



- (12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
(51)^{2020.01} C03C 21/00; C03C 3/091; C03C 3/097; (13) B
C03C 3/085



1-0042446

-
- (21) 1-2021-00018 (22) 07/06/2019
(86) PCT/US2019/036009 07/06/2019 (87) WO 2019/236975 12/12/2019
(30) 62/682,672 08/06/2018 US; 62/699,306 17/07/2018 US
(45) 27/01/2025 442 (43) 25/03/2021 396
(73) CORNING INCORPORATED (US)
1 Riverfront Plaza, Corning, New York 14831, United States of America
(72) GROSS, Timothy Michael (US); GUO, Xiaojun (CN); HARRIS, Jason Thomas (US);
LEZZI, Peter Joseph (US); MITCHELL, Alexandra Lai Ching Kao Andrews (US);
ORAM, Pascale (US); REIMAN, Kevin Barry (US); ROUSSEV, Rostislav Vatchev
(BG); UKRAINCZYK, Ljerka (US).
(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

-
- (54) VẬT PHẨM TRÊN CƠ SỞ THỦY TINH VÀ SẢN PHẨM ĐIỆN TỬ DÂN DỤNG
BAO GỒM VẬT PHẨM TRÊN CƠ SỞ THỦY TINH

(21) 1-2021-00018

(57) Sáng chế đề cập đến các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có các biên dạng ứng suất cung cấp khả năng chống nứt vỡ được cải thiện. Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh ở đây có khả năng chống nứt vỡ cao sau nhiều lần rơi.

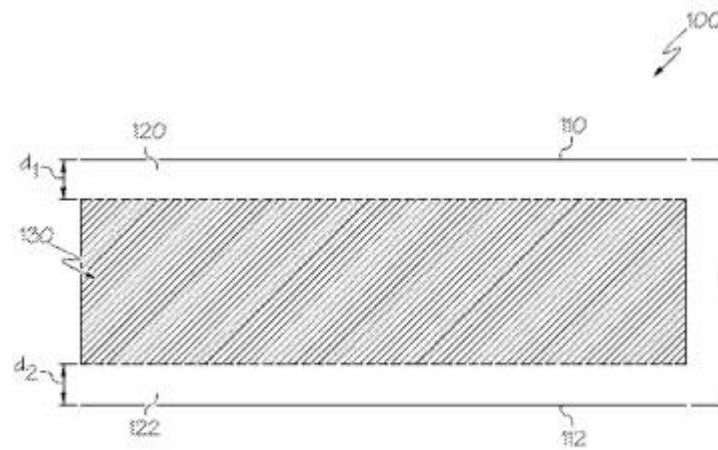


FIG. 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Nói chung, sáng chế đề cập đến biên dạng ứng suất đối với biên dạng ứng suất chịu nứt vỡ ở các vật phẩm thủy tinh. Cụ thể hơn là, sáng chế đề cập đến biên dạng ứng suất đối với thủy tinh, mà có thể chứa lithi, và có thể được sử dụng trong các thiết bị điện tử.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Bản chất di động của các thiết bị cầm tay, như điện thoại thông minh, máy tính bảng, máy nghe nhạc cầm tay, máy tính cá nhân và máy ảnh, khiến các thiết bị này đặc biệt dễ vô tình bị rơi trên bề mặt cứng, như mặt đất. Các thiết bị này thường tích hợp thủy tinh che phủ, có thể bị hỏng khi va chạm với bề mặt cứng. Trong nhiều thiết bị này, thủy tinh che phủ có tác dụng làm phần che bộ phận hiển thị, và có thể tích hợp chức năng cảm ứng, khiến cho việc sử dụng các thiết bị này bị ảnh hưởng tiêu cực khi thủy tinh che phủ bị hư hỏng.

Có hai kiểu hư hỏng chính của thủy tinh che phủ khi thiết bị cầm tay liên quan bị rơi xuống bề mặt cứng. Một trong các kiểu này là hư hỏng do uốn cong, mà gây ra bởi việc uốn cong thủy tinh khi thiết bị chịu tải trọng động do va chạm với bề mặt cứng. Kiểu khác là hư hỏng do tiếp xúc với vật sắc, mà gây ra bởi sự hư hỏng của bề mặt thủy tinh. Việc tác động lên thủy tinh bằng các bề mặt cứng thô ráp, như nhựa đường, granit, v.v., có thể dẫn đến các phần lõm sắc trên bề mặt thủy tinh. Các phần lõm này trở thành vị trí hỏng trên bề mặt thủy tinh mà từ đó vết nứt có thể phát triển và lan truyền.

Các nhà chế tạo thủy tinh và nhà sản xuất thiết bị cầm tay liên tục nỗ lực để cải thiện khả năng chống chịu của các thiết bị cầm tay đối với hư hỏng. Cũng mong muốn rằng các thiết bị cầm tay càng mỏng càng tốt. Do đó, ngoài độ bền, người ta cũng mong muốn là thủy tinh được sử dụng làm thủy tinh che phủ trong các thiết bị cầm tay được chế tạo càng mỏng càng tốt. Vì thế, ngoài việc tăng độ bền cho thủy tinh che phủ, người ta cũng mong muốn là thủy tinh có các đặc điểm cơ học mà cho phép nó được tạo thành bằng các quy trình mà có thể chế tạo vật phẩm thủy tinh mỏng, như tấm thủy tinh mỏng.

Do đó, hiện nay vẫn có nhu cầu đối với thủy tinh mà có thể được gia cường, như bằng cách trao đổi ion, và có các đặc tính cơ học mà cho phép chúng được chế tạo thành vật phẩm thủy tinh mỏng.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các khía cạnh của sáng chế đề cập đến các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh và các phương pháp sản xuất và sử dụng chúng. Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh ở đây có khả năng chống nứt vỡ cao. Cụ thể, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh ở đây có khả năng chống nứt vỡ cao sau nhiều lần rơi.

Theo một khía cạnh, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gồm: nền trên cơ sở thủy tinh gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện nhau xác định nên độ dày nền (t), trong đó t lớn hơn hoặc bằng 0,4 mm và nhỏ hơn hoặc bằng 1,3 mm; độ dốc ứng suất tại DOC bằng 1,5 MPa/micron hoặc nhỏ hơn; và biên dạng ứng suất gồm: độ sâu nén (depth of compression - DOC) lớn hơn hoặc bằng $0,15t$; và giá trị tuyệt đối của tích phân ứng suất trong một vùng nén nằm trong khoảng từ 4 MPa*mm đến 20 MPa*mm.

Theo khía cạnh (1), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gồm: nền trên cơ sở thủy tinh gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện nhau xác định nên độ dày nền (t), trong đó t lớn hơn hoặc bằng 0,4 mm và nhỏ hơn hoặc bằng 1,3 mm; và biên dạng ứng suất gồm: độ sâu nén (DOC) lớn hơn hoặc bằng $0,15t$; độ dốc ứng suất ở DOC là 1,5 MPa/micron hoặc nhỏ hơn; và giá trị tuyệt đối của tích phân ứng suất trong một vùng nén là nằm trong khoảng từ 4 MPa*mm đến 20 MPa*mm.

Theo khía cạnh (2), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh trên, gồm ứng suất nén (compressive stress - CS) tối đa lớn hơn hoặc bằng 500 MPa.

Theo khía cạnh (3), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, gồm ứng suất nén tại điểm uốn (CS_k) lớn hơn hoặc bằng 70 MPa.

Theo khía cạnh (4), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm trên, trong đó DOC nằm ở độ sâu 95 micron hoặc sâu hơn.

Theo khía cạnh (5), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này gồm: nền trên cơ sở thủy tinh gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện nhau xác định nên độ dày nền (t); hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa lithi; và lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh đến độ sâu nén (DOC); trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gồm ứng suất nén (CS) đỉnh lớn hơn hoặc bằng 500 MPa, độ dày (t) nhỏ hơn hoặc bằng 0,73 mm, ứng suất nén ở điểm uốn (CS_k) lớn hơn hoặc bằng 140 MPa, và DOC/t lớn hơn 0,17.

Theo khía cạnh (6), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trên đây, trong đó DOC/t lớn hơn hoặc bằng 0,18.

Theo khía cạnh (7), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trên đây, trong đó CS đỉnh lớn hơn hoặc bằng 600 MPa.

Theo khía cạnh (8), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trên đây, trong đó CS đỉnh lớn hơn hoặc bằng 720 MPa.

Theo khía cạnh (9), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trên đây, trong đó CS đỉnh lớn hơn hoặc bằng 800 MPa.

Theo khía cạnh (10), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này gồm: nền trên cơ sở thủy tinh gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện nhau xác định nên độ dày nền (t); hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa lithi; và lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh đến độ sâu nén (DOC); trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gồm ứng suất nén (CS) đỉnh lớn hơn hoặc bằng 970 MPa, ứng suất nén ở điểm uốn (CS_k) lớn hơn hoặc bằng 90 MPa, và DOC/t lớn hơn hoặc bằng 0,17.

Theo khía cạnh (11), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh trên đây, trong đó DOC/t lớn hơn hoặc bằng 0,18.

Theo khía cạnh (12), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (10) đến khía cạnh trên đây, trong đó CS đỉnh lớn hơn hoặc bằng 1020 MPa.

Theo khía cạnh (13), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (10) đến khía cạnh trên đây, trong đó CS đỉnh lớn hơn hoặc bằng 1060 MPa.

Theo khía cạnh (14), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (10) đến khía cạnh trên đây, trong đó độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) là lớn hơn hoặc bằng 0,01t.

Theo khía cạnh (15), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (10) đến khía cạnh trên đây, trong đó độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) là lớn hơn hoặc bằng 7 μm .

Theo khía cạnh (16), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (10) đến khía cạnh trên đây, trong đó độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) là lớn hơn hoặc bằng 7,8 μm .

Theo khía cạnh (17), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (10) đến khía cạnh trên đây, trong đó CS_k là lớn hơn hoặc bằng 100 MPa.

Theo khía cạnh (18), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (10) đến khía cạnh trên đây, trong đó CS_k là lớn hơn hoặc bằng 110 MPa.

Theo khía cạnh (19), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này gồm: nền trên cơ sở thủy tinh gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện nhau xác định nên độ dày nền (t); hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa lithi; và lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh đến độ sâu nén (DOC); trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gồm ứng suất nén (CS) đỉnh lớn hơn hoặc bằng 970 MPa, ứng suất nén ở điểm uốn (CS_k) lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, DOC/t lớn hơn hoặc bằng 0,17, và độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) là lớn hơn hoặc bằng 0,012t.

Theo khía cạnh (20), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này gồm: nền trên cơ sở thủy tinh gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện nhau xác định nên độ dày nền (t); hợp phần trung tâm ở tâm của

vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa lithi; và lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh đến độ sâu nén (DOC); trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gồm ứng suất nén (CS) đỉnh lớn hơn hoặc bằng 970 MPa, ứng suất nén ở điểm uốn (CS_k) lớn hơn hoặc bằng 50 MPa, DOC/t lớn hơn hoặc bằng 0,17, và độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) là lớn hơn hoặc bằng $0,02t$.

Theo khía cạnh (21), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (19) đến khía cạnh trên đây, trong đó DOL_{sp} lớn hơn hoặc bằng $10\text{ }\mu\text{m}$.

Theo khía cạnh (22), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (19) đến khía cạnh trên đây, trong đó DOL_{sp} là lớn hơn hoặc bằng $10,5\text{ }\mu\text{m}$.

Theo khía cạnh (23), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (19) đến khía cạnh trên đây, trong đó DOL_{sp} là lớn hơn hoặc bằng $11\text{ }\mu\text{m}$.

Theo khía cạnh (24), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó ứng suất kéo trung tâm tối đa (peak central tension - PT) của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là lớn hơn hoặc bằng 68 MPa.

Theo khía cạnh (25), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó ứng suất kéo trung tâm tối đa (peak central tension - PT) của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là lớn hơn hoặc bằng 70 MPa.

Theo khía cạnh (26), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó ứng suất kéo trung tâm tối đa (peak central tension - PT) của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là lớn hơn hoặc bằng 73 MPa.

Theo khía cạnh (27), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó t nhỏ hơn hoặc bằng 0,7 mm.

Theo khía cạnh (28), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó t nhỏ hơn hoặc bằng 0,65 mm.

Theo khía cạnh (29), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này gồm: nền trên cơ sở thủy tinh gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện nhau xác định nên độ dày nền (t); hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa lithi; và lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm thủy tinh đến độ sâu nén (DOC), trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gồm ứng suất nén (CS) đỉnh lớn hơn hoặc bằng 500 MPa, độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) lớn hơn hoặc bằng $0,008 \cdot t$, biên dạng ứng suất bao gồm vùng độ dốc thấp với giá trị tuyệt đối trung bình của độ dốc nhỏ hơn hoặc bằng $0,2 \text{ MPa}/\mu\text{m}$, vùng độ dốc thấp này nằm trong lớp ứng suất nén và kéo dài ít nhất là $10 \mu\text{m}$, và ứng suất nén trung bình trong vùng độ dốc thấp này là lớn hơn hoặc bằng 80 MPa.

