một micromet dưới bề mặt cơ sở thứ nhất.

Theo khía cạnh thứ sáu mươi tám, vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh thứ 66 được đề xuất, trong đó $\sigma_I + \sigma_B < 0$ đến chiều dày ít nhất hai micromet dưới bề mặt cơ sở thứ nhất.

Theo khía cạnh thứ sáu mươi chín, vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh thứ 66 được đề xuất, trong đó $\sigma_I + \sigma_B < 0$ đến chiều dày ít nhất ba micromet dưới bề mặt cơ sở thứ nhất.

Theo khía cạnh thứ bảy mươi, phương pháp sản xuất bộ phận lắp ráp xếp chồng được đề xuất, bao gồm các bước:

tạo chi tiết thủy tinh có độ dày từ khoảng 25 μm đến khoảng 125 μm , chi tiết thủy tinh ngoài ra còn bao gồm:

bề mặt cơ sở thứ nhất;

bề mặt cơ sở thứ hai; và

vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh tới độ dày thứ nhất trong chi tiết thủy tinh, vùng được xác định bằng cách nén ép ít nhất khoảng 100MPa lên bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh,

trong đó chi tiết thủy tinh khác biệt ở chỗ:

không có hỏng hóc khi chi tiết thủy tinh chịu tới 200,000 chu kỳ uốn đến bán kính uốn đích từ 1 mm đến 20 mm, bằng phương pháp đĩa song song;

độ bền đánh thủng lớn hơn khoảng 1,5 kgf khi bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh được tải với bóng vonfram cacbua có đường kính 1,5 mm.

Theo khía cạnh thứ bảy mươi một, phương pháp sản xuất bộ phận lắp ráp xếp chồng được đề xuất, bao gồm các bước:

tạo chi tiết thủy tinh thứ nhất có bề mặt cơ sở thứ nhất, vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh đến độ dày thứ nhất trong chi tiết thủy tinh, và chiều dày cuối, trong đó vùng ứng suất được xác định bởi ứng suất nén ít nhất khoảng 100 MPa ở bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh,

trong đó chi tiết thủy tinh khác biệt ở chỗ:

không có hỏng hóc khi chi tiết thủy tinh được giữ ở bán kính uốn từ khoảng 1 mm đến khoảng 20 mm trong ít nhất 60 phút ở khoảng 25°C và độ ẩm tương đối khoảng 50%;

độ bền đánh thủng lớn hơn khoảng 1,5 kgf khi bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh được tải với bóng vonfram cacbua có đường kính 1,5 mm.

Theo khía cạnh thứ bảy mươi hai, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ 66-71 được đề xuất, trong đó bước tạo lớp thủy tinh thứ nhất bao gồm quy trình tạo hình được chọn từ nhóm bao gồm quy trình hợp nhất, kéo ren, cán, kéo ngược và nổi, quy trình tạo hình còn được thiết lập để tạo hình lớp thủy tinh đến chiều dày cuối.

Theo khía cạnh thứ bảy mươi ba, phương pháp theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 66-71 được đề xuất, trong đó bước tạo lớp thủy tinh thứ nhất bao gồm quy trình tạo hình được chọn từ nhóm bao gồm quy trình hợp nhất, kéo ren, cán, kéo ngược và nổi, và quy trình loại bỏ vật liệu loại bỏ vật liệu từ lớp thủy tinh để đạt đến chiều dày cuối.

Theo khía cạnh thứ bảy mươi tư, phương pháp theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 66-73 được đề xuất, trong đó lớp thủy tinh bao gồm chế phẩm aluminosilicat, bo silicat, bo aluminosilicat, hoặc thủy tinh silicat có chứa kiềm hoặc không chứa kiềm.

Theo khía cạnh thứ bảy mươi lăm, phương pháp theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 66-74 được đề xuất, trong đó bước tạo vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất của lớp thủy tinh tới độ dày thứ nhất trong lớp thủy tinh bao gồm:

cung cấp bề làm bền bao gồm nhiều ion kim loại trao đổi ion có kích thước bán kính nguyên tử lớn hơn so với bán kính nguyên tử của nhiều kim loại có thể trao đổi ion chứa trong lớp thủy tinh; và

nhúng chìm lớp thủy tinh trong bể làm bền để trao đổi một phần của các kim loại có thể trao đổi ion trong lớp thủy tinh với một phần các kim loại trao đổi ion trong bể làm bền để tạo vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất đến độ dày thứ nhất trong lớp thủy tinh.

Theo khía cạnh thứ bảy mươi sáu, phương pháp theo khía cạnh 75 được đề xuất, trong đó bước nhúng chìm bao gồm nhúng chìm lớp thủy tinh trong bể làm bền ở khoảng 400°C đến khoảng 450°C trong khoảng 15 phút đến khoảng 180 phút.

Theo khía cạnh thứ bảy mươi bảy, phương pháp theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 66-76 được đề xuất, ngoài ra còn bao gồm bước:

loại bỏ khoảng 1 μm đến khoảng 5 μm từ chiều dày cuối của lớp thủy tinh ở bề mặt cơ sở thứ nhất sau bước tạo vùng ứng suất nén.

Theo khía cạnh thứ bảy mươi tám, phương pháp theo khía cạnh thứ 75 hoặc khía cạnh thứ 76 được đề xuất, ngoài ra còn bao gồm bước:

loại bỏ khoảng 1 μm đến khoảng 5 μm từ chiều dày cuối của lớp thủy tinh ở bề mặt cơ sở thứ nhất sau bước tạo vùng ứng suất nén, trong đó bước loại bỏ được thực hiện sau bước nhúng chìm lớp thủy tinh.

Theo khía cạnh thứ bảy mươi chín, phương pháp theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 66-78 được đề xuất, trong đó ứng suất nén là từ khoảng 600 MPa đến 1000 MPa.

Theo khía cạnh thứ tám mươi, phương pháp theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 66-79 được đề xuất, chi tiết thủy tinh có độ cứng bút chì bằng hoặc lớn hơn 8H.

Theo khía cạnh thứ tám mươi một, phương pháp theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 66-80 được đề xuất, chi tiết thủy tinh bao gồm nhiều lớp.

Theo khía cạnh thứ tám mươi hai, phương pháp theo khía cạnh 81 được đề xuất, trong đó mỗi lớp trống số nhiều lớp này có cùng cấu hình.

Theo khía cạnh thứ tám mươi ba, vật phẩm theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 66-82 được đề xuất, chi tiết thủy tinh có độ bền đánh thùng lớn hơn khoảng 1,5 kgf khi bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh được tải với thùng thép không gỉ có đáy bằng, đường kính 200 μm .

Theo khía cạnh thứ tám mươi tư, vật phẩm theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 66-83 được đề xuất, chi tiết thủy tinh có độ bền đánh thùng lớn hơn khoảng 1,5 kgf khi bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh được tải với bóng vonfram cacbua có đường kính 1,0 mm.

Theo khía cạnh thứ tám mươi lăm, vật phẩm theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 66-84 được đề xuất, chi tiết thủy tinh có độ bền đánh thùng lớn hơn khoảng 1 kgf khi bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh được tải với bóng vonfram cacbua có đường kính 1,0 mm.

Theo khía cạnh thứ tám mươi sáu, phương pháp theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 66-85 được đề xuất, trong đó khi bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh chịu tải 1 kgf từ vật làm lõm Vickers, vết rạn ≤ 100 micromet được tạo ra trên bề mặt cơ sở thứ nhất.

Theo khía cạnh thứ tám mươi bảy, phương pháp theo khía cạnh 85 được đề xuất, trong đó khi bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh chịu tải 2 kgf từ vật làm lõm Vickers, vết rạn ≤ 100 micromet được tạo ra trên bề mặt cơ sở thứ nhất.

Theo khía cạnh tám mươi tám, phương pháp theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 66-87 được đề xuất, trong đó chi tiết thủy tinh có độ cứng Vickers là 550 đến 650 kgf/mm².

Theo khía cạnh thứ tám mươi chín, phương pháp theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 66-88 được đề xuất, trong đó chi tiết thủy tinh có độ bền uốn B10 được duy trì lớn hơn 800 MPa khi tiếp xúc với vật làm lõm bằng kim cương góc lập phương được tải với 10gf.

Theo khía cạnh thứ chín mươi, phương pháp theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ 66-89 được đề xuất, bao gồm $F/w \leq 0,76$ N/mm, trong đó F là lực đóng để đặt chi tiết thủy tinh ở bán kính uốn đích, và w là kích thước của chi tiết thủy tinh theo hướng song song với trục mà thủy tinh bị uốn xung quanh nó.

YÊU CẦU BẢO HỘ**1. Vật phẩm thủy tinh bao gồm:**

chi tiết thủy tinh có chiều dày từ 25 μ m đến 125 μ m, chi tiết thủy tinh này còn bao gồm:

(a) bề mặt cơ sở thứ nhất;

(b) bề mặt cơ sở thứ hai; và

(c) vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh đến độ dày thứ nhất trong chi tiết thủy tinh, vùng này được xác định bởi ứng suất nén σ_I ít nhất khoảng 700 MPa ở bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh,

trong đó chi tiết thủy tinh được đặc trưng bởi:

(a) profin ứng suất sao cho khi chi tiết thủy tinh được uốn đến bán kính uốn đích từ 1mm đến 5mm, với tâm uốn nằm bên cạnh bề mặt cơ sở thứ hai để gây ra ứng suất uốn σ_B ở bề mặt cơ sở thứ nhất, $\sigma_I + \sigma_B < 0$; và

(b) độ bền đánh thùng lớn hơn 1,5kgf (14,72N) khi bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh được tải với viên bi làm bằng vonfram cacbua có đường kính 1,5mm.

2. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 1, trong đó $\sigma_I + \sigma_B < 0$ đến chiều sâu ít nhất một micromet dưới bề mặt cơ sở thứ nhất.

3. Vật phẩm theo điểm 1, trong đó chi tiết thủy tinh có (c) độ cứng bút chì bằng hoặc lớn hơn 8H.

4. Vật phẩm theo điểm 1, trong đó khi bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh chịu tải 1kgf (9,81N) từ vật làm lõm Vickers, vết rạn có kích thước ≤ 100 micromet được tạo ra trên bề mặt cơ sở thứ nhất.

5. Vật phẩm theo điểm 1, trong đó chi tiết thủy tinh có độ cứng Vickers từ 550kgf/mm² (5394MPa) đến 650kgf/mm² (6374MPa).

6. Vật phẩm theo điểm 1, trong đó chi tiết thủy tinh có độ bền uốn B10 được duy trì lớn hơn 800 MPa sau khi tiếp xúc với vật làm lõm bằng kim cương có góc lập phương được tải với 10gf (0,098N).

7. Vật phẩm theo điểm 1, trong đó vật phẩm này có $F/w \leq 0,76\text{N/mm}$, trong đó F là lực đóng để đặt chi tiết thủy tinh ở bán kính uốn đích, và w là kích thước của chi tiết thủy tinh theo hướng song song với trục mà thủy tinh bị uốn xung quanh trục đó.
8. Vật phẩm theo điểm 1, trong đó ứng suất nén ở bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh nhỏ hơn hoặc bằng 2000MPa .
9. Vật phẩm theo điểm 1, trong đó vùng ứng suất nén có kích thước vết rạn tối đa là $5\mu\text{m}$ hoặc nhỏ hơn ở bề mặt cơ sở thứ nhất của chi tiết thủy tinh.
10. Thiết bị điện tử gấp được, thiết bị này bao gồm:
- thiết bị điện tử có chi tiết gấp được,
- trong đó chi tiết gấp được bao gồm vật phẩm thủy tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9.