Theo khía cạnh (30), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh trên, trong đó ứng suất nén trung bình trong vùng độ dốc thấp là lớn hơn hoặc bằng 90 MPa.

Theo khía cạnh (31), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (29) đến khía cạnh trên đây, trong đó ứng suất nén trung bình trong vùng độ dốc thấp là lớn hơn hoặc bằng 100 MPa.

Theo khía cạnh (32), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (29) đến khía cạnh trên đây, trong đó giá trị tuyệt đối trung bình của độ dốc trong vùng độ dốc thấp là nhỏ hơn hoặc bằng $0,25 \text{ MPa}/\mu\text{m}$.

Theo khía cạnh (33), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (29) đến khía cạnh trên đây, trong đó vùng độ dốc thấp bắt đầu ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng $0,01t$.

Theo khía cạnh (34), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (29) đến khía cạnh trên đây, trong đó vùng độ dốc thấp bắt đầu ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng $0,012t$.

Theo khía cạnh (35), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (29) đến khía cạnh trên đây, trong đó vùng độ dốc thấp bắt đầu ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng 0,015t.

Theo khía cạnh (36), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (29) đến khía cạnh trên đây, trong đó vùng độ dốc thấp kéo dài đến độ sâu nhỏ hơn hoặc bằng 0,02t.

Theo khía cạnh (37), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (29) đến (34), trong đó vùng độ dốc thấp kéo dài đến độ sâu nhỏ hơn hoặc bằng 0,15t.

Theo khía cạnh (38), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (29) đến khía cạnh trên đây, trong đó vùng độ dốc thấp kéo dài đến độ sâu nhỏ hơn hoặc bằng 0,12t.

Theo khía cạnh (39), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (29) đến khía cạnh trên đây, trong đó vùng độ dốc thấp kéo dài đến độ sâu nhỏ hơn hoặc bằng 0,1t.

Theo khía cạnh (40), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (29) đến khía cạnh trên đây, trong đó vùng độ dốc thấp kéo dài đến độ sâu nhỏ hơn hoặc bằng 0,09t.

Theo khía cạnh (41), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (29) đến khía cạnh trên đây, trong đó CS đỉnh lớn hơn hoặc bằng 600 MPa.

Theo khía cạnh (42), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (29) đến khía cạnh trên đây, trong đó CS đỉnh lớn hơn hoặc bằng 700 MPa.

Theo khía cạnh (43), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (29) đến khía cạnh trên đây, trong đó CS đỉnh lớn hơn hoặc bằng 750 MPa.

Theo khía cạnh (44), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này gồm: nền trên cơ sở thủy tinh gồm bề mặt thứ nhất và bề

mặt thứ hai đối diện nhau xác định nên độ dày nền (t); hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa lithi; và lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm thủy tinh đến độ sâu nén (DOC), trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gồm ứng suất nén (CS) đỉnh lớn hơn hoặc bằng 500 MPa, độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) lớn hơn hoặc bằng $0,008 \cdot t$, biên dạng ứng suất bao gồm vùng có độ cong âm trong đó đạo hàm bậc hai của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu là số âm, vùng có độ cong âm nằm trong lớp ứng suất nén, và giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng $0,003 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$.

Theo khía cạnh (45), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh (44), trong đó giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng $0,005 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$.

Theo khía cạnh (46), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (44) đến khía cạnh trên đây, trong đó giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng $0,007 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$.

Theo khía cạnh (47), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (44) đến khía cạnh trên đây, trong đó giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng $0,009 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$.

Theo khía cạnh (48), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (44) đến khía cạnh trên đây, trong đó tích số của độ dày t và giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng 19 GPa.

Theo khía cạnh (49), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (44) đến khía cạnh trên đây, trong đó tích số của độ dày t và giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng 32 GPa.

Theo khía cạnh (50), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (44) đến khía cạnh trên đây, trong đó tích số của độ

dày t và giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng 45 GPa.

Theo khía cạnh (51), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (44) đến khía cạnh trên đây, trong đó tích số của độ dày t và giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng 57 GPa.

Theo khía cạnh (52), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (44) đến khía cạnh trên đây, trong đó giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm đạt được ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng $0,01t$.

Theo khía cạnh (53), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (44) đến khía cạnh trên đây, trong đó giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm đạt được ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng $0,012t$.

Theo khía cạnh (54), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (44) đến khía cạnh trên đây, trong đó giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm đạt được ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng $0,015t$.

Theo khía cạnh (55), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (44) đến khía cạnh trên đây, trong đó giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm đạt được ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng $0,02t$.

Theo khía cạnh (56), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (44) đến khía cạnh trên đây, trong đó giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm đạt được ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng $0,04t$.

Theo khía cạnh (57), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (44) đến khía cạnh trên đây, trong đó giá trị tuyệt

đổi tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm đạt được ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng $0,05t$.

Theo khía cạnh (58), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (44) đến khía cạnh trên đây, trong đó giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm đạt được ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng $0,06t$.

Theo khía cạnh (59), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (44) đến khía cạnh trên đây, trong đó giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm đạt được ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng $0,07t$.

Theo khía cạnh (60), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (44) đến khía cạnh trên đây, trong đó giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm đạt được ở độ sâu nhỏ hơn hoặc bằng $0,2t$.

Theo khía cạnh (61), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (44) đến khía cạnh trên đây, trong đó giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm đạt được ở độ sâu nhỏ hơn hoặc bằng $0,17t$.

Theo khía cạnh (62), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (44) đến khía cạnh trên đây, trong đó giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm đạt được ở độ sâu nhỏ hơn hoặc bằng $0,14t$.

Theo khía cạnh (63), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (44) đến khía cạnh trên đây, trong đó giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm đạt được ở độ sâu nhỏ hơn hoặc bằng $0,11t$.

Theo khía cạnh (64), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (44) đến khía cạnh trên đây, trong đó giá trị tuyệt

đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm đạt được ở độ sâu nhỏ hơn hoặc bằng 0,1t.

Theo khía cạnh (65), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (44) đến khía cạnh trên đây, trong đó CS đỉnh lớn hơn hoặc bằng 600 MPa.

Theo khía cạnh (66), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (44) đến khía cạnh trên đây, trong đó CS đỉnh lớn hơn hoặc bằng 700 MPa.

Theo khía cạnh (67), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (44) đến khía cạnh trên đây, trong đó CS đỉnh lớn hơn hoặc bằng 750 MPa.

Theo khía cạnh (68), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó tỷ lệ giữa nồng độ mol của Li_2O và nồng độ mol của Na_2O ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là nhỏ hơn hoặc bằng 2,0.

Theo khía cạnh (69), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó tỷ lệ giữa nồng độ mol của Li_2O và nồng độ mol của Na_2O ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là nhỏ hơn hoặc bằng 1,9.

Theo khía cạnh (70), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó tỷ lệ giữa nồng độ mol của Li_2O và nồng độ mol của Na_2O ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là nhỏ hơn hoặc bằng 1,8.

Theo khía cạnh (71), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó tỷ lệ giữa nồng độ mol của Li_2O và nồng độ mol của Na_2O ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là nhỏ hơn hoặc bằng 1,6.

Theo khía cạnh (72), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên, trong đó tỷ lệ giữa nồng độ mol của Li_2O và

nồng độ mol của Na_2O ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là nhỏ hơn hoặc bằng 1,4.

Theo khía cạnh (73), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó nồng độ Li_2O ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là nhỏ hơn hoặc bằng 12% mol.

Theo khía cạnh (74), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó nồng độ Li_2O ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là nhỏ hơn hoặc bằng 11% mol.

Theo khía cạnh (75), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó nồng độ Li_2O ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là nhỏ hơn hoặc bằng 10% mol.

Theo khía cạnh (76), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó nồng độ Li_2O ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là nhỏ hơn hoặc bằng 9,5% mol.

Theo khía cạnh (77), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó nồng độ Li_2O ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là nhỏ hơn hoặc bằng 9% mol.

Theo khía cạnh (78), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó nồng độ Li_2O ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là nhỏ hơn hoặc bằng 8,5% mol.

Theo khía cạnh (79), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó nồng độ Li_2O ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là nhỏ hơn hoặc bằng 8% mol.

Theo khía cạnh (80), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó độ bền chống nứt vỡ của thủy tinh có hợp phần trung tâm là lớn hơn hoặc bằng $0,7 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$.

Theo khía cạnh (81), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó độ bền chống nứt vỡ của thủy tinh có hợp phần trung tâm là lớn hơn hoặc bằng $0,75 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$.

Theo khía cạnh (82), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó độ bền chống nứt vỡ của thủy tinh có hợp phần trung tâm là lớn hơn hoặc bằng $0,77 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$.

Theo khía cạnh (83), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó độ bền chống nứt vỡ của thủy tinh có hợp phần trung tâm là nhỏ hơn hoặc bằng $1,3 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$.

Theo khía cạnh (84), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó độ bền chống nứt vỡ của thủy tinh có hợp phần trung tâm là nhỏ hơn hoặc bằng $1,2 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$.

Theo khía cạnh (85), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó độ bền chống nứt vỡ của thủy tinh có hợp phần trung tâm là nhỏ hơn hoặc bằng $1,1 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$.

Theo khía cạnh (86), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó độ bền chống nứt vỡ của thủy tinh có hợp phần trung tâm là nhỏ hơn hoặc bằng $0,95 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$.

Theo khía cạnh (87), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh trên đây, trong đó độ bền chống nứt vỡ của thủy tinh có hợp phần trung tâm là nhỏ hơn hoặc bằng $0,9 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$.

Theo khía cạnh (88), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này gồm: nền trên cơ sở thủy tinh gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện nhau xác định nên độ dày nền (t); hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa lithi và natri, và tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ là lớn hơn hoặc bằng 0,65 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,2; và độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng $0,7 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,3 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$.

Theo khía cạnh (89), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh (88), có lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm thủy tinh đến độ sâu nén (DOC) là lớn hơn hoặc bằng $0,17t$.

Theo khía cạnh (90), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (88) đến khía cạnh trên đây, có ứng suất nén (CS) đỉnh nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 500 MPa đến 1200 MPa.

Theo khía cạnh (91), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (88) đến khía cạnh trên đây, có ứng suất nén ở điểm uốn (CS_k) nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 80 MPa đến 160 MPa.

Theo khía cạnh (92), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (88) đến khía cạnh trên đây, có ứng suất kéo đỉnh (peak tension - PT) lớn hơn hoặc bằng 68 MPa.

Theo khía cạnh (93), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (88) đến khía cạnh trên đây, trong đó độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) là lớn hơn $0,007t$.

Theo khía cạnh (94), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (88) đến khía cạnh trên đây, có biên dạng ứng suất gồm vùng có độ cong âm, trong đó đạo hàm bậc hai của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu là số âm, vùng có độ cong âm nằm trong lớp ứng suất nén, và giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng $0,003 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$.

Theo khía cạnh (95), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (88) đến khía cạnh trên đây, trong đó nồng độ LiO_2 của hợp phần trung tâm là nhỏ hơn hoặc bằng 8,5% mol.

Theo khía cạnh (96), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (88) đến khía cạnh trên đây, trong đó t nằm trong khoảng từ 0,5 mm đến 0,8 mm.

Theo khía cạnh (97), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này gồm: nền trên cơ sở thủy tinh gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện nhau xác định nên độ dày nền (t); hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa lithi và tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ lớn hơn hoặc bằng 0,65 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,2; và biên dạng ứng suất chứa vùng có độ cong âm, trong đó đạo hàm bậc hai của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu là số âm, vùng có độ cong

âm nằm trong lớp ứng suất nén, và giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng $0,003 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$.

Theo khía cạnh (98), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh (97), có một hoặc nhiều trong số các đặc điểm sau: lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm thủy tinh đến độ sâu nén (DOC) lớn hơn hoặc bằng $0,17t$; ứng suất nén (CS) đỉnh nằm trong khoảng từ 500 MPa đến 1200 MPa; ứng suất nén ở điểm uốn (CS_k) nằm trong khoảng từ 80 MPa đến 160 MPa; ứng suất kéo đỉnh (peak tension - PT) lớn hơn hoặc bằng 68 MPa; độ sâu của lớp mũi nhọn (DOLsp) là lớn hơn hoặc bằng $0,007t$; nồng độ LiO_2 của hợp phần trung tâm nhỏ hơn hoặc bằng 8,5% mol; và t nằm trong khoảng từ 0,5 mm đến 0,8 mm.

Theo khía cạnh (99), sáng chế đề cập đến sản phẩm điện tử dân dụng. Sản phẩm điện tử dân dụng này bao gồm: vỏ bao gồm bề mặt trước, bề mặt sau và các bề mặt bên; các linh kiện điện được cung cấp ít nhất một phần nằm trong vỏ này, các linh kiện điện này bao gồm ít nhất là bộ điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị, bộ phận hiển thị được cung cấp tại hoặc liền kề với bề mặt trước của vỏ này; và vật che phủ được bố trí trên bộ phận hiển thị; trong đó ít nhất một phần của ít nhất một trong số vỏ và vật che phủ bao gồm vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên.