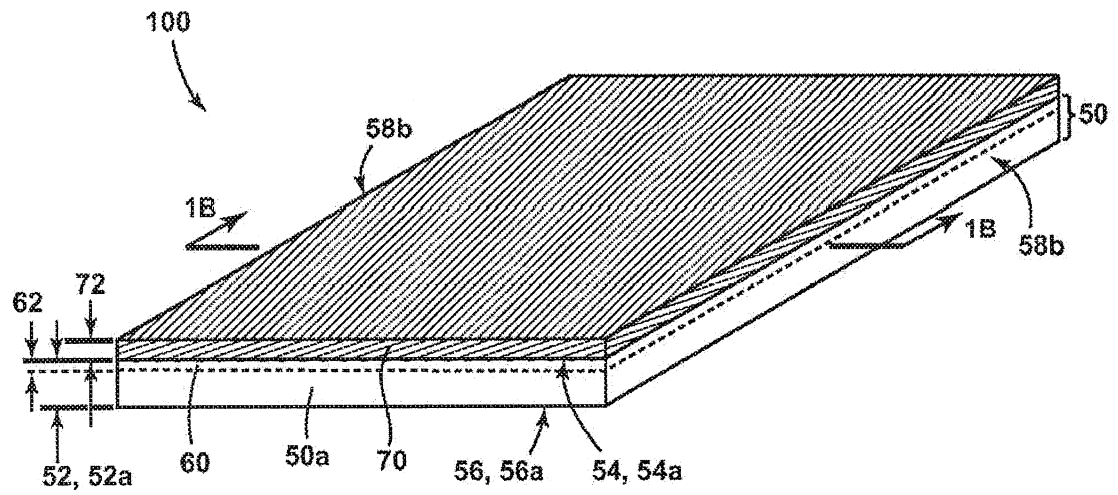


FIG. 1

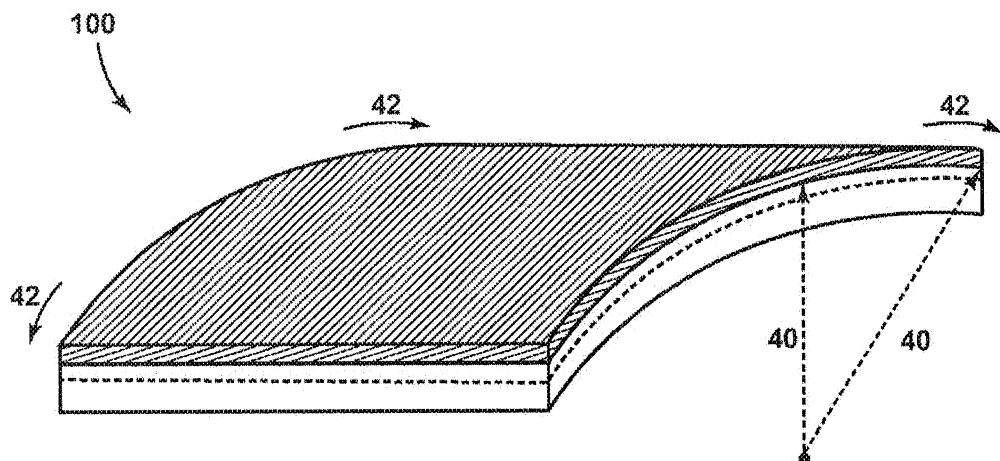


FIG. 1A

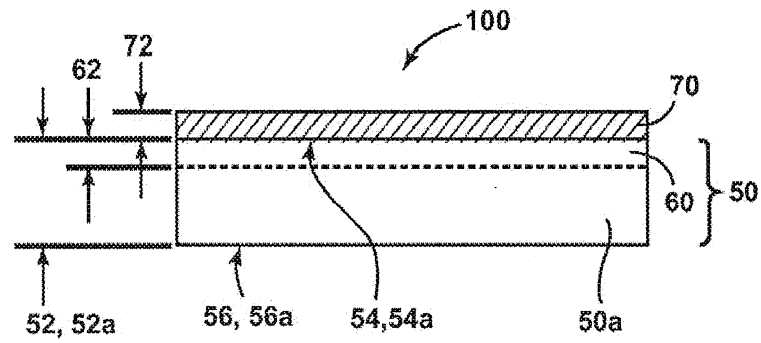


FIG. 1B

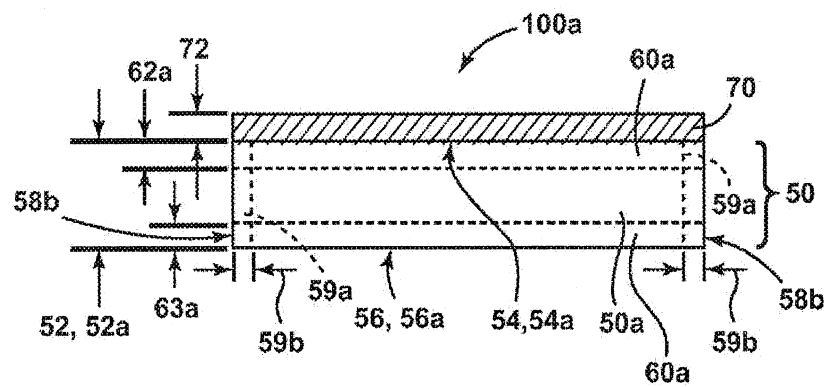


FIG. 1C

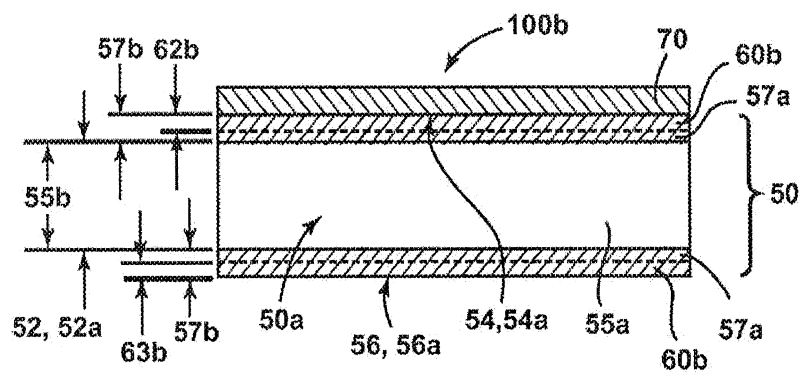


FIG. 1D

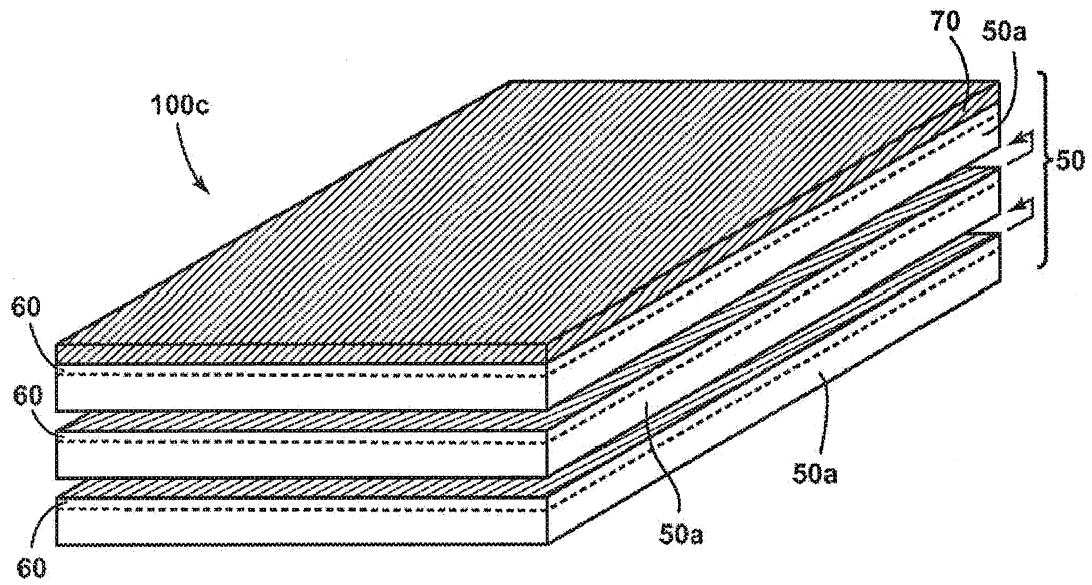