Theo khía cạnh (100), sáng chế đề cập đến phương pháp gia tăng khả năng tồn tại của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh sau nhiều lần rơi lên một hoặc nhiều bề mặt cứng. Phương pháp này bao gồm: thực hiện xử lý trao đổi ion đối với nền trên cơ sở thủy tinh gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện nhau xác định nên độ dày nền (t) để tạo thành vật phẩm trên cơ sở thủy tinh với biên dạng ứng suất có điểm uốn, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này gồm: hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa lithi và tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ lớn hơn hoặc bằng 0,65 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,2; oxit kim loại kiềm có nồng độ khác không mà thay đổi từ bề mặt thứ nhất đến độ sâu của lớp (DOL) đối với oxit kim loại kiềm; và độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm là nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng $0,7 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,3 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$.

Theo khía cạnh (101), sáng chế đề cập đến phương pháp theo khía cạnh (100), trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gồm lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm thủy tinh đến độ sâu nén (DOC) mà bằng hoặc lớn hơn $0,17t$.

Theo khía cạnh (102), sáng chế đề cập đến phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (100) đến khía cạnh trên đây, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gồm ứng suất nén (CS) đỉnh nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 500 MPa đến 1200 MPa.

Theo khía cạnh (103), sáng chế đề cập đến phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (100) đến khía cạnh trên đây, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này gồm ứng suất nén tại điểm uốn (CS_k) nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 80 MPa đến 160 MPa.

Theo khía cạnh (104), sáng chế đề cập đến phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (100) đến khía cạnh trên đây, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gồm ứng suất kéo đỉnh (PT) lớn hơn hoặc bằng 68 MPa.

Theo khía cạnh (105), sáng chế đề cập đến phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (100) đến khía cạnh trên đây, trong đó DOL của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là lớn hơn $0,007t$.

Theo khía cạnh (106), sáng chế đề cập đến phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (100) đến khía cạnh trên đây, trong đó biên dạng ứng suất gồm vùng có độ cong âm, trong đó đạo hàm bậc hai của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu là số âm, vùng có độ cong âm nằm trong lớp ứng suất nén, và giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng $0,003 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$.

Theo khía cạnh (107), sáng chế đề cập đến phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (100) đến khía cạnh trên đây, trong đó nồng độ LiO_2 của hợp phần trung tâm là nhỏ hơn hoặc bằng 8,5% mol.

Theo khía cạnh (108), sáng chế đề cập đến phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (100) đến khía cạnh trên đây, trong đó hợp phần trung tâm có tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ nhỏ hơn hoặc bằng 1,2.

Theo khía cạnh (109), sáng chế đề cập đến phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (100) đến khía cạnh trên đây, trong đó t nằm trong khoảng từ 0,5 mm đến 0,8 mm.

Theo khía cạnh (110), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được tạo ra theo phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (100) đến khía cạnh trên đây.

Theo một số phương án, biên dạng ứng suất đối với vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa lithi được đề xuất mà thể hiện khả năng chống nứt vỡ cao.

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

Cần hiểu rằng cả phần mô tả chung trên đây và phần mô tả chi tiết dưới đây mô tả các phương án khác nhau và được dự định để đưa ra cái nhìn tổng quan hoặc cốt lõi để hiểu bản chất và đặc điểm của đối tượng được yêu cầu bảo hộ. Các hình vẽ kèm theo được bao hàm để hiểu hơn nữa về phương án thực hiện khác nhau, và được kết hợp và đóng vai trò là một phần của bản mô tả này. Các hình vẽ minh họa các phương án thực hiện khác nhau đã được mô tả ở đây, và cùng với phần mô tả có tác dụng giải thích các nguyên lý và các cách vận hành của đối tượng được yêu cầu bảo hộ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig. 1 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện mặt cắt của thủy tinh có các lớp ứng suất nén trên các bề mặt của chúng theo các phương án thực hiện được bộc lộ và đã được mô tả ở đây;

Fig. 2 là đồ thị thể hiện biên dạng ứng suất bao gồm ứng suất điểm uốn;

Fig. 3 là sự biểu diễn bằng sơ đồ đối với mẫu được sử dụng để xác định độ bền chống nứt vỡ K_{IC} và mặt cắt của nó,

Fig. 4A là hình chiếu bằng của thiết bị điện tử làm ví dụ tích hợp vật phẩm thủy tinh bất kỳ trong số các vật phẩm thủy tinh được bộc lộ ở đây;

Fig. 4B là hình phối cảnh của thiết bị điện tử làm ví dụ của Fig. 4A;

Fig. 5 là đồ thị của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu sau quá trình trao đổi ion hai bước, theo một số phương án;

Fig. 6 là đồ thị của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu sau quá trình trao đổi ion một bước, theo một số phương án;

Fig. 7 là đồ thị của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu sau quá trình trao đổi ion hai bước, theo một số phương án;

Fig. 8 là đồ thị của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu sau quá trình trao đổi ion hai bước;

Fig. 9 là đồ thị của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu sau quá trình trao đổi ion hai bước, theo một số phương án;

Fig. 10 là đồ thị của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu sau quá trình trao đổi ion hai bước, theo một số phương án và biên dạng ứng suất so sánh dưới dạng hàm số của độ sâu;

Fig. 11 là đồ thị của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu sau quá trình trao đổi ion hai bước, theo một số phương án;

Fig. 12 là đồ thị của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu sau quá trình trao đổi ion hai bước, theo một số phương án;

Fig. 13 là đồ thị của các biên dạng ứng suất lấy làm mô hình của ứng suất nén (MPa) theo độ sâu (micron) đối với vật phẩm thủy tinh chuẩn và đối với vật phẩm thủy tinh với ứng suất điểm uốn tăng theo một số phương án;

Fig. 14 là biểu đồ của độ bền giữ (MPa) theo độ dài vết nứt (micron) đối với các biên dạng ứng suất trong các vật phẩm thủy tinh của Fig. 13 sau khi tạo mô hình kiểu cách hư hỏng;

Fig. 15 là các đồ thị biên dạng ứng suất nén đối với các vật phẩm thủy tinh với các hợp phần khác nhau và có độ dày 0,6 mm;

Fig. 16 là đồ thị của các biên dạng độ bền giữ đối với các vật phẩm thủy tinh của Fig. 15;

Fig. 17 là các đồ thị biên dạng ứng suất nén đối với các vật phẩm thủy tinh với các hợp phần khác nhau và có độ dày 0,8 mm;

Fig. 18 là đồ thị của các biên dạng độ bền giữ theo độ dài vết nứt đối với các vật phẩm thủy tinh của Fig. 17;

Fig. 19 là đồ thị của khả năng tồn tại đối với các vật phẩm thủy tinh với các hợp phần và độ dày khác nhau;

Fig. 20 là các đồ thị biên dạng ứng suất nén đối với các vật phẩm thủy tinh với các hợp phần khác nhau và có độ dày 0,5 mm;

Fig. 21 là các đồ thị biên dạng ứng suất nén đối với các vật phẩm thủy tinh với các hợp phần khác nhau và có độ dày 0,5 mm;

Fig. 22 là các đồ thị của biên dạng ứng suất nén ở Fig. 21 theo độ sâu nén (DOC) của các vật phẩm.

Mô tả chi tiết sáng chế

Trước khi mô tả một số phương án thực hiện làm ví dụ, cần hiểu rằng sáng chế không bị giới hạn ở các chi tiết của kết cấu hoặc các bước xử lý được đưa ra ở phần bộc lộ dưới đây. Sáng chế được đề xuất ở đây là có thể có các phương án thực hiện khác và có các phương án được thực hành hoặc được thực hiện theo các cách khác nhau.

Trong suốt bản mô tả này, việc viện dẫn đến "một phương án", "các phương án nhất định", "các phương án khác nhau", "một hoặc nhiều phương án" hoặc "phương án" có nghĩa là dấu hiệu, cấu trúc, vật liệu, hoặc đặc điểm cụ thể mà được mô tả liên quan đến phương án đó là được bao gồm trong ít nhất một phương án của sáng chế. Do đó, sự xuất hiện của các cụm từ "theo một hoặc nhiều phương án", "theo các phương án nhất định", "theo các phương án khác nhau", hoặc "theo phương án" ở các vị trí khác nhau trong toàn bộ bản mô tả này không hoàn toàn nhất thiết là phải đề cập đến phương án giống nhau, hoặc chỉ một phương án. Ngoài ra, các dấu hiệu, cấu trúc, vật liệu, hoặc đặc điểm cụ thể có thể được kết hợp theo cách thích hợp bất kỳ trong một hoặc nhiều phương án.

Các định nghĩa và kỹ thuật đo

Các thuật ngữ “vật phẩm trên cơ sở thủy tinh” và “các nền trên cơ sở thủy tinh” được sử dụng bao gồm đối tượng bất kỳ được làm toàn bộ hoặc một phần từ thủy tinh, bao gồm thủy tinh-gốm (bao gồm pha vô định hình và pha tinh thể). Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được cán bao gồm các lớp cán bằng vật liệu thủy tinh hoặc phi thủy tinh, lớp cán bằng vật liệu thủy tinh hoặc tinh thể. Các nền trên cơ sở thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án có thể được chọn từ thủy tinh silicat vôi xút, thủy tinh silicat kiềm-nhôm, thủy tinh borosilicat chứa kiềm, thủy tinh nhôm borosilicat chứa kiềm, và thủy tinh-gốm chứa kiềm.

"Hợp phần cơ sở" là thành phần hóa học tạo nên nền trước khi thực hiện việc xử lý trao đổi ion (IOX) bất kỳ. Tức là, hợp phần cơ sở không bị pha tạp bởi các ion bất kỳ từ quá trình IOX. Hợp phần tại tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh mà đã được xử lý IOX thường là giống như hợp phần cơ sở khi các điều kiện xử lý IOX là các điều kiện sao cho các ion được cung cấp cho IOX không khuếch tán vào tâm của nền. Theo một hoặc nhiều phương án, hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm thủy tinh gồm hợp phần cơ sở.

Lưu ý là, các thuật ngữ "hầu như" và "khoảng" có thể được sử dụng ở đây để biểu thị mức độ không chắc chắn vốn có mà có thể là thuộc tính của sự so sánh định lượng, trị số, số đo, hoặc sự biểu thị khác. Các thuật ngữ này cũng được sử dụng ở đây để biểu thị mức độ mà qua đó sự biểu thị định lượng có thể thay đổi so với tham chiếu được nêu mà không dẫn đến sự thay đổi về chức năng cơ sở của đối tượng tại vấn đề đó. Do đó, ví dụ, vật phẩm gốc thủy tinh mà “hầu như không có MgO” là vật phẩm gốc thủy tinh mà trong đó MgO không được bổ sung hoặc đưa vào vật phẩm này một cách chủ động, nhưng có thể có mặt với lượng rất nhỏ dưới dạng tạp chất. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ "khoảng" có nghĩa là các lượng, các kích cỡ, các công thức, các thông số, và các yếu tố định lượng và các đặc tính khác là không và không cần phải chính xác, nhưng có thể là xấp xỉ và/hoặc lớn hơn hoặc nhỏ hơn, nếu muốn, phản ánh dung sai, hệ số chuyển hóa, sự làm tròn, sai số phép đo và dạng tương tự, và các yếu tố khác đã được người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này biết rõ. Khi thuật ngữ "khoảng" được sử dụng khi mô tả trị số hoặc điểm đầu mút của một khoảng giới hạn, thì phần bực

lộ này sẽ được hiểu là gồm trị số hoặc điểm đầu mút cụ thể được nêu. Dù từ “khoảng” có hay không có khi nói đến trị số số học hoặc điểm đầu mút của khoảng giới hạn trong bản mô tả này thì trị số số học hoặc điểm đầu mút của khoảng giới hạn là nhằm bao gồm cả hai phương án: một phương án được điều chỉnh bởi “khoảng”, và một phương án không được điều chỉnh bởi “khoảng”. Cũng cần hiểu rằng các điểm nút của mỗi trong số các khoảng là có nghĩa cả về sự liên quan đến điểm nút còn lại lẫn độc lập với điểm nút còn lại.

Trừ khi có quy định khác, tất cả các thành phần cấu tạo đã được mô tả ở đây được biểu thị theo phần trăm mol (% mol) trên cơ sở oxit.

“Biên dạng ứng suất” là ứng suất dưới dạng hàm số của độ dày trên khắp vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt thứ nhất đến độ sâu nén (DOC) của vật phẩm, trong đó vật phẩm chịu ứng suất nén. Vùng kéo trung tâm kéo dài từ DOC và bao gồm vùng trong đó vật phẩm chịu ứng suất kéo.

Như được sử dụng ở đây, độ sâu nén (DOC) đề cập tới độ sâu mà tại đó ứng suất nằm trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thay đổi từ ứng suất nén thành ứng suất kéo. Tại DOC, ứng suất chuyển từ ứng suất dương (nén) sang ứng suất âm (kéo) và do đó, thể hiện trị số ứng suất bằng 0. Theo quy ước thường được sử dụng trong lĩnh vực này, sự nén được biểu thị bằng ứng suất âm (<0) và sự kéo được biểu thị bằng ứng suất dương (>0). Tuy nhiên, trong toàn bộ phần mô tả này, trị số ứng suất dương là ứng suất nén (CS), mà được biểu diễn là trị số dương hoặc trị số tuyệt đối – tức là, như được biểu thị ở đây, $CS = |CS|$. Ngoài ra, các trị số ứng suất âm là ứng suất kéo. Nhưng khi được sử dụng với thuật ngữ “kéo”, ứng suất hoặc ứng suất kéo trung tâm (CT) có thể được biểu thị dưới dạng trị số dương, tức là, $CT = |CT|$. Ứng suất kéo trung tâm (Central tension - CT) được dùng để chỉ ứng suất kéo trong vùng trung tâm hoặc vùng kéo trung tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Ứng suất kéo trung tâm tối đa (CT tối đa hoặc CT_{max}) xuất hiện trong vùng kéo trung tâm trên danh nghĩa là tại $0,5 \cdot t$, trong đó t là độ dày vật phẩm, mà cho phép biến thiên quanh tâm chính xác của vị trí của ứng suất kéo tối đa. Ứng suất kéo đỉnh (PT) được dùng để chỉ ứng suất kéo tối đa đo được, mà có thể hoặc có thể không ở tâm của vật phẩm.

"Điểm uốn" của biên dạng ứng suất là độ sâu của vật phẩm tại đó độ dốc của biên dạng ứng suất chuyển đổi từ dốc đứng sang dốc thoải. Điểm uốn có thể đề cập đến vùng chuyển tiếp trên một khoảng độ sâu nơi độ dốc thay đổi.

Nồng độ oxit kim loại khác không mà thay đổi từ bề mặt thứ nhất đến độ sâu của lớp (depth of layer -DOL) tùy theo oxit kim loại hoặc thay đổi dọc theo ít nhất một phần đáng kể của độ dày vật phẩm (t) chỉ ra rằng ứng suất đã được tạo ra trong vật phẩm nhờ sự trao đổi ion. Sự biến thiên nồng độ oxit kim loại có thể được đề cập ở đây là gradien nồng độ oxit kim loại. Oxit kim loại có nồng độ khác không và thay đổi từ bề mặt thứ nhất đến DOL hoặc dọc theo phần của độ dày có thể được mô tả là tạo ra ứng suất trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Gradien hoặc sự biến thiên nồng độ của oxit kim loại được tạo ra bằng cách gia cường hóa học nền trên cơ sở thủy tinh trong đó nhiều ion kim loại thứ nhất trong nền thủy tinh được trao đổi với nhiều ion kim loại thứ hai.

Như được sử dụng ở đây, các thuật ngữ "độ sâu của sự trao đổi", "độ sâu của lớp" (DOL), "độ sâu hóa học của lớp", và "độ sâu của lớp hóa học" có thể được sử dụng thay thế nhau, mô tả chung độ sâu tại đó sự trao đổi ion được tạo điều kiện thuận lợi bằng quy trình trao đổi ion (IOX) diễn ra đối với một ion cụ thể. DOL đề cập đến độ sâu trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh (tức là, khoảng cách từ bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh đến vùng bên trong của nó) tại đó ion của oxit kim loại hoặc oxit kim loại kiềm (ví dụ, ion kim loại hoặc ion kim loại kiềm) khuếch tán vào vật phẩm trên cơ sở thủy tinh trong đó nồng độ của ion đạt đến trị số tối thiểu, như được xác định bằng phương pháp đo phổ phát xạ quang - phóng điện phát sáng (Glow Discharge - Optical Emission Spectroscopy - GD-OES). Theo một số phương án, DOL được cho là độ sâu của sự trao đổi của ion lớn nhất, khuếch tán chậm nhất được đưa vào bởi quy trình trao đổi ion (IOX).

Trừ khi có quy định khác, CT và CS được biểu thị ở đây là theo megaPascal (MPa), độ dày được biểu thị theo milimét và DOC và DOL được biểu thị theo micron (micromét, hoặc μm).

Ứng suất nén (bao gồm CS bề mặt/đỉnh, CS_{max}) và DOL_{sp} được đo bằng dụng cụ đo ứng suất bề mặt (FSM) sử dụng các thiết bị sẵn có trên thị trường như FSM-6000 do Orihara Industrial Co., Ltd. (Japan) sản xuất. Các phép đo ứng suất bề mặt dựa vào phép

đo chính xác hệ số quang ứng suất (SOC - stress optical coefficient), mà liên quan đến tính lưỡng chiết quang của thủy tinh. SOC được đo theo Quy trình C (Phương pháp đĩa thủy tinh - Glass Disc Method) được mô tả trong tiêu chuẩn ASTM C770-16, với tiêu đề “Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient,” nội dung của tiêu chuẩn này được kết hợp toàn bộ vào bản mô tả này bằng cách viện dẫn.

Ứng suất nén tại CS_k tại điểm uốn có thể được đo bằng phương pháp theo đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số 16/015776, nộp ngày 22/06/2018, mà được kết hợp vào đây bằng cách viện dẫn.

Ứng suất kéo trung tâm tối đa (CT) hoặc ứng suất kéo đỉnh (PT) và các trị số lưu ứng suất được đo bằng cách sử dụng kỹ thuật nghiệm phân cực ánh sáng tán xạ (scattered light polariscope - SCALP) đã biết trong lĩnh vực này. Phương pháp trường gần khúc xạ (Refracted near-field - RNF) hoặc SCALP có thể được sử dụng để đo biên dạng ứng suất và độ sâu nén (DOC). Khi phương pháp RNF được sử dụng để đo biên dạng ứng suất, trị số CT tối đa được tạo ra bởi SCALP được sử dụng trong phương pháp RNF. Cụ thể, biên dạng ứng suất đo được bằng RNF là lực được cân bằng và hiệu chỉnh đến trị số CT tối đa được cung cấp bởi phép đo SCALP. Phương pháp RNF được mô tả trong bằng sáng chế Mỹ số 8,854,623, có tiêu đề “Systems and methods for measuring a profile characteristic of a glass sample”, được kết hợp toàn bộ ở đây bằng cách viện dẫn. Cụ thể là, phương pháp RNF bao gồm bước đặt vật phẩm thủy tinh liền kề với khối tham chiếu, tạo ra chùm ánh sáng chuyển phân cực mà được chuyển đổi giữa các trạng thái phân cực trực giao ở tần số nằm trong khoảng từ 1 Hz đến 50 Hz, đo lường công suất trong chùm ánh sáng chuyển phân cực và tạo ra tín hiệu tham chiếu chuyển phân cực, trong đó các lượng công suất được đo trong mỗi trạng thái phân cực trực giao bằng 50% của nhau. Phương pháp này còn bao gồm bước truyền chùm ánh sáng chuyển phân cực qua mẫu thủy tinh và khối tham chiếu ở những độ sâu khác nhau vào mẫu thủy tinh, sau đó chuyển tiếp chùm ánh sáng chuyển phân cực đã truyền vào bộ phát hiện quang tín hiệu bằng cách sử dụng hệ thống quang học chuyển tiếp, với bộ phát hiện quang tín hiệu sinh ra tín hiệu bộ phát hiện chuyển phân cực. Phương pháp này cũng bao gồm bước chia tín hiệu của bộ phát hiện cho tín hiệu tham chiếu để tạo ra tín hiệu bộ phát

hiện chuẩn hóa và xác định biên dạng đặc trưng cho mẫu thủy tinh từ tín hiệu bộ phát hiện đã chuẩn hóa.

Tổng quan về các đặc tính của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh

Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh ở đây có các biên dạng ứng suất mà được thiết kế để gia tăng khả năng tồn tại sau nhiều lần rơi lên bề mặt cứng. Độ bền chống nứt vỡ cao tạo mức độ cao cho khả năng chống nứt vỡ khi kết hợp với các biên dạng ứng suất có lợi này. Các biên dạng ứng suất bao gồm các ứng suất nén gia tăng, ví dụ, ứng suất nén (CS) đỉnh cao và ứng suất tại điểm uốn (CS_k) cao, riêng rẽ hoặc kết hợp với các thông số khác. Độ sâu nén (DOC) cao và độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) cao, riêng rẽ hoặc kết hợp với các thông số khác, cũng đạt được. Ứng suất kéo đỉnh (PT) của các trị số mong muốn cũng thu được. Ngoài ra, các biên dạng ứng suất có thể bao gồm vùng có độ cong âm trong lớp ứng suất nén, được nhận diện bằng việc có đạo hàm bậc hai là số âm, mà góp phần vào khả năng tồn tại của các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh qua nhiều lần rơi.

Dưới đây, sẽ mô tả chi tiết đối với các thủy tinh lithi nhôm silicat và các biên dạng ứng suất của chúng theo các phương án thực hiện khác nhau. Các thủy tinh nhôm silicat kiềm có khả năng trao đổi ion tốt, và các quy trình gia cường hóa học đã được sử dụng để đạt được các tính chất độ bền cao độ bền dẻo cao trong các thủy tinh nhôm silicat kiềm. Các thủy tinh natri nhôm silicat là thủy tinh có khả năng trao đổi ion cao với khả năng tạo hình và chất lượng của thủy tinh cao. Các thủy tinh nhôm silicat lithi là các thủy tinh có thể trao đổi ion cao với chất lượng thủy tinh cao. Việc thay thế Al_2O_3 vào trong mạng thủy tinh silicat làm tăng độ nội khuếch tán của các cation hóa trị một trong quá trình trao đổi ion. Bằng phương pháp gia cường hóa học trong bể muối nóng chảy (ví dụ, KNO_3 hoặc $NaNO_3$), các thủy tinh với độ bền cao, độ cứng cao, và khả năng chống chịu nứt vỡ ẩn lõm cao có thể đạt được. Các biên dạng ứng suất đạt được thông qua gia cường hóa học có thể có nhiều hình dạng khác nhau để tăng đặc tính thả rơi, độ bền, độ cứng và các thuộc tính khác của vật phẩm thủy tinh.

Do đó, các thủy tinh lithi aluminosilicat với các đặc tính vật lý, độ bền hóa học, và khả năng trao đổi ion thích hợp đã thu hút được sự chú ý để sử dụng làm thủy tinh che phủ. Thông qua các quá trình trao đổi ion khác nhau, ứng suất kéo trung tâm (central

tension-CT), độ sâu nén (depth of compression-DOC) lớn hơn, và ứng suất nén cao (compressive stress-CS) có thể đạt được. Các biên dạng ứng suất được mô tả ở đây làm tăng khả năng chống nứt vỡ cho các vật phẩm thủy tinh chứa lithi.

Theo các phương án của các hợp phần thủy tinh được mô tả ở đây, nồng độ của các thành phần cấu tạo (ví dụ, SiO_2 , Al_2O_3 , Li_2O , và tương tự) được tính theo phần trăm mol (% mol) trên cơ sở oxit, trừ khi được chỉ ra theo cách khác. Cần hiểu rằng khoảng bất kỳ trong số các khoảng được trích dẫn khác nhau của một thành phần có thể được kết hợp một cách riêng rẽ với khoảng bất kỳ trong số các khoảng được trích dẫn khác nhau của thành phần bất kỳ khác.

Sáng chế bộc lộ các biên dạng ứng suất để sử dụng với các hợp phần thủy tinh lithi nhôm silicat. Các biên dạng ứng suất này thể hiện khả năng chống nứt vỡ gia tăng. Tham chiếu đến Fig. 1, thủy tinh có vùng thứ nhất chịu ứng suất nén (ví dụ, các lớp ứng suất nén thứ nhất và thứ hai **120**, **122** trên Fig. 1) kéo dài từ bề mặt đến độ sâu nén (DOC) của thủy tinh và vùng thứ hai (ví dụ, vùng trung tâm **130** trên Fig. 1) chịu ứng suất kéo hoặc ứng suất kéo trung tâm (CT) kéo dài từ DOC vào trong vùng trung tâm hoặc vùng bên trong của thủy tinh.

Ứng suất nén (CS) có trị số tối đa hoặc trị số đỉnh, mà thường xuất hiện ở bề mặt của thủy tinh (nhưng không hẳn luôn như vậy vì đỉnh có thể xuất hiện ở độ sâu tính từ bề mặt của thủy tinh), và CS sẽ thay đổi theo khoảng cách d tính từ bề mặt theo một hàm số. Tiếp tục tham chiếu đến Fig. 1, lớp ứng suất nén thứ nhất **120** kéo dài từ bề mặt thứ nhất **110** đến độ sâu d_1 và lớp ứng suất nén thứ hai **122** kéo dài từ bề mặt thứ hai **112** đến độ sâu d_2 . Cùng với nhau, các đoạn này xác định ứng suất nén hoặc CS của thủy tinh **100**.

Ứng suất nén của cả hai bề mặt chính (**110**, **112** trên Fig. 1) được cân bằng bởi ứng suất kéo được lưu trữ trong vùng trung tâm (**130**) của thủy tinh.