FIG. 2

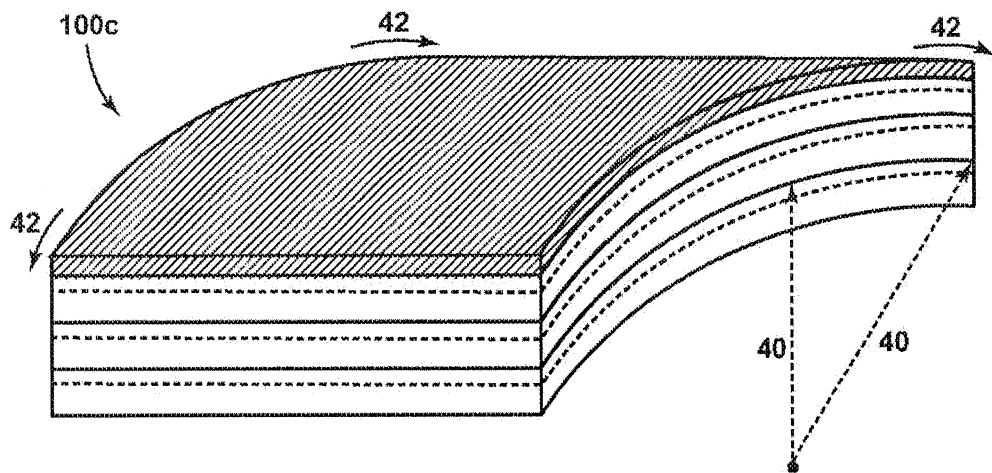


FIG. 2A

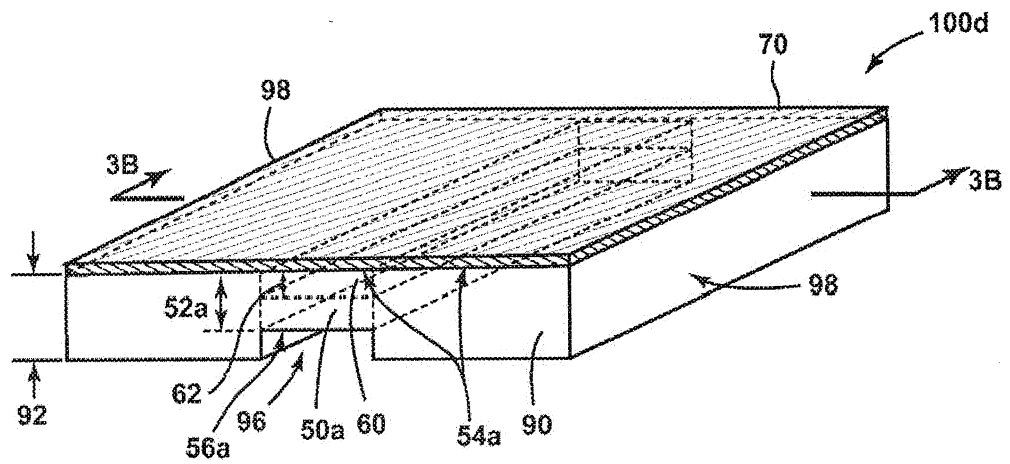


FIG. 3

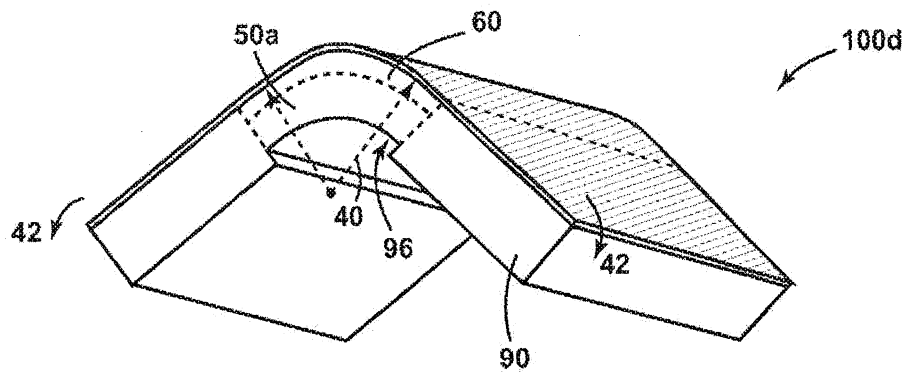


FIG. 3A

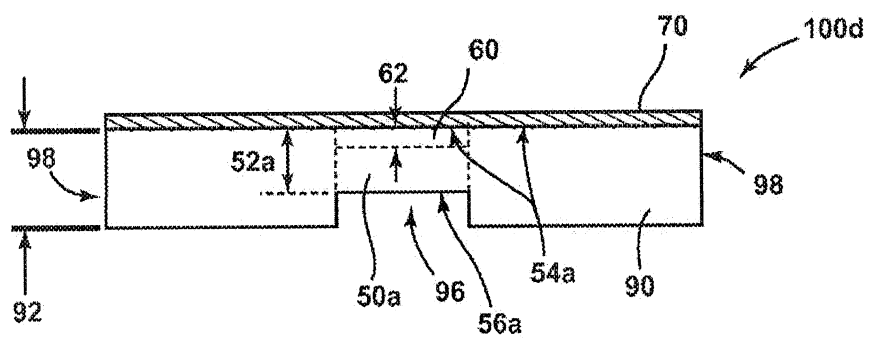


FIG. 3B

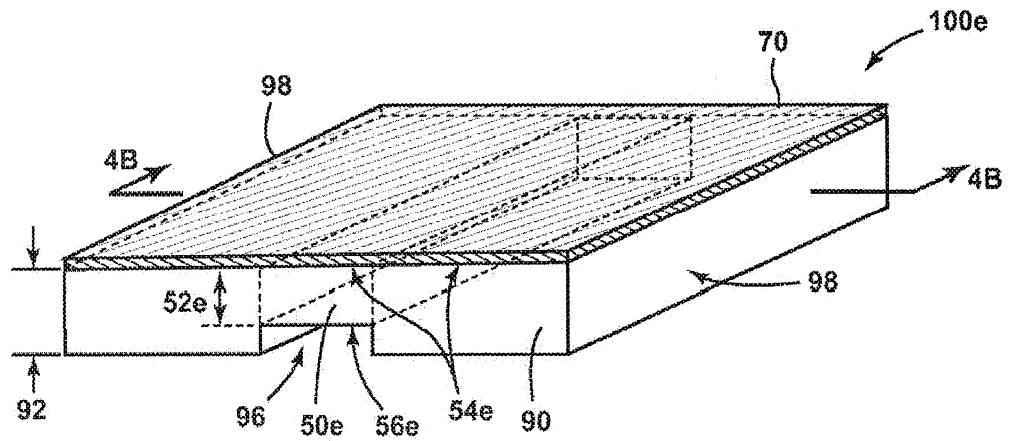