Trong các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, có oxit kim loại kiềm có nồng độ khác không mà thay đổi từ một hoặc cả hai bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đến độ sâu của lớp (DOL) tùy theo oxit kim loại. Biên dạng ứng suất được tạo ra do nồng độ khác không của (các) oxit kim loại mà thay đổi từ bề mặt thứ nhất. Nồng độ khác không có thể thay đổi dọc theo một phần của độ dày vật phẩm. Theo một số phương án, nồng độ

của oxit kim loại kiềm là khác 0 và thay đổi, dọc theo phạm vi độ dày từ khoảng $0 \cdot t$ đến khoảng $0,3 \cdot t$. Theo một số phương án, nồng độ của oxit kim loại kiềm là khác không và thay đổi dọc theo phạm vi độ dày từ khoảng $0 \cdot t$ đến khoảng $0,35 \cdot t$, từ khoảng $0 \cdot t$ đến khoảng $0,4 \cdot t$, từ khoảng $0 \cdot t$ đến khoảng $0,45 \cdot t$, từ khoảng $0 \cdot t$ đến khoảng $0,48 \cdot t$, hoặc từ khoảng $0 \cdot t$ đến khoảng $0,50 \cdot t$. Sự biến thiên nồng độ này có thể là liên tục dọc theo các phạm vi độ dày nêu trên. Sự biến thiên nồng độ có thể gồm sự biến thiên nồng độ oxit kim loại khoảng 0,2% mol hoặc lớn hơn dọc theo phân đoạn độ dày khoảng 100 micromét. Thay đổi về nồng độ oxit kim loại có thể là khoảng 0,3% mol hoặc lớn hơn, khoảng 0,4% mol hoặc lớn hơn, hoặc khoảng 0,5% mol hoặc lớn hơn dọc theo phần độ dày khoảng 100 micromét. Thay đổi này có thể được đo bởi các phương pháp đã biết trong tình trạng kỹ thuật của sáng chế bao gồm vi đầu dò.

Theo một số phương án, sự biến thiên nồng độ này có thể là liên tục dọc theo các phân đoạn độ dày nằm trong phạm vi từ khoảng 10 micromét đến khoảng 30 micromét. Theo một số phương án thực hiện, nồng độ của oxit kim loại kiềm giảm từ bề mặt thứ nhất tới trị số nằm giữa bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai và tăng từ trị số này tới bề mặt thứ hai.

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

Theo một hoặc nhiều phương án, gradien nồng độ oxit kim loại kiềm kéo dài qua phần đáng kể của độ dày t của vật phẩm. Theo một số phương án, nồng độ của oxit kim loại có thể là khoảng 0,5% mol hoặc lớn hơn (ví dụ, khoảng 1% mol hoặc lớn hơn) dọc theo toàn bộ độ dày của phần thứ nhất và/hoặc phần thứ hai, và là lớn nhất tại bề mặt thứ nhất và/hoặc bề mặt thứ hai $0 \cdot t$ và giảm về cơ bản là không đổi tới trị số nằm giữa bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai. Tại trị số này, nồng độ oxit kim loại là nhỏ nhất dọc theo toàn bộ độ dày t ; tuy nhiên nồng độ ở điểm này cũng khác 0. Nói cách khác, nồng độ khác không của oxit kim loại cụ thể đó kéo dài dọc theo phần đáng kể của độ dày t

(như được mô tả ở đây) hoặc trên toàn bộ độ dày t . Tổng nồng độ của oxit kim loại cụ thể trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể nằm trong khoảng từ khoảng 1% mol đến khoảng 20% mol.

Nồng độ của oxit kim loại kiềm có thể được xác định từ lượng cơ sở của oxit kim loại này trong nền trên cơ sở thủy tinh được trao đổi ion để tạo thành vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm lớn hơn hoặc bằng $0,7 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, ví dụ, lớn hơn hoặc bằng $0,75 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, hoặc $0,77 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$; và/hoặc độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm nhỏ hơn hoặc bằng $1,3 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, ví dụ nhỏ hơn hoặc bằng $1,2 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $1,1 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $0,95 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, hoặc $0,9 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$; và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này.

Kết hợp với độ bền chống nứt vỡ, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có một hoặc kết hợp của các dấu hiệu sau: ứng suất nén (CS) đỉnh lớn hơn hoặc bằng 500 MPa, 550 MPa, 600 MPa, 650 MPa, 700 MPa, 750 MPa, 800 MPa, 850 MPa, 900 MPa, 950 MPa, 1000 MPa, 1050 MPa, 1100 MPa, 1150 MPa, hoặc 1200 MPa, bao gồm tất cả các khoảng phụ giữa chúng; ứng suất nén ở điểm uốn (CS_k) lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, 85 MPa, 90 MPa, 95 MPa, 100 MPa, 105 MPa, 110 MPa, 115 MPa, 120 MPa, 125 MPa, 130 MPa, 135 MPa, 140 MPa, 145 MPa, 150 MPa, 155 MPa, 160 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa chúng; ứng suất kéo đỉnh (PT) lớn hơn hoặc bằng 68 MPa, 69 MPa, 70 MPa, 71 MPa, 72 MPa, 73 MPa, 74 MPa, 75 MPa, 77 MPa, 79 MPa, 80 MPa, 82 MPa, 84 MPa, 86 MPa, hoặc 88 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; độ sâu nén (DOC) lớn hơn hoặc bằng $0,13t$, $0,14t$, $0,15t$, $0,16t$, $0,17t$, $0,18t$, $0,19t$, $0,20t$, $0,21t$, $0,22t$, và/hoặc nhỏ hơn hoặc bằng $0,30t$, $0,29t$, $0,28t$, $0,27t$, $0,26t$, $0,25t$, $0,24t$, $0,23t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa chúng; độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) lớn hơn hoặc bằng $0,007t$, $0,008t$, $0,009t$, hoặc $0,01t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa chúng và/hoặc ở độ sâu từ bề mặt là 7 micron hoặc lớn hơn, 7,8 micron hoặc lớn hơn, 8 micron hoặc lớn hơn, 8,5 micron hoặc lớn hơn, 9 micron hoặc lớn hơn, 9,5 micron hoặc lớn hơn, 10 micron hoặc lớn hơn, 10,5 micron hoặc lớn hơn, hoặc 11 micron hoặc

lớn hơn, bao gồm tất cả các giá trị và các khoảng phụ giữa chúng; có biên dạng ứng suất gồm vùng có độ cong âm trong đó đạo hàm bậc hai của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu là số âm, vùng có độ cong âm nằm trong lớp ứng suất nén, và một hoặc nhiều đặc tính sau: giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng $0,003 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$, $0,005 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$, $0,007 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$, hoặc $0,009 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$; và/hoặc nằm ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng $0,01t$, $0,012t$, $0,015t$, $0,02t$, $0,04t$, $0,05t$, $0,06t$, $0,07t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc nằm ở độ sâu nhỏ hơn $0,2t$, $0,17t$, $0,14t$, $0,11t$, hoặc $0,1t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc tích số của t và giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai âm là lớn hơn hoặc bằng 19 GigaPascal (GPa), 32GPa, 45GPa, hoặc 57 GPa; biên dạng ứng suất gồm vùng độ dốc thấp có một hoặc nhiều đặc tính sau: giá trị tuyệt đối trung bình của độ dốc nhỏ hơn hoặc bằng $0,2 \text{ MPa}/\mu\text{m}$; và/hoặc ứng suất nén trung bình trong vùng độ dốc thấp là lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, 90 MPa, hoặc 100 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này, bao gồm một hoặc nhiều phương án, vùng độ dốc thấp nằm trong lớp ứng suất nén và kéo dài 10 μm hoặc lớn hơn và/hoặc vùng độ dốc thấp bắt đầu ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng $0,01t$, $0,12t$, $0,15t$, $0,2t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc nằm ở độ sâu nhỏ hơn $0,2t$, $0,15t$, $0,12t$, $0,1t$, hoặc $0,09t$ bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; t trong khoảng từ 0,5 mm đến 0,8 mm, và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc t có thể là 0,8 mm hoặc nhỏ hơn, 0,75 mm hoặc nhỏ hơn, 0,73 mm hoặc nhỏ hơn, 0,70 mm hoặc nhỏ hơn, 0,65 mm hoặc nhỏ hơn, 0,6 mm hoặc nhỏ hơn, 0,55 mm hoặc nhỏ hơn, 0,4 mm hoặc nhỏ hơn, 0,3 mm hoặc nhỏ hơn, hoặc 0,2 mm hoặc nhỏ hơn; tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ nhỏ hơn hoặc bằng 2,0, 1,9, 1,8, 1,6, 1,4, 1,2 ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh; tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ lớn hơn hoặc bằng 0,65 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,2; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,70 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,1; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,75 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,5; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,75 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,25; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,8 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,1, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,85 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,05, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,9 và nhỏ hơn hoặc bằng 1; và nồng độ mol Li_2O nhỏ hơn hoặc bằng 12% mol, 11% mol, 10% mol, 9,5% mol, 9% mol, 8,5% mol, hoặc 8% mol, ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có ứng suất nén (CS) đỉnh lớn hơn hoặc bằng 500 MPa, 550 MPa, 600 MPa, 650 MPa, 700 MPa, 750 MPa, 800 MPa, 850 MPa, 900 MPa, 950 MPa, 1000 MPa, 1050 MPa, 1100 MPa, 1150 MPa, hoặc 1200 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này.

Kết hợp với CS tối đa, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có một hoặc kết hợp của các dấu hiệu sau: độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm lớn hơn hoặc bằng $0,7 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $0,75 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, hoặc $0,77 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$; và/hoặc độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm nhỏ hơn hoặc bằng $1,3 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $1,2 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $1,1 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $0,95 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, hoặc $0,9 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$; và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất nén ở điểm uốn (CS_k) lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, 85 MPa, 90 MPa, 95 MPa, 100 MPa, 105 MPa, 110 MPa, 115 MPa, 120 MPa, 125 MPa, 130 MPa, 135 MPa, 140 MPa, 145 MPa, 150 MPa, 155 MPa, 160 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất kéo đỉnh (PT) lớn hơn hoặc bằng 68 MPa, 69 MPa, 70 MPa, 71 MPa, 72 MPa, hoặc 73 MPa, 74 MPa, 75 MPa, 77 MPa, 79 MPa, 80 MPa, 82 MPa, 84 MPa, 86 MPa, hoặc 88 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; độ sâu nén (DOC) lớn hơn hoặc bằng $0,13t$, $0,14t$, $0,15t$, $0,16t$, $0,17t$, $0,18t$, $0,19t$, $0,20t$, $0,21t$, $0,22t$, và/hoặc nhỏ hơn hoặc bằng $0,30t$, $0,29t$, $0,28t$, $0,27t$, $0,26t$, $0,25t$, $0,24t$, $0,23t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) lớn hơn hoặc bằng $0,007t$, $0,008t$, $0,009t$, hoặc $0,01t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này và/hoặc ở độ sâu tính từ bề mặt là 7 micron hoặc lớn hơn, 7,8 micron hoặc lớn hơn, 8 micron hoặc lớn hơn, 8,5 micron hoặc lớn hơn, 9 micron hoặc lớn hơn, 9,5 micron hoặc lớn hơn, 10 micron hoặc lớn hơn, 10,5 micron hoặc lớn hơn, hoặc 11 micron hoặc lớn hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; có biên dạng ứng suất có vùng có độ cong âm trong đó đạo hàm bậc hai của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu là số âm, vùng có độ cong âm nằm trong lớp ứng suất nén, và một hoặc nhiều đặc tính sau: giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng $0,003 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$, $0,005 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$, $0,007 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$, hoặc $0,009 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$; và/hoặc nằm ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng $0,01t$, $0,012t$, $0,015t$, $0,02t$, $0,04t$, $0,05t$, $0,06t$, $0,07t$, bao

gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc nằm ở độ sâu nhỏ hơn $0,2t$, $0,17t$, $0,14t$, $0,11t$, hoặc $0,1t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc tích số của t và giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai âm là lớn hơn hoặc bằng 19 GPa , 32 GPa , 45 GPa , hoặc 57 GPa ; biên dạng ứng suất có vùng độ dốc thấp có một hoặc nhiều đặc tính sau: giá trị tuyệt đối trung bình của độ dốc nhỏ hơn hoặc bằng $0,2 \text{ MPa}/\mu\text{m}$; và/hoặc ứng suất nén trung bình trong vùng độ dốc thấp là lớn hơn hoặc bằng 80 MPa , 90 MPa , hoặc 100 MPa , bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này, bao gồm một hoặc nhiều phương án, vùng độ dốc thấp nằm trong lớp ứng suất nén layer và kéo dài $10 \mu\text{m}$ hoặc lớn hơn và/hoặc vùng độ dốc thấp bắt đầu ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng $0,01t$, $0,012t$, $0,015t$, $0,02t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc nằm ở độ sâu nhỏ hơn $0,2t$, $0,15t$, $0,12t$, $0,1t$, hoặc $0,09t$ bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; t nằm trong khoảng từ $0,5 \text{ mm}$ đến $0,8 \text{ mm}$, và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc t có thể là $0,8 \text{ mm}$ hoặc nhỏ hơn, $0,75 \text{ mm}$ hoặc nhỏ hơn, $0,73 \text{ mm}$ hoặc nhỏ hơn, $0,70 \text{ mm}$ hoặc nhỏ hơn, $0,65 \text{ mm}$ hoặc nhỏ hơn, $0,6 \text{ mm}$ hoặc nhỏ hơn, $0,55 \text{ mm}$ hoặc nhỏ hơn, $0,4 \text{ mm}$ hoặc nhỏ hơn, $0,3 \text{ mm}$ hoặc nhỏ hơn, hoặc $0,2 \text{ mm}$ hoặc nhỏ hơn; tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ nhỏ hơn hoặc bằng $2,0$, $1,9$, $1,8$, $1,6$, $1,4$, $1,2$ ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh; tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ lớn hơn hoặc bằng $0,65$ và nhỏ hơn hoặc bằng $1,2$; hoặc lớn hơn hoặc bằng $0,70$ và nhỏ hơn hoặc bằng $1,1$; hoặc lớn hơn hoặc bằng $0,75$ và nhỏ hơn hoặc bằng $1,5$; hoặc lớn hơn hoặc bằng $0,75$ và nhỏ hơn hoặc bằng $1,25$; hoặc lớn hơn hoặc bằng $0,8$ và nhỏ hơn hoặc bằng $1,1$, hoặc lớn hơn hoặc bằng $0,85$ và nhỏ hơn hoặc bằng $1,05$, hoặc lớn hơn hoặc bằng $0,9$ và nhỏ hơn hoặc bằng 1 ; và nồng độ mol Li_2O nhỏ hơn hoặc bằng $12\% \text{ mol}$, $11\% \text{ mol}$, $10\% \text{ mol}$, $9,5\% \text{ mol}$, $9\% \text{ mol}$, $8,5\% \text{ mol}$, hoặc $8\% \text{ mol}$, ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có ứng suất nén tại điểm uốn (CS) lớn hơn hoặc bằng 80 MPa , 85 MPa , 90 MPa , 95 MPa , 100 MPa , 105 MPa , 110 MPa , 115 MPa , 120 MPa , 125 MPa , 130 MPa , 135 MPa , 140 MPa , 145 MPa , 150 MPa , 155 MPa , 160 MPa , bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này. Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có ứng suất nén ở điểm uốn (CS_k) lớn hơn hoặc bằng 50 MPa , 55 MPa , 60 MPa , 65 MPa , 70 MPa , 75 MPa , 80 MPa , 85 MPa , 90 MPa , 95 MPa , 100 MPa , 105 MPa , 110 MPa ,

115 MPa, 120 MPa, 125 MPa, 130 MPa, 135 MPa, 140 MPa, 145 MPa, 150 MPa, 155 MPa, 160 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này.

Kết hợp với CS_k , các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có một hoặc kết hợp của các dấu hiệu sau: độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm lớn hơn hoặc bằng $0,7 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $0,75 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, hoặc $0,77 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$; và/hoặc độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm nhỏ hơn hoặc bằng $1,3 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $1,2 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $1,1 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $0,95 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, hoặc $0,9 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$; và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất nén (CS) đỉnh lớn hơn hoặc bằng 500 MPa, 550 MPa, 600 MPa, 650 MPa, 700 MPa, 750 MPa, 800 MPa, 850 MPa, 900 MPa, 950 MPa, 1000 MPa, 1050 MPa, 1100 MPa, 1150 MPa, hoặc 1200 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất kéo đỉnh (PT) lớn hơn hoặc bằng 68 MPa, 69 MPa, 70 MPa, 71 MPa, 72 MPa, hoặc 73 MPa, 74 MPa, 75 MPa, 77 MPa, 79 MPa, 80 MPa, 82 MPa, 84 MPa, 86 MPa, hoặc 88 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; độ sâu nén (DOC) lớn hơn hoặc bằng $0,13t$, $0,14t$, $0,15t$, $0,16t$, $0,17t$, $0,18t$, $0,19t$, $0,20t$, $0,21t$, $0,22t$, và/hoặc nhỏ hơn hoặc bằng $0,30t$, $0,29t$, $0,28t$, $0,27t$, $0,26t$, $0,25t$, $0,24t$, $0,23t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) lớn hơn hoặc bằng $0,007t$, $0,008t$, $0,009t$, hoặc $0,01t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này và/hoặc ở độ sâu tính từ bề mặt là 7 micron hoặc lớn hơn, 7,8 micron hoặc lớn hơn, 8 micron hoặc lớn hơn, 8,5 micron hoặc lớn hơn, 9 micron hoặc lớn hơn, 9,5 micron hoặc lớn hơn, 10 micron hoặc lớn hơn, 10,5 micron hoặc lớn hơn, hoặc 11 micron hoặc lớn hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; có biên dạng ứng suất có vùng có độ cong âm trong đó đạo hàm bậc hai của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu là số âm, vùng có độ cong âm nằm trong lớp ứng suất nén, và một hoặc nhiều đặc tính sau: giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng $0,003 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$, $0,005 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$, $0,007 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$, hoặc $0,009 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$; và/hoặc nằm ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng $0,01t$, $0,012t$, $0,015t$, $0,02t$, $0,04t$, $0,05t$, $0,06t$, $0,07t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc nằm ở độ sâu nhỏ hơn $0,2t$, $0,17t$, $0,14t$, $0,11t$, hoặc $0,1t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc tích số của t và giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai âm là lớn hơn hoặc

bằng 19 GPa, 32GPa, 45GPa, hoặc 57 GPa; biên dạng ứng suất có vùng độ dốc thấp có một hoặc nhiều đặc tính sau: giá trị tuyệt đối trung bình của độ dốc nhỏ hơn hoặc bằng 0,2 MPa/ μm ; và/hoặc ứng suất nén trung bình trong vùng độ dốc thấp là lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, 90 MPa, hoặc 100 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này, gồm một hoặc nhiều phương án, vùng độ dốc thấp nằm trong lớp ứng suất nén và kéo dài 10 μm hoặc lớn hơn và/hoặc vùng độ dốc thấp bắt đầu ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng 0,01 t , 0,012 t , 0,015 t , 0,02 t , bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc nằm ở độ sâu nhỏ hơn 0,2 t , 0,15 t , 0,12 t , 0,1 t , hoặc 0,09 t bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; t nằm trong khoảng từ 0,5 mm đến 0,8 mm, và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc t có thể là 0,8 mm hoặc nhỏ hơn, 0,75 mm hoặc nhỏ hơn, 0,73 mm hoặc nhỏ hơn, 0,70 mm hoặc nhỏ hơn, 0,65 mm hoặc nhỏ hơn, 0,6 mm hoặc nhỏ hơn, 0,55 mm hoặc nhỏ hơn, 0,4 mm hoặc nhỏ hơn, 0,3 mm hoặc nhỏ hơn, hoặc 0,2 mm hoặc nhỏ hơn; tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ nhỏ hơn hoặc bằng 2,0, 1,9, 1,8, 1,6, 1,4, 1,2 ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh; tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ lớn hơn hoặc bằng 0,65 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,2; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,70 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,1; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,75 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,5; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,75 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,25; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,8 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,1, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,85 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,05, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,9 và nhỏ hơn hoặc bằng 1; và nồng độ mol Li_2O nhỏ hơn hoặc bằng 12% mol, 11% mol, 10% mol, 9,5% mol, 9% mol, 8,5% mol, hoặc 8% mol, ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có ứng suất kéo đỉnh (PT) lớn hơn hoặc bằng 68 MPa, 69 MPa, 70 MPa, 71 MPa, 72 MPa, 73 MPa, 74 MPa, 75 MPa, 77 MPa, 79 MPa, 80 MPa, 82 MPa, 84 MPa, 86 MPa, hoặc 88 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này.

Kết hợp với CT tối đa, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có một hoặc kết hợp của các dấu hiệu sau: độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm lớn hơn hoặc bằng 0,7 MPa* $\sqrt{m}$, 0,75 MPa* $\sqrt{m}$, hoặc 0,77 MPa* $\sqrt{m}$; và/hoặc độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm nhỏ hơn hoặc bằng 1,3 MPa* $\sqrt{m}$, 1,2 MPa* $\sqrt{m}$, 1,1 MPa* $\sqrt{m}$, 0,95 MPa* $\sqrt{m}$, hoặc 0,9

MPa*sqrt(m); và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất nén (CS) lớn hơn hoặc bằng 500 MPa, 550 MPa, 600 MPa, 650 MPa, 700 MPa, 750 MPa, 800 MPa, 850 MPa, 900 MPa, 950 MPa, 1000 MPa, 1050 MPa, 1100 MPa, 1150 MPa, hoặc 1200 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất nén ở điểm uốn (CS_k) lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, 85 MPa, 90 MPa, 95 MPa, 100 MPa, 105 MPa, 110 MPa, 115 MPa, 120 MPa, 125 MPa, 130 MPa, 135 MPa, 140 MPa, 145 MPa, 150 MPa, 155 MPa, 160 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; độ sâu nén (DOC) lớn hơn hoặc bằng 0,13t, 0,14t, 0,15t, 0,16t, 0,17t, 0,18t, 0,19t, 0,20t, 0,21t, 0,22t, và/hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,30t, 0,29t, 0,28t, 0,27t, 0,26t, 0,25t, 0,24t, 0,23t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) lớn hơn hoặc bằng 0,007t, 0,008t, 0,009t, hoặc 0,01t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này và/hoặc ở độ sâu tính từ bề mặt là 7 micron hoặc lớn hơn, 7,8 micron hoặc lớn hơn, 8 micron hoặc lớn hơn, 8,5 micron hoặc lớn hơn, 9 micron hoặc lớn hơn, 9,5 micron hoặc lớn hơn, 10 micron hoặc lớn hơn, 10,5 micron hoặc lớn hơn, hoặc 11 micron hoặc lớn hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; có biên dạng ứng suất có vùng có độ cong âm trong đó đạo hàm bậc hai của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu là số âm, vùng có độ cong âm nằm trong lớp ứng suất nén, và một hoặc nhiều đặc tính sau: giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng 0,003 MPa/ μm^2 , 0,005 MPa/ μm^2 , 0,007 MPa/ μm^2 , hoặc 0,009 MPa/ μm^2 ; và/hoặc nằm ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng 0,01t, 0,012t, 0,015t, 0,02t, 0,04t, 0,05t, 0,06t, 0,07t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc nằm ở độ sâu nhỏ hơn 0,2t, 0,17t, 0,14t, 0,11t, hoặc 0,1t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc tích số của t và giá trị tuyệt đối tối đa đạo hàm bậc hai âm là lớn hơn hoặc bằng 19 GPa, 32GPa, 45GPa, hoặc 57 GPa; biên dạng ứng suất có vùng độ dốc thấp có một hoặc nhiều đặc tính sau: giá trị tuyệt đối trung bình của độ dốc là nhỏ hơn hoặc bằng 0,2 MPa/ μm ; và/hoặc ứng suất nén trung bình trong vùng độ dốc thấp là lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, 90 MPa, hoặc 100 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này, bao gồm một hoặc nhiều phương án, vùng độ dốc thấp nằm trong lớp ứng suất nén và kéo dài 10 μm hoặc lớn hơn và/hoặc vùng độ dốc thấp bắt đầu ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng 0,01t, 0,012t, 0,015t,

0,02t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc nằm ở độ sâu nhỏ hơn 0,2t, 0,15t, 0,12t, 0,1t, hoặc 0,09t bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; t nằm trong khoảng từ 0,5 mm đến 0,8 mm, và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc t có thể là 0,8 mm hoặc nhỏ hơn, 0,75 mm hoặc nhỏ hơn, 0,73 mm hoặc nhỏ hơn, 0,70 mm hoặc nhỏ hơn, 0,65 mm hoặc nhỏ hơn, 0,6 mm hoặc nhỏ hơn, 0,55 mm hoặc nhỏ hơn, 0,4 mm hoặc nhỏ hơn, 0,3 mm hoặc nhỏ hơn, hoặc 0,2 mm hoặc nhỏ hơn; tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ nhỏ hơn hoặc bằng 2,0, 1,9, 1,8, 1,6, 1,4, 1,2 ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh; tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ lớn hơn hoặc bằng 0,65 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,2; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,70 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,1; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,75 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,5; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,75 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,25; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,8 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,1, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,85 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,05, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,9 và nhỏ hơn hoặc bằng 1; và nồng độ mol Li_2O nhỏ hơn hoặc bằng 12% mol, 11% mol, 10% mol, 9,5% mol, 9% mol, 8,5% mol, hoặc 8% mol, ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có độ sâu nén (DOC) lớn hơn hoặc bằng 0,13t, 0,14t, 0,15t, 0,16t, 0,17t, 0,18t, 0,19t, 0,20t, 0,21t, 0,22t, và/hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,30t, 0,29t, 0,28t, 0,27t, 0,26t, 0,25t, 0,24t, 0,23t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này.