FIG. 4

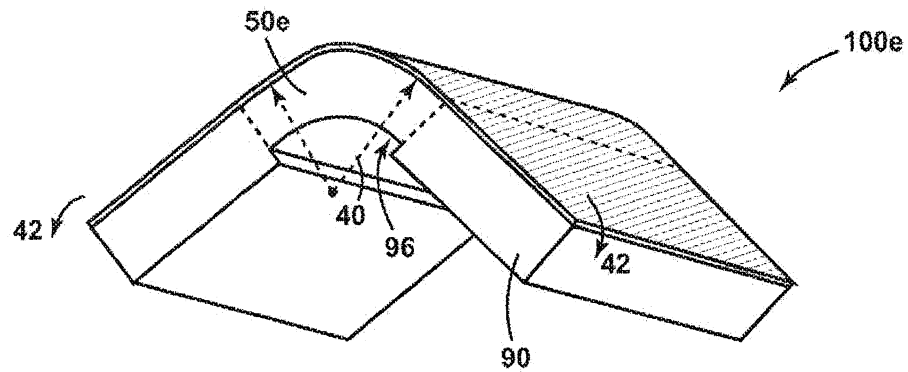


FIG. 4A

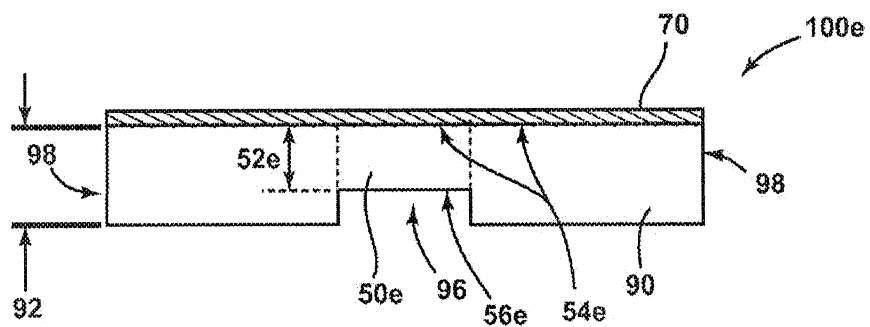


FIG. 4B

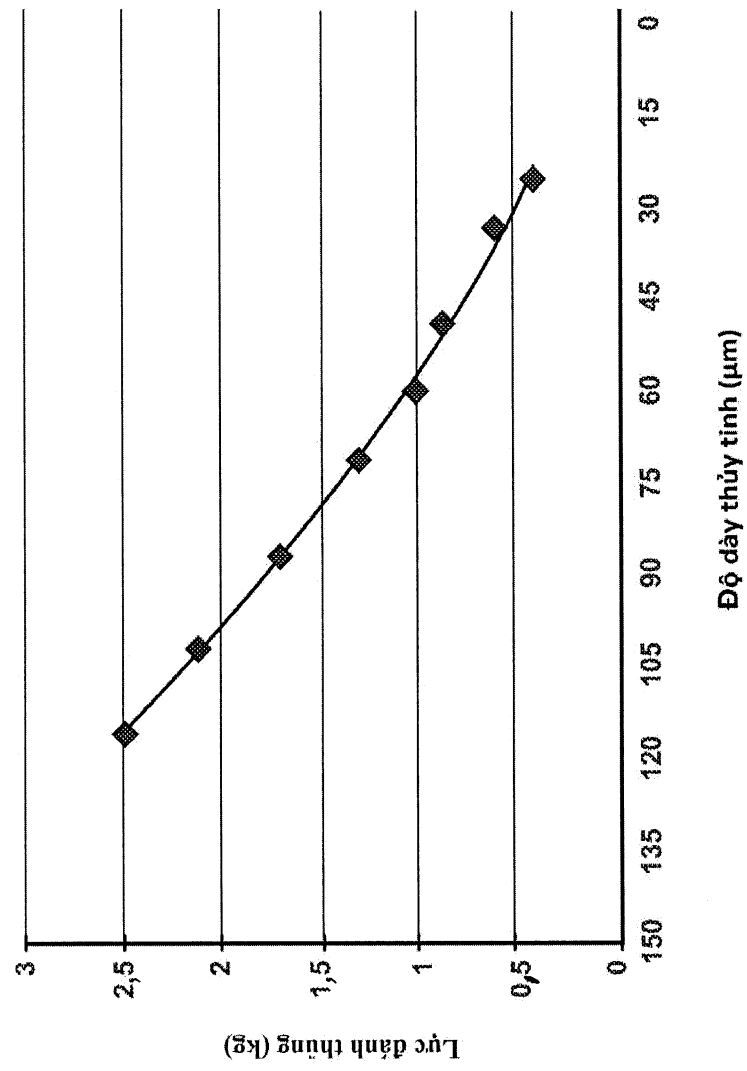


FIG. 5

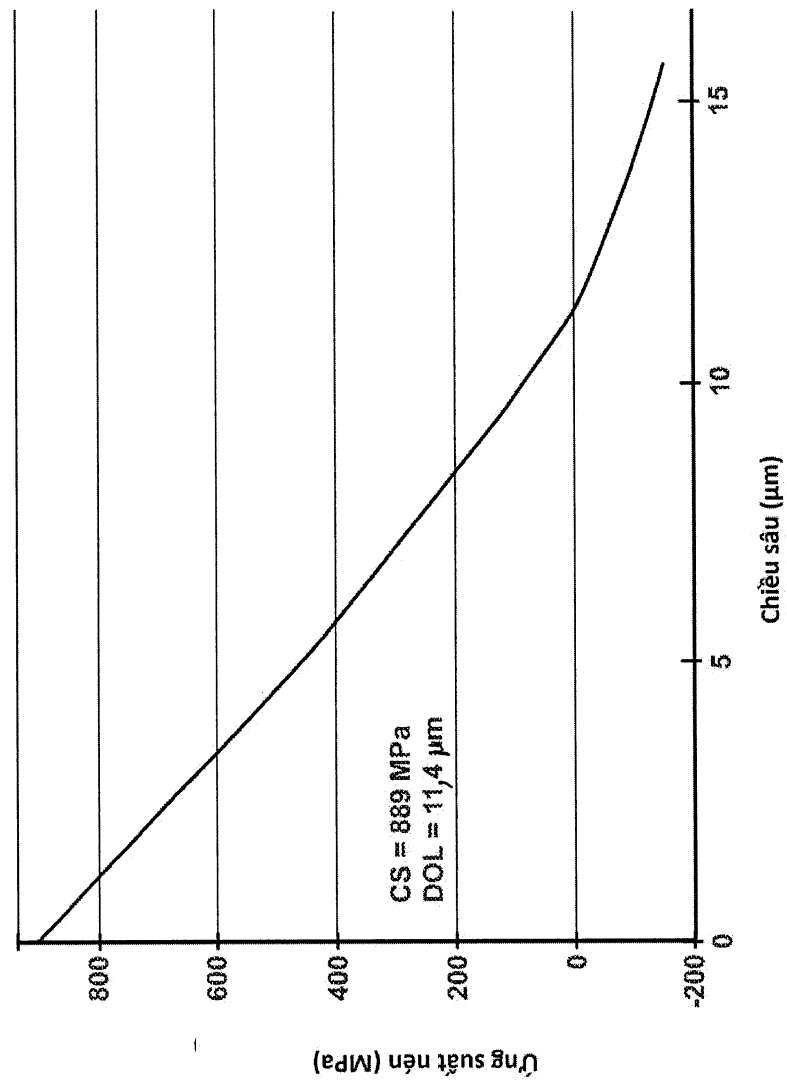


FIG. 6A

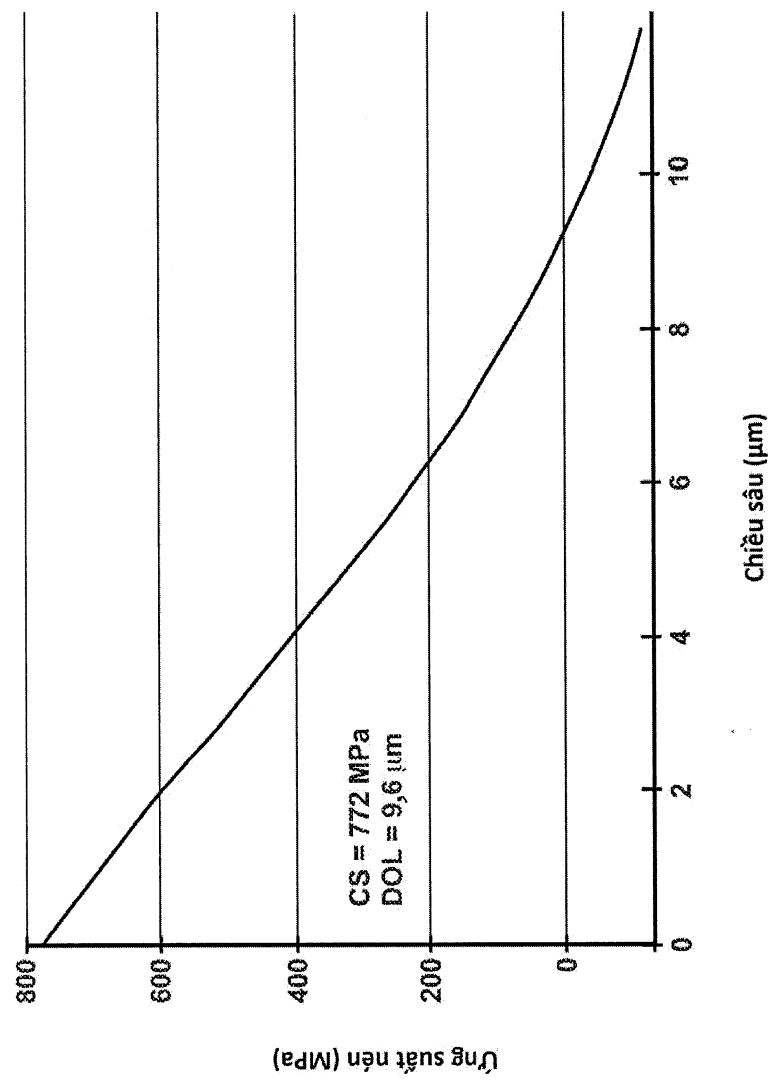


FIG. 6B