Kết hợp với DOC, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có một hoặc kết hợp của các dấu hiệu sau: độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm là lớn hơn hoặc bằng 0,7 MPa*sqrt(m), 0,75 MPa*sqrt(m), hoặc 0,77 MPa*sqrt(m); và/hoặc độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm nhỏ hơn hoặc bằng 1,3 MPa*sqrt(m), 1,2 MPa*sqrt(m), 1,1 MPa*sqrt(m), 0,95 MPa*sqrt(m), hoặc 0,9 MPa*sqrt(m); và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất nén (CS) đỉnh lớn hơn hoặc bằng 500 MPa, 550 MPa, 600 MPa, 650 MPa, 700 MPa, 750 MPa, 800 MPa, 850 MPa, 900 MPa, 950 MPa, 1000 MPa, 1050 MPa, 1100 MPa, 1150 MPa, hoặc 1200 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất nén ở điểm uốn (CS_k) lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, 85 MPa, 90 MPa, 95 MPa, 100 MPa, 105 MPa, 110 MPa, 115 MPa, 120 MPa, 125 MPa, 130 MPa,

135 MPa, 140 MPa, 145 MPa, 150 MPa, 155 MPa, 160 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất kéo đỉnh (PT) (PT) lớn hơn hoặc bằng 68 MPa, 69 MPa, 70 MPa, 71 MPa, 72 MPa, hoặc 73 MPa, 74 MPa, 75 MPa, 77 MPa, 79 MPa, 80 MPa, 82 MPa, 84 MPa, 86 MPa, hoặc 88 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) lớn hơn hoặc bằng 0,007t, 0,008t, 0,009t, hoặc 0,01t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này và/hoặc ở độ sâu tính từ bề mặt là 7 micron hoặc lớn hơn, 7,8 micron hoặc lớn hơn, 8 micron hoặc lớn hơn, 8,5 micron hoặc lớn hơn, 9 micron hoặc lớn hơn, 9,5 micron hoặc lớn hơn, 10 micron hoặc lớn hơn, 10,5 micron hoặc lớn hơn, hoặc 11 micron hoặc lớn hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; có biên dạng ứng suất có vùng có độ cong âm trong đó đạo hàm bậc hai của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu là số âm, vùng có độ cong âm nằm trong lớp ứng suất nén, và một hoặc nhiều đặc tính sau: giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng 0,003 MPa/ μm^2 , 0,005 MPa/ μm^2 , 0,007 MPa/ μm^2 , hoặc 0,009 MPa/ μm^2 ; và/hoặc nằm ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng 0,01t, 0,012t, 0,015t, 0,02t, 0,04t, 0,05t, 0,06t, 0,07t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc nằm ở độ sâu nhỏ hơn 0,2t, 0,17t, 0,14t, 0,11t, hoặc 0,1t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc tích số của t và giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai âm là lớn hơn hoặc bằng 19 GPa, 32GPa, 45GPa, hoặc 57 GPa; biên dạng ứng suất có vùng độ dốc thấp có một hoặc nhiều đặc tính sau: giá trị tuyệt đối trung bình của độ dốc là nhỏ hơn hoặc bằng 0,2 MPa/ μm ; và/hoặc ứng suất nén trung bình trong vùng độ dốc thấp là lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, 90 MPa, hoặc 100 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này, bao gồm một hoặc nhiều phương án, vùng độ dốc thấp nằm trong lớp ứng suất nén và kéo dài 10 μm hoặc lớn hơn và/hoặc vùng độ dốc thấp bắt đầu ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng 0,01t, 0,012t, 0,015t, 0,02t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc nằm ở độ sâu nhỏ hơn 0,2t, 0,15t, 0,12t, 0,1t, hoặc 0,09t bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; t nằm trong khoảng từ 0,5 mm đến 0,8 mm, và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc t có thể là 0,8 mm hoặc nhỏ hơn, 0,75 mm hoặc nhỏ hơn, 0,73 mm hoặc nhỏ hơn, 0,70 mm hoặc nhỏ hơn, 0,65 mm hoặc nhỏ hơn, 0,6 mm hoặc nhỏ hơn, 0,55 mm hoặc nhỏ hơn, 0,4 mm hoặc nhỏ hơn,

0,3 mm hoặc nhỏ hơn, hoặc 0,2 mm hoặc nhỏ hơn; tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ nhỏ hơn hoặc bằng 2,0, 1,9, 1,8, 1,6, 1,4, 1,2 ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh; tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ lớn hơn hoặc bằng 0,65 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,2; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,70 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,1; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,75 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,5; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,75 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,25; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,8 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,1, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,85 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,05, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,9 và nhỏ hơn hoặc bằng 1; và nồng độ mol Li_2O nhỏ hơn hoặc bằng 12% mol, 11% mol, 10% mol, 9,5% mol, 9% mol, 8,5% mol, hoặc 8% mol, ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) lớn hơn hoặc bằng 0,007t, 0,008t, 0,009t, hoặc 0,01t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này và/hoặc ở độ sâu tính từ bề mặt là 7 micron hoặc lớn hơn, 7,8 micron hoặc lớn hơn, 8 micron hoặc lớn hơn, 8,5 micron hoặc lớn hơn, 9 micron hoặc lớn hơn, 9,5 micron hoặc lớn hơn, 10 micron hoặc lớn hơn, 10,5 micron hoặc lớn hơn, hoặc 11 micron hoặc lớn hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này. Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) lớn hơn hoặc bằng 0,012t, 0,014t, 0,016t, 0,018t, hoặc 0,02t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này.

Kết hợp với DOL_{sp} , các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có một hoặc kết hợp của các dấu hiệu sau: độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm lớn hơn hoặc bằng $0,7 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $0,75 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, hoặc $0,77 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$; và/hoặc độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm nhỏ hơn hoặc bằng $1,3 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $1,2 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $1,1 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $0,95 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, hoặc $0,9 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$; và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất nén (CS) đỉnh lớn hơn hoặc bằng 500 MPa, 550 MPa, 600 MPa, 650 MPa, 700 MPa, 750 MPa, 800 MPa, 850 MPa, 900 MPa, 950 MPa, 1000 MPa, 1050 MPa, 1100 MPa, 1150 MPa, hoặc 1200 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất nén ở điểm uốn (CS_k) lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, 85 MPa, 90 MPa, 95 MPa, 100 MPa, 105 MPa, 110 MPa, 115 MPa, 120 MPa, 125 MPa, 130 MPa, 135 MPa, 140 MPa, 145 MPa, 150 MPa, 155 MPa, 160 MPa, bao gồm tất cả các trị số

và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất kéo đỉnh (PT) lớn hơn hoặc bằng 68 MPa, 69 MPa, 70 MPa, 71 MPa, 72 MPa, hoặc 73 MPa, 74 MPa, 75 MPa, 77 MPa, 79 MPa, 80 MPa, 82 MPa, 84 MPa, 86 MPa, hoặc 88 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; độ sâu nén (DOC) lớn hơn hoặc bằng 0,13t, 0,14t, 0,15t, 0,16t, 0,17t, 0,18t, 0,19t, 0,20t, 0,21t, 0,22t, và/hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,30t, 0,29t, 0,28t, 0,27t, 0,26t, 0,25t, 0,24t, 0,23t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; có biên dạng ứng suất có vùng có độ cong âm trong đó đạo hàm bậc hai của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu là số âm, vùng có độ cong âm nằm trong lớp ứng suất nén, và một hoặc nhiều đặc tính sau: giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng 0,003 MPa/ μm^2 , 0,005 MPa/ μm^2 , 0,007 MPa/ μm^2 , hoặc 0,009 MPa/ μm^2 ; và/hoặc nằm ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng 0,01t, 0,012t, 0,015t, 0,02t, 0,04t, 0,05t, 0,06t, 0,07t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc nằm ở độ sâu nhỏ hơn 0,2t, 0,17t, 0,14t, 0,11t, hoặc 0,1t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc tích số của t và giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai âm là lớn hơn hoặc bằng 19 GPa, 32GPa, 45GPa, hoặc 57 GPa; biên dạng ứng suất có vùng độ dốc thấp có một hoặc nhiều đặc tính sau: giá trị tuyệt đối trung bình của độ dốc nhỏ hơn hoặc bằng 0,2 MPa/ μm ; và/hoặc ứng suất nén trung bình trong vùng độ dốc thấp lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, 90 MPa, hoặc 100 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này, bao gồm một hoặc nhiều phương án, vùng độ dốc thấp nằm trong lớp ứng suất nén và kéo dài 10 μm hoặc lớn hơn và/hoặc vùng độ dốc thấp bắt đầu ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng 0,01t, 0,012t, 0,015t, 0,02t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc nằm ở độ sâu nhỏ hơn 0,2t, 0,15t, 0,12t, 0,1t, hoặc 0,09t bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; t nằm trong khoảng từ 0,5 mm đến 0,8 mm, và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc t có thể là 0,8 mm hoặc nhỏ hơn, 0,75 mm hoặc nhỏ hơn, 0,73 mm hoặc nhỏ hơn, 0,70 mm hoặc nhỏ hơn, 0,65 mm hoặc nhỏ hơn, 0,6 mm hoặc nhỏ hơn, 0,55 mm hoặc nhỏ hơn, 0,4 mm hoặc nhỏ hơn, 0,3 mm hoặc nhỏ hơn, hoặc 0,2 mm hoặc nhỏ hơn; tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ nhỏ hơn hoặc bằng 2,0, 1,9, 1,8, 1,6, 1,4, 1,2 ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh; tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ lớn hơn hoặc bằng 0,65 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,2; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,70 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,1; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,75 và nhỏ

hơn hoặc bằng 1,5; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,75 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,25; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,8 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,1, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,85 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,05, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,9 và nhỏ hơn hoặc bằng 1; và nồng độ mol Li_2O nhỏ hơn hoặc bằng 12% mol, 11% mol, 10% mol, 9,5% mol, 9% mol, 8,5% mol, hoặc 8% mol, ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có biên dạng ứng suất có vùng có độ cong âm trong đó đạo hàm bậc hai của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu là số âm, vùng có độ cong âm nằm trong lớp ứng suất nén, và một hoặc nhiều đặc tính sau: giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng $0,003 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$, $0,005 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$, $0,007 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$, hoặc $0,009 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$; và/hoặc nằm ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng $0,01t$, $0,012t$, $0,015t$, $0,02t$, $0,04t$, $0,05t$, $0,06t$, $0,07t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc nằm ở độ sâu nhỏ hơn $0,2t$, $0,17t$, $0,14t$, $0,11t$, hoặc $0,1t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc tích số của t và giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai âm là lớn hơn hoặc bằng 19 GPa, 32GPa, 45GPa, hoặc 57 GPa.

Kết hợp với giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm và/hoặc độ sâu của nó và/hoặc tích số của giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai và độ dày thủy tinh, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có một hoặc kết hợp của các dấu hiệu sau: độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm là lớn hơn hoặc bằng $0,7 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $0,75 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, hoặc $0,77 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$; và/hoặc độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm là nhỏ hơn hoặc bằng $1,3 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $1,2 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $1,1 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $0,95 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, hoặc $0,9 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$; và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất nén (CS) đỉnh lớn hơn hoặc bằng 500 MPa, 550 MPa, 600 MPa, 650 MPa, 700 MPa, 750 MPa, 800 MPa, 850 MPa, 900 MPa, 950 MPa, 1000 MPa, 1050 MPa, 1100 MPa, 1150 MPa, hoặc 1200 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất nén ở điểm uốn (CS_k) là lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, 85 MPa, 90 MPa, 95 MPa, 100 MPa, 105 MPa, 110 MPa, 115 MPa, 120 MPa, 125 MPa, 130 MPa, 135 MPa, 140 MPa, 145 MPa, 150 MPa, 155 MPa, 160 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất kéo đỉnh (PT) là lớn hơn hoặc bằng