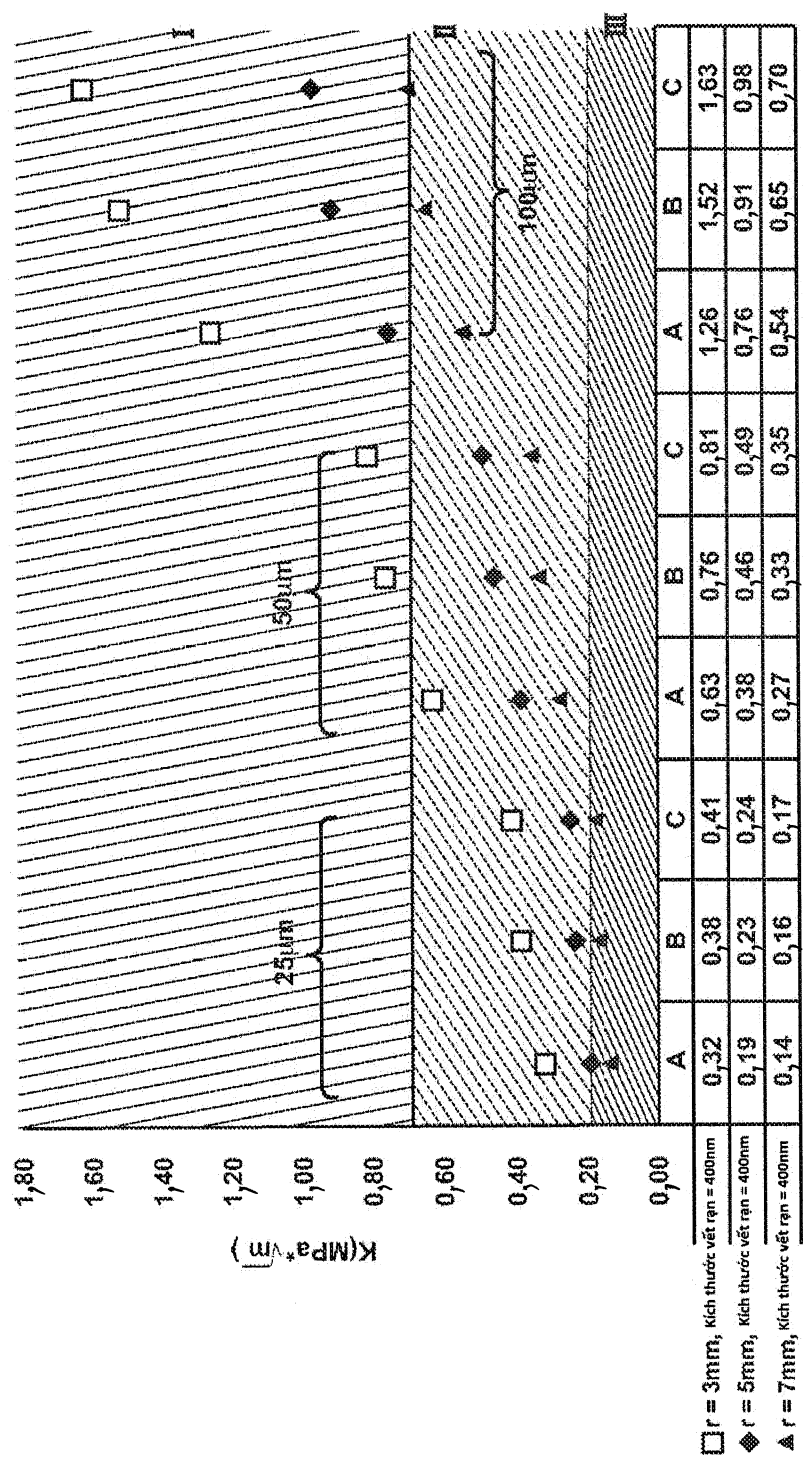


FIG. 7A

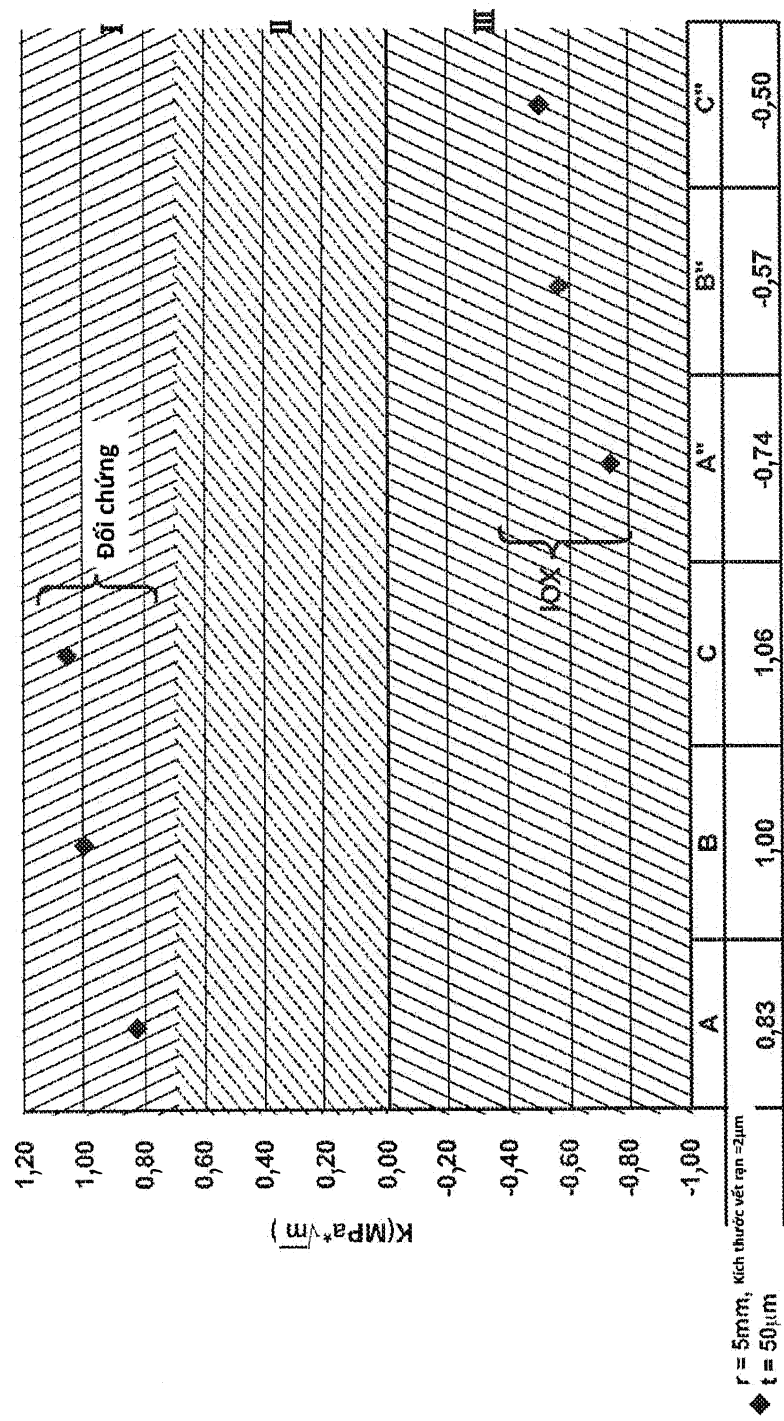


FIG. 7B

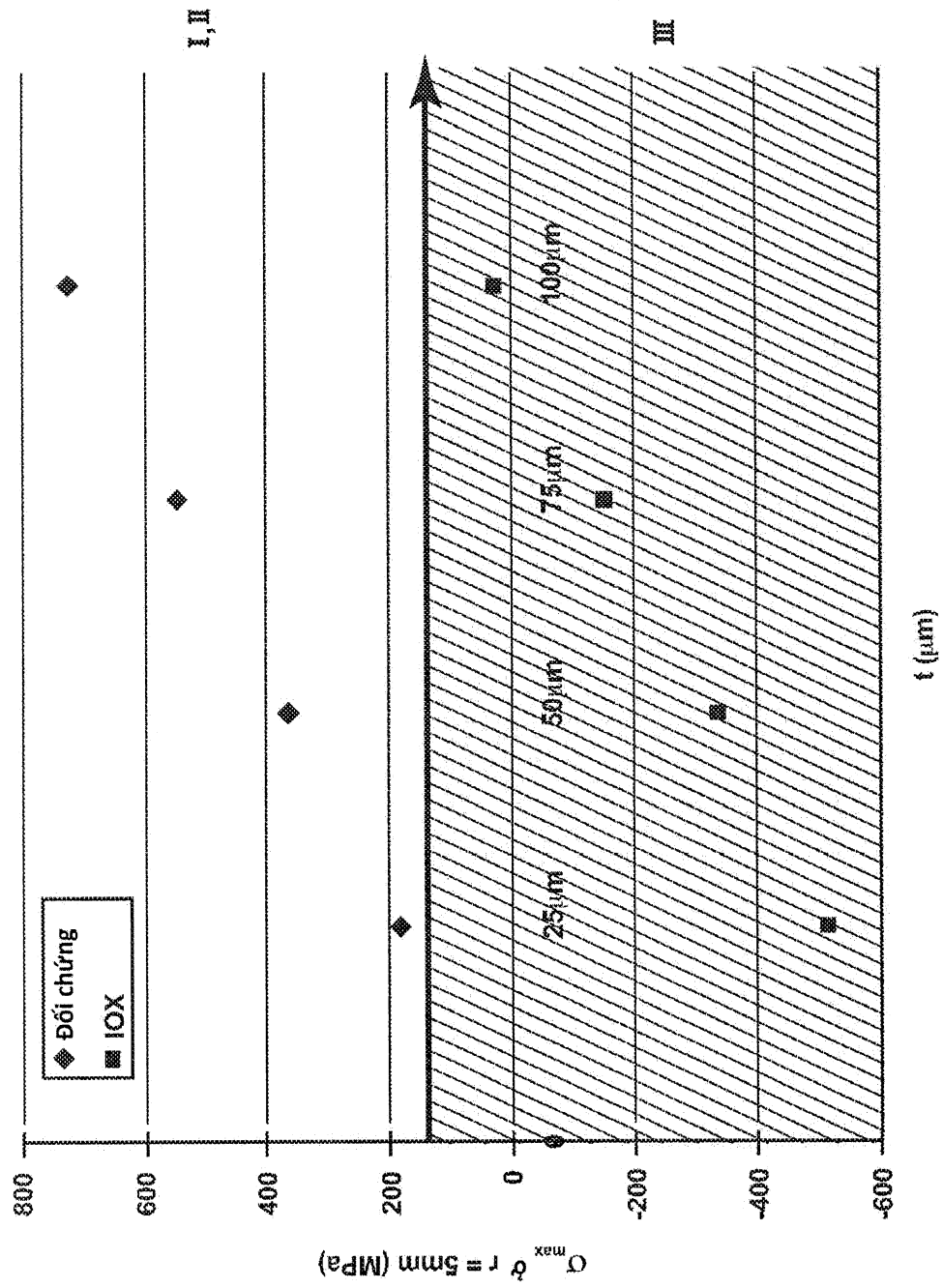


FIG. 8

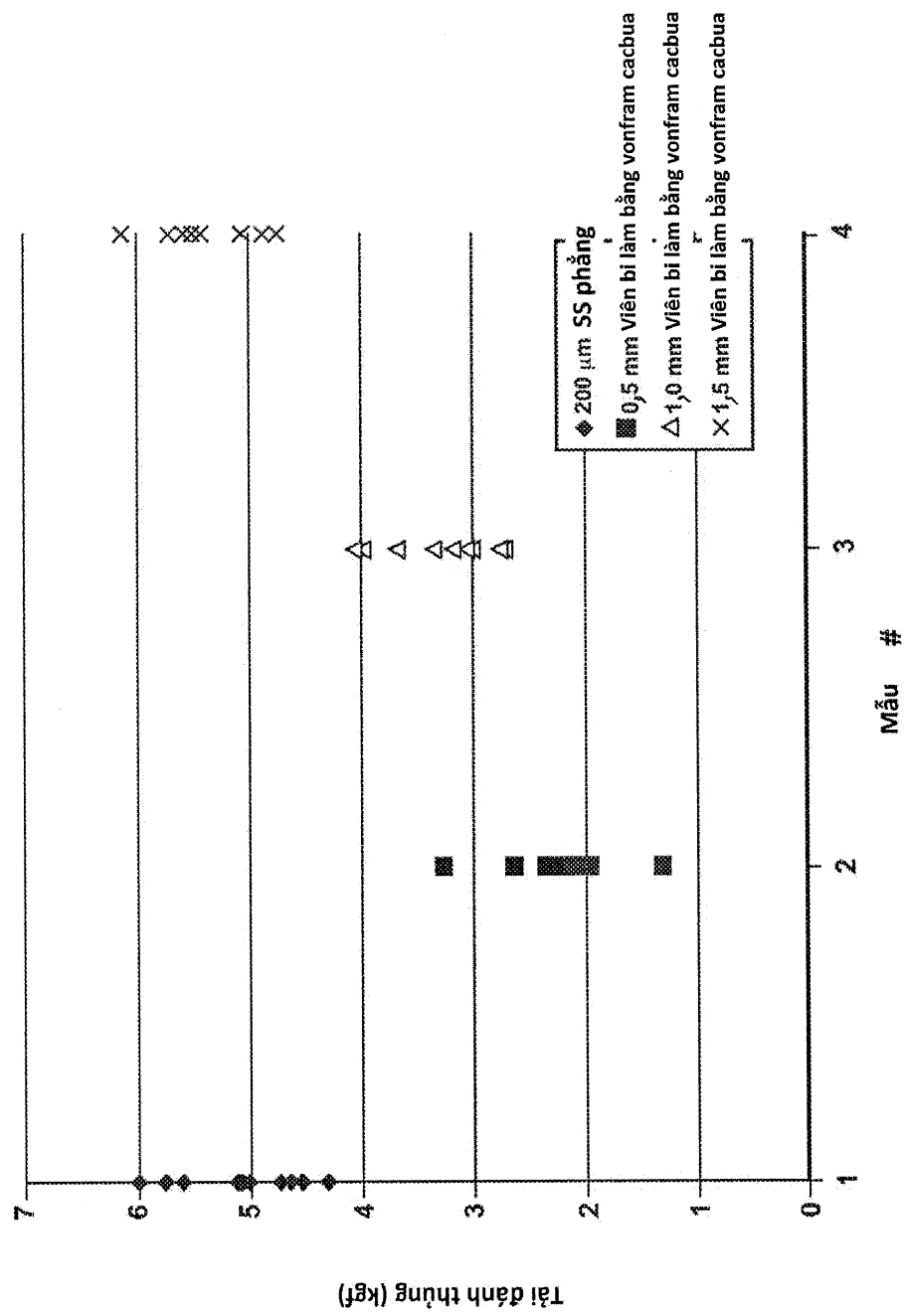


FIG. 9

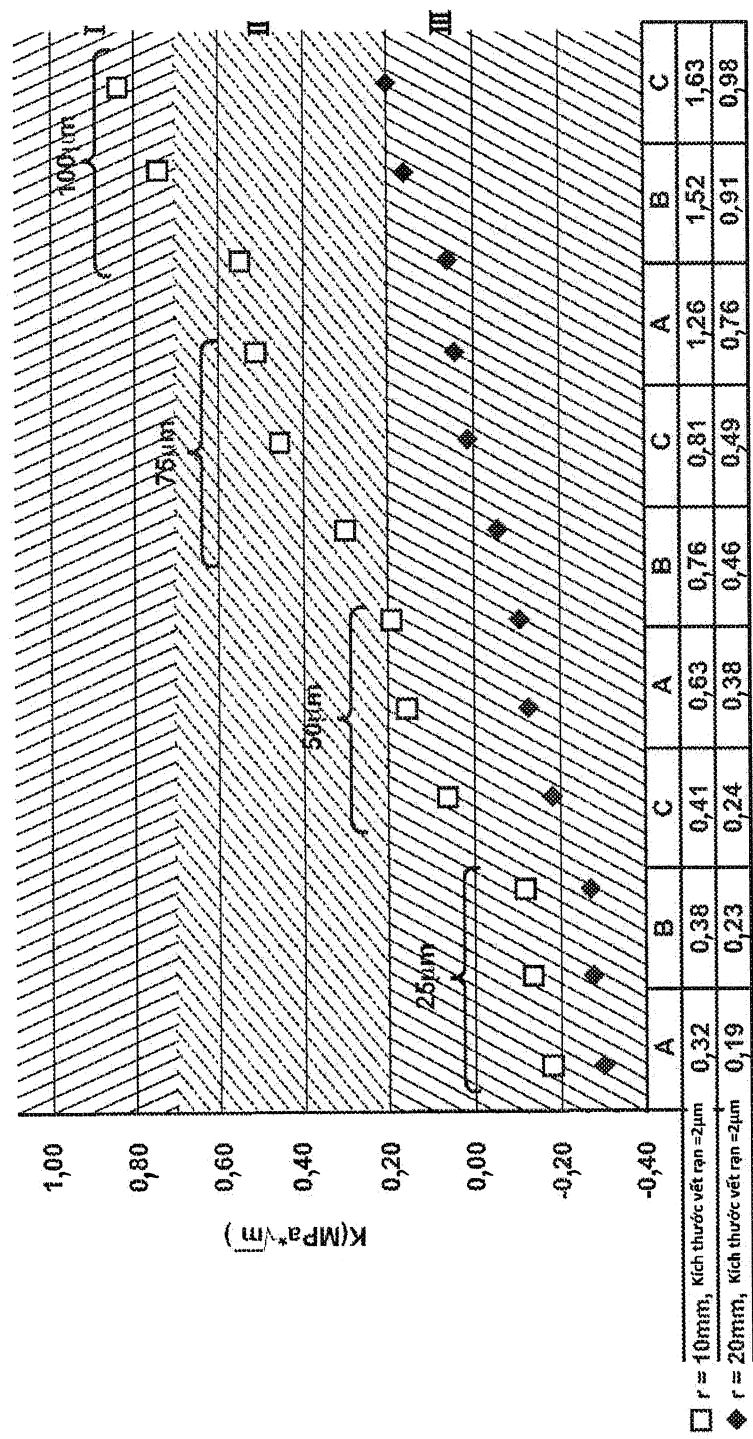


FIG. 10

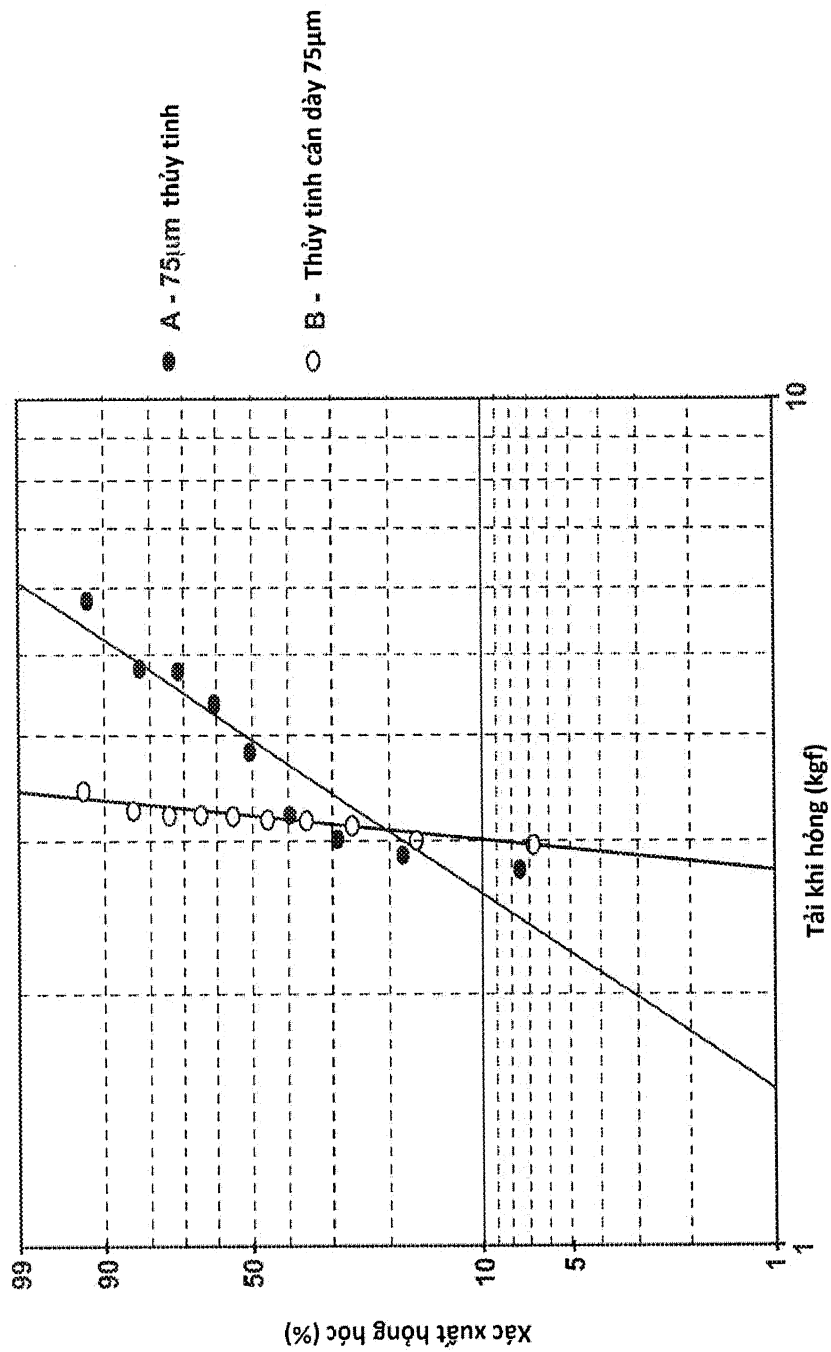


FIG. 11

Profin ứng suất trao đổi ion

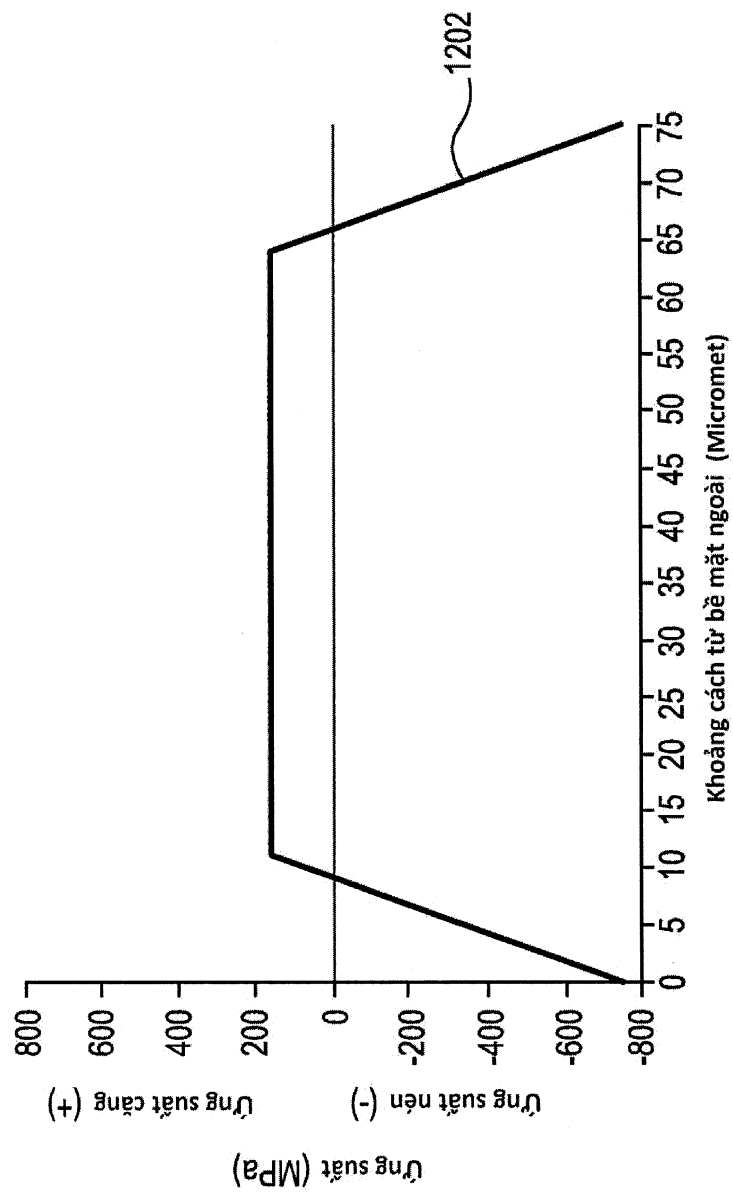


FIG. 12

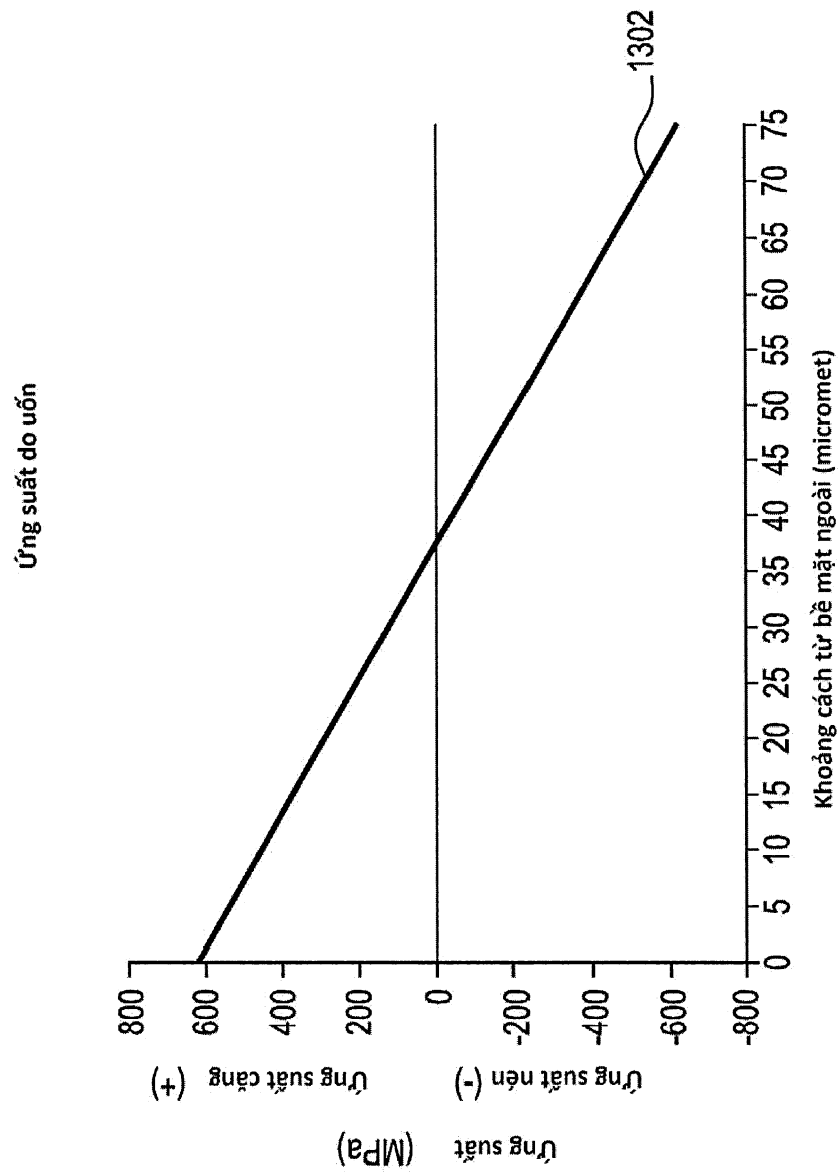


FIG. 13

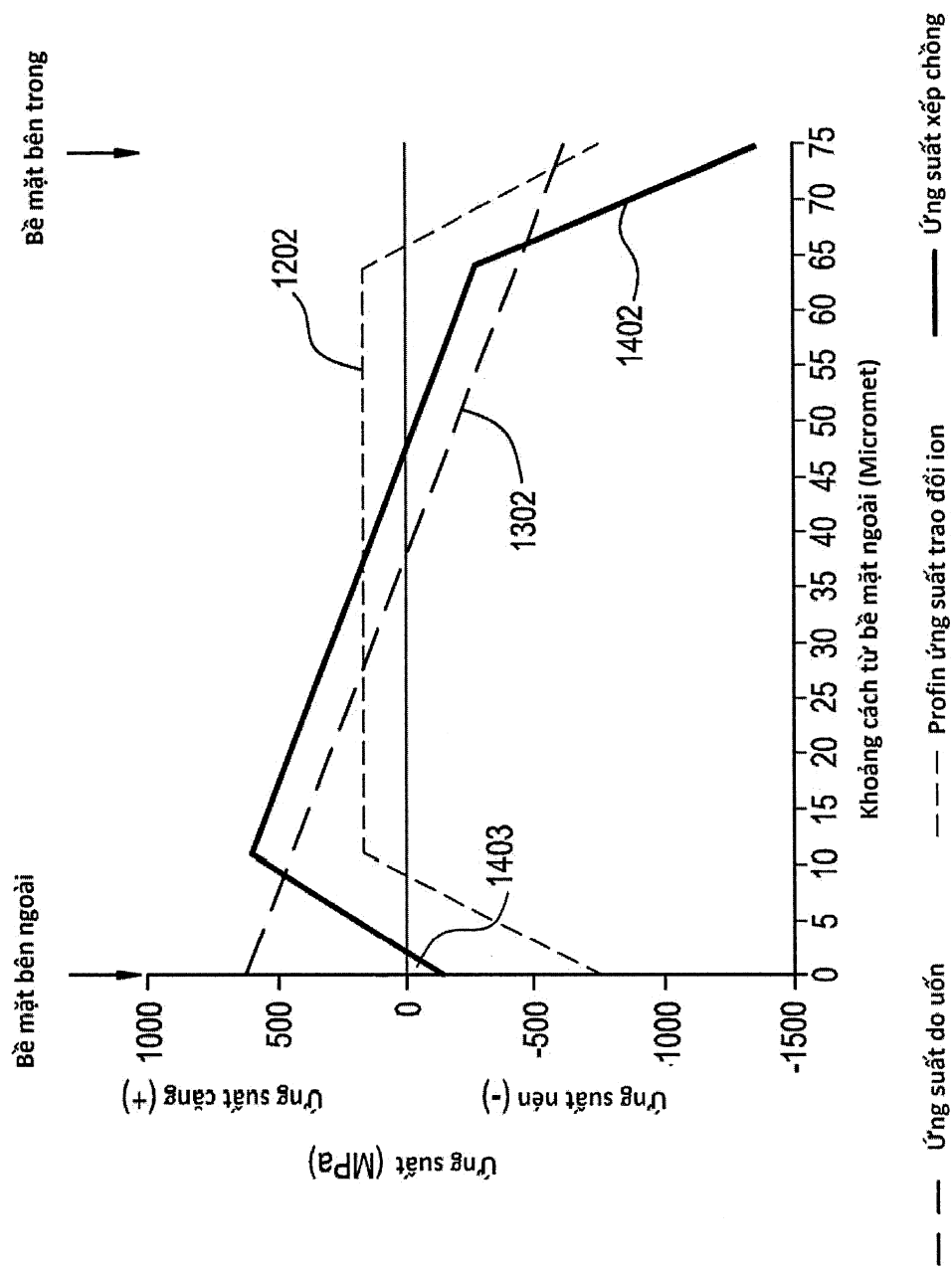


FIG. 14

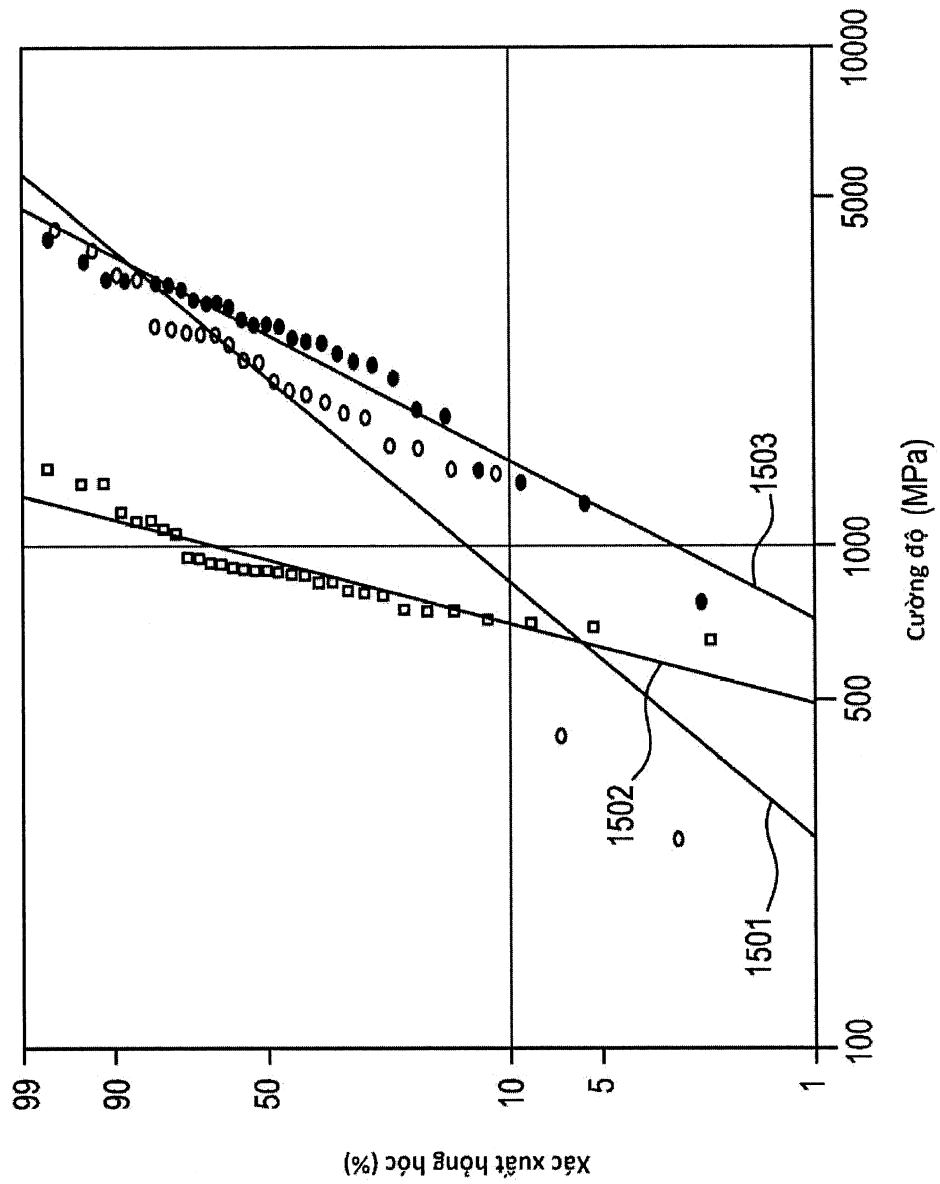


FIG. 15

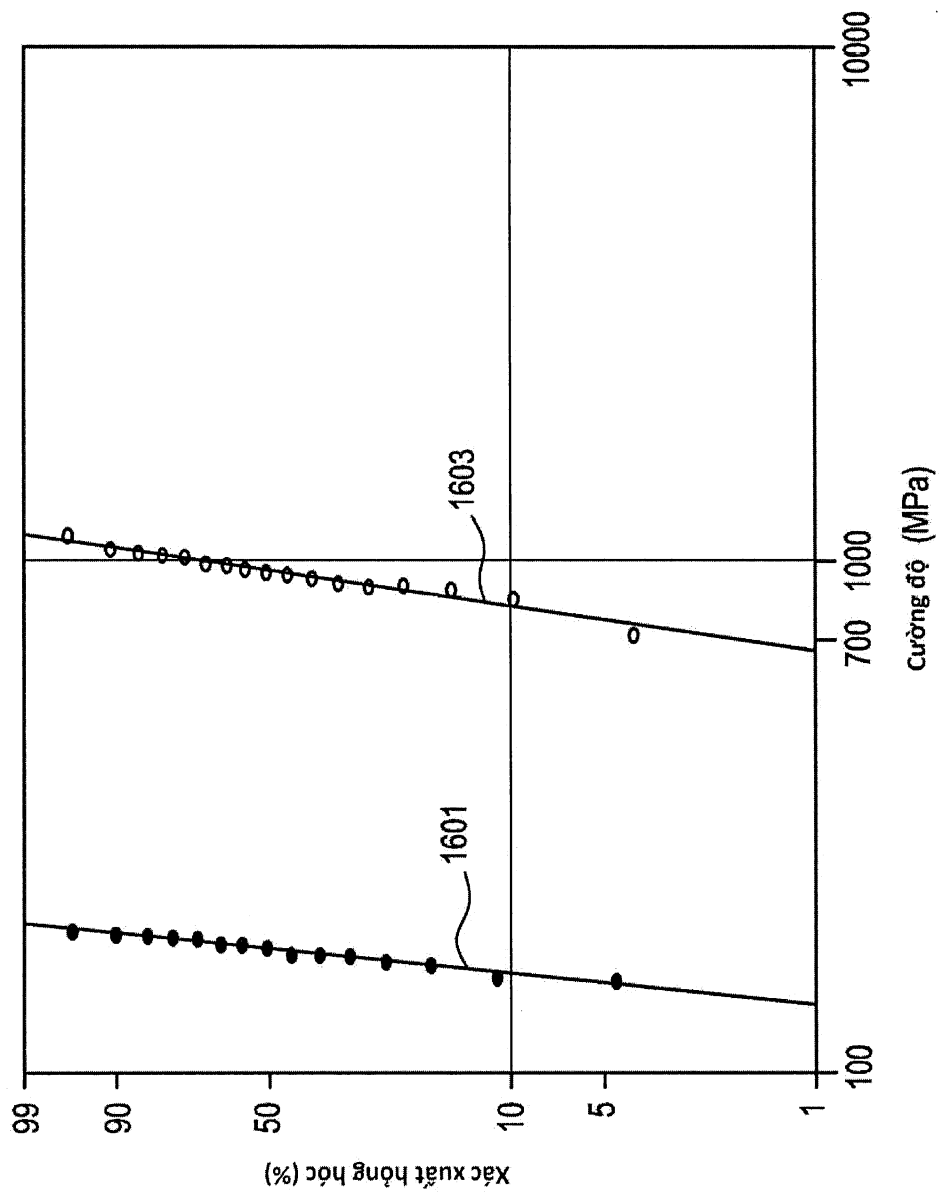


FIG. 16

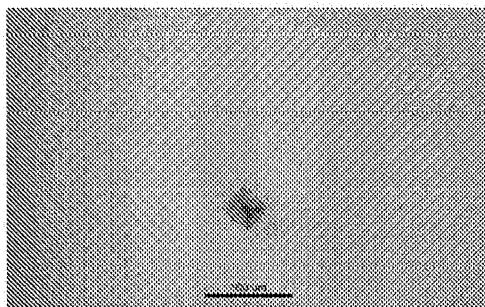


FIG. 17

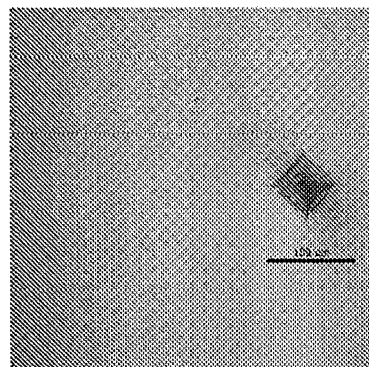


FIG. 18

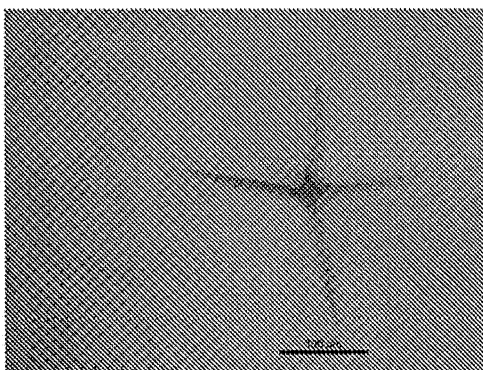


FIG. 19

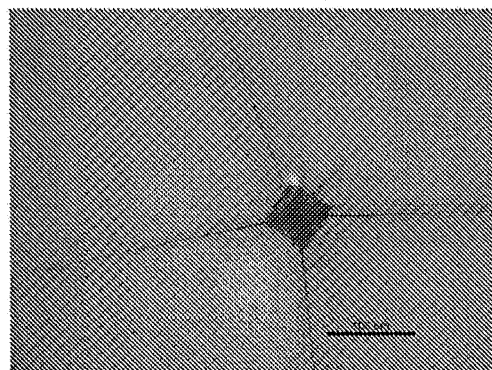
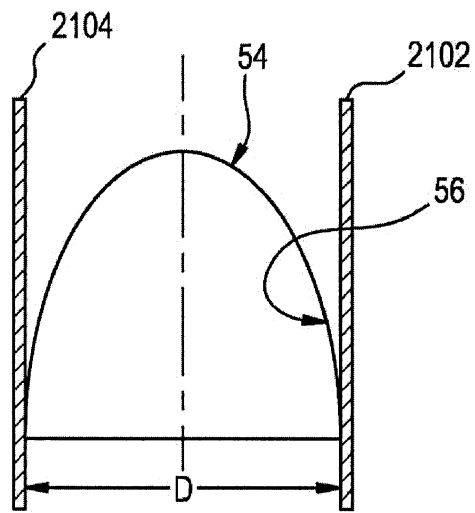


FIG. 20

**FIG. 21**