68 MPa, 69 MPa, 70 MPa, 71 MPa, 72 MPa, hoặc 73 MPa, 74 MPa, 75 MPa, 77 MPa, 79 MPa, 80 MPa, 82 MPa, 84 MPa, 86 MPa, hoặc 88 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; độ sâu nén (DOC) là lớn hơn hoặc bằng 0,13t, 0,14t, 0,15t, 0,16t, 0,17t, 0,18t, 0,19t, 0,20t, 0,21t, 0,22t, và/hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,30t, 0,29t, 0,28t, 0,27t, 0,26t, 0,25t, 0,24t, 0,23t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) lớn hơn hoặc bằng 0,007t, 0,008t, 0,009t, hoặc 0,01t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này và/hoặc ở độ sâu tính từ bề mặt là 7 micron hoặc lớn hơn, 7,8 micron hoặc lớn hơn, 8 micron hoặc lớn hơn, 8,5 micron hoặc lớn hơn, 9 micron hoặc lớn hơn, 9,5 micron hoặc lớn hơn, 10 micron hoặc lớn hơn, 10,5 micron hoặc lớn hơn, hoặc 11 micron hoặc lớn hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; biên dạng ứng suất có vùng độ dốc thấp có một hoặc nhiều đặc tính sau: giá trị tuyệt đối trung bình của độ dốc là nhỏ hơn hoặc bằng 0,2 MPa/ μ m; và/hoặc ứng suất nén trung bình trong vùng độ dốc thấp là lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, 90 MPa, hoặc 100 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này, bao gồm một hoặc nhiều phương án, vùng độ dốc thấp nằm trong lớp ứng suất nén và kéo dài 10 μ m hoặc lớn hơn và/hoặc vùng độ dốc thấp bắt đầu ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng 0,01t, 0,012t, 0,015t, 0,02t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc nằm ở độ sâu nhỏ hơn 0,2t, 0,15t, 0,12t, 0,1t, hoặc 0,09t bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; t nằm trong khoảng từ 0,5 mm đến 0,8 mm, và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc t có thể là 0,8 mm hoặc nhỏ hơn, 0,75 mm hoặc nhỏ hơn, 0,73 mm hoặc nhỏ hơn, 0,70 mm hoặc nhỏ hơn, 0,65 mm hoặc nhỏ hơn, 0,6 mm hoặc nhỏ hơn, 0,55 mm hoặc nhỏ hơn, 0,4 mm hoặc nhỏ hơn, 0,3 mm hoặc nhỏ hơn, hoặc 0,2 mm hoặc nhỏ hơn; tỷ lệ mol Li_2O/Na_2O nhỏ hơn hoặc bằng 2,0, 1,9, 1,8, 1,6, 1,4, 1,2 ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh; tỷ lệ mol Li_2O/Na_2O lớn hơn hoặc bằng 0,65 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,2; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,70 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,1; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,75 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,5; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,75 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,25; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,8 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,1, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,85 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,05, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,9 và nhỏ hơn hoặc bằng 1; và nồng độ mol Li_2O nhỏ hơn hoặc bằng 12% mol, 11% mol, 10%

mol, 9,5% mol, 9% mol, 8,5% mol, hoặc 8% mol, ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có biên dạng ứng suất có vùng độ dốc thấp có một hoặc nhiều đặc tính sau: giá trị tuyệt đối trung bình của độ dốc nhỏ hơn hoặc bằng $0,2 \text{ MPa}/\mu\text{m}$; và/hoặc ứng suất nén trung bình trong vùng độ dốc thấp là lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, 90 MPa, hoặc 100 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này. Theo một hoặc nhiều phương án, vùng độ dốc thấp nằm trong lớp ứng suất nén và kéo dài $10\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn. Theo một hoặc nhiều phương án, vùng độ dốc thấp bắt đầu ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng $0,01t$, $0,012t$, $0,015t$, $0,02t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc nằm ở độ sâu nhỏ hơn $0,2t$, $0,15t$, $0,12t$, $0,1t$, hoặc $0,09t$ bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này.

Kết hợp với các đặc tính vùng độ dốc thấp, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có một hoặc kết hợp của các dấu hiệu sau: độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm là lớn hơn hoặc bằng $0,7 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $0,75 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, hoặc $0,77 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$; và/hoặc độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm là nhỏ hơn hoặc bằng $1,3 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $1,2 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $1,1 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $0,95 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, hoặc $0,9 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$; và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất nén (CS) đỉnh là lớn hơn hoặc bằng 500 MPa, 550 MPa, 600 MPa, 650 MPa, 700 MPa, 750 MPa, 800 MPa, 850 MPa, 900 MPa, 950 MPa, 1000 MPa, 1050 MPa, 1100 MPa, 1150 MPa, hoặc 1200 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất nén ở điểm uốn (CS_k) lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, 85 MPa, 90 MPa, 95 MPa, 100 MPa, 105 MPa, 110 MPa, 115 MPa, 120 MPa, 125 MPa, 130 MPa, 135 MPa, 140 MPa, 145 MPa, 150 MPa, 155 MPa, 160 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất kéo đỉnh (PT) lớn hơn hoặc bằng 68 MPa, 69 MPa, 70 MPa, 71 MPa, 72 MPa, hoặc 73 MPa, 74 MPa, 75 MPa, 77 MPa, 79 MPa, 80 MPa, 82 MPa, 84 MPa, 86 MPa, hoặc 88 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; độ sâu nén (DOC) lớn hơn hoặc bằng $0,13t$, $0,14t$, $0,15t$, $0,16t$, $0,17t$, $0,18t$, $0,19t$, $0,20t$, $0,21t$, $0,22t$, và/hoặc nhỏ hơn hoặc bằng $0,30t$, $0,29t$, $0,28t$, $0,27t$, $0,26t$, $0,25t$, $0,24t$, $0,23t$, bao gồm tất cả các trị số

và các khoảng phụ giữa các trị số này; độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) lớn hơn hoặc bằng $0,007t$, $0,008t$, $0,009t$, hoặc $0,01t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này và/hoặc ở độ sâu tính từ bề mặt là 7 micron hoặc lớn hơn, 7,8 micron hoặc lớn hơn, 8 micron hoặc lớn hơn, 8,5 micron hoặc lớn hơn, 9 micron hoặc lớn hơn, 9,5 micron hoặc lớn hơn, 10 micron hoặc lớn hơn, 10,5 micron hoặc lớn hơn, hoặc 11 micron hoặc lớn hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; có biên dạng ứng suất có vùng có độ cong âm trong đó đạo hàm bậc hai của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu là số âm, vùng có độ cong âm nằm trong lớp ứng suất nén, và một hoặc nhiều đặc tính sau: giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng $0,003 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$, $0,005 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$, $0,007 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$, hoặc $0,009 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$; và/hoặc nằm ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng $0,01t$, $0,012t$, $0,015t$, $0,02t$, $0,04t$, $0,05t$, $0,06t$, $0,07t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc nằm ở độ sâu nhỏ hơn $0,2t$, $0,17t$, $0,14t$, $0,11t$, hoặc $0,1t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc tích số của t và giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai âm là lớn hơn hoặc bằng 19 GPa, 32GPa, 45GPa, hoặc 57 GPa; t nằm trong khoảng từ 0,5 mm đến 0,8 mm, và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc t có thể là 0,8 mm hoặc nhỏ hơn, 0,75 mm hoặc nhỏ hơn, 0,73 mm hoặc nhỏ hơn, 0,70 mm hoặc nhỏ hơn, 0,65 mm hoặc nhỏ hơn, 0,6 mm hoặc nhỏ hơn, 0,55 mm hoặc nhỏ hơn, 0,4 mm hoặc nhỏ hơn, 0,3 mm hoặc nhỏ hơn, hoặc 0,2 mm hoặc nhỏ hơn; tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ nhỏ hơn hoặc bằng 2,0, 1,9, 1,8, 1,6, 1,4, 1,2 ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh; tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ là lớn hơn hoặc bằng 0,65 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,2; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,70 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,1; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,75 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,5; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,75 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,25; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,8 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,1, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,85 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,05, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,9 và nhỏ hơn hoặc bằng 1; và nồng độ mol Li_2O là nhỏ hơn hoặc bằng 12% mol, 11% mol, 10% mol, 9,5% mol, 9% mol, 8,5% mol, hoặc 8% mol, ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có t nằm trong khoảng từ 0,5 mm đến 0,8 mm, và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc t có thể là 0,8 mm hoặc nhỏ hơn, 0,75 mm hoặc nhỏ hơn, 0,73 mm hoặc

nhỏ hơn, 0,70 mm hoặc nhỏ hơn, 0,65 mm hoặc nhỏ hơn, 0,6 mm hoặc nhỏ hơn, 0,55 mm hoặc nhỏ hơn, 0,4 mm hoặc nhỏ hơn, 0,3 mm hoặc nhỏ hơn, hoặc 0,2 mm hoặc nhỏ hơn.

Kết hợp với t , các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có một hoặc kết hợp của các dấu hiệu sau: độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm là lớn hơn hoặc bằng $0,7 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $0,75 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, hoặc $0,77 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$; và/hoặc độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm nhỏ hơn hoặc bằng $1,3 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $1,2 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $1,1 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, $0,95 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$, hoặc $0,9 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$; và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất nén (CS) đỉnh là lớn hơn hoặc bằng 500 MPa, 550 MPa, 600 MPa, 650 MPa, 700 MPa, 750 MPa, 800 MPa, 850 MPa, 900 MPa, 950 MPa, 1000 MPa, 1050 MPa, 1100 MPa, 1150 MPa, hoặc 1200 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất nén ở điểm uốn (CS_k) lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, 85 MPa, 90 MPa, 95 MPa, 100 MPa, 105 MPa, 110 MPa, 115 MPa, 120 MPa, 125 MPa, 130 MPa, 135 MPa, 140 MPa, 145 MPa, 150 MPa, 155 MPa, 160 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất kéo đỉnh (PT) lớn hơn hoặc bằng 68 MPa, 69 MPa, 70 MPa, 71 MPa, 72 MPa, hoặc 73 MPa, 74 MPa, 75 MPa, 77 MPa, 79 MPa, 80 MPa, 82 MPa, 84 MPa, 86 MPa, hoặc 88 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; độ sâu nén (DOC) lớn hơn hoặc bằng $0,13t$, $0,14t$, $0,15t$, $0,16t$, $0,17t$, $0,18t$, $0,19t$, $0,20t$, $0,21t$, $0,22t$, và/hoặc nhỏ hơn hoặc bằng $0,30t$, $0,29t$, $0,28t$, $0,27t$, $0,26t$, $0,25t$, $0,24t$, $0,23t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) lớn hơn hoặc bằng $0,007t$, $0,008t$, $0,009t$, hoặc $0,01t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này và/hoặc ở độ sâu tính từ bề mặt là 7 micron hoặc lớn hơn, 7,8 micron hoặc lớn hơn, 8 micron hoặc lớn hơn, 8,5 micron hoặc lớn hơn, 9 micron hoặc lớn hơn, 9,5 micron hoặc lớn hơn, 10 micron hoặc lớn hơn, 10,5 micron hoặc lớn hơn, hoặc 11 micron hoặc lớn hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; có biên dạng ứng suất có vùng có độ cong âm trong đó đạo hàm bậc hai của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu là số âm, vùng có độ cong âm nằm trong lớp ứng suất nén, và một hoặc nhiều đặc tính sau: giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng $0,003 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$, $0,005 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$, $0,007 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$, hoặc

0,009 MPa/ μm^2 ; và/hoặc nằm ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng 0,01t, 0,012t, 0,015t, 0,02t, 0,04t, 0,05t, 0,06t, 0,07t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc nằm ở độ sâu nhỏ hơn 0,2t, 0,17t, 0,14t, 0,11t, hoặc 0,1t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc tích số của t và giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai âm là lớn hơn hoặc bằng 19 GPa, 32GPa, 45GPa, hoặc 57 GPa; biên dạng ứng suất có vùng độ dốc thấp có một hoặc nhiều đặc tính sau: giá trị tuyệt đối trung bình của độ dốc là nhỏ hơn hoặc bằng 0,2 MPa/ μm ; và/hoặc ứng suất nén trung bình trong vùng độ dốc thấp là lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, 90 MPa, hoặc 100 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này, bao gồm một hoặc nhiều phương án, vùng độ dốc thấp nằm trong lớp ứng suất nén và kéo dài 10 μm hoặc lớn hơn và/hoặc vùng độ dốc thấp bắt đầu ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng 0,01t, 0,012t, 0,015t, 0,02t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc nằm ở độ sâu nhỏ hơn 0,2t, 0,15t, 0,12t, 0,1t, hoặc 0,09t bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ nhỏ hơn hoặc bằng 2,0, 1,9, 1,8, 1,6, 1,4, 1,2 ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh; tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ lớn hơn hoặc bằng 0,65 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,2; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,70 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,1; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,75 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,5; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,75 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,25; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,8 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,1, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,85 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,05, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,9 và nhỏ hơn hoặc bằng 1; và nồng độ mol Li_2O nhỏ hơn hoặc bằng 12% mol, 11% mol, 10% mol, 9,5% mol, 9% mol, 8,5% mol, hoặc 8% mol, ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ nhỏ hơn hoặc bằng 2,0, 1,9, 1,8, 1,6, 1,4, 1,2 ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Theo một số phương án, tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ là lớn hơn hoặc bằng 0,65 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,2; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,70 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,1; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,75 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,5; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,75 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,25; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,8 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,1, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,85 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,05, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,9 và nhỏ hơn hoặc bằng 1.

Kết hợp với tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có một hoặc kết hợp của các dấu hiệu sau: độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm là lớn hơn hoặc bằng $0,7 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$, $0,75 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$, hoặc $0,77 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$; và/hoặc độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm là nhỏ hơn hoặc bằng $1,3 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$, $1,2 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$, $1,1 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$, $0,95 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$, hoặc $0,9 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$; và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất nén (CS) đỉnh lớn hơn hoặc bằng 500 MPa, 550 MPa, 600 MPa, 650 MPa, 700 MPa, 750 MPa, 800 MPa, 850 MPa, 900 MPa, 950 MPa, 1000 MPa, 1050 MPa, 1100 MPa, 1150 MPa, hoặc 1200 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất nén ở điểm uốn (CS_k) lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, 85 MPa, 90 MPa, 95 MPa, 100 MPa, 105 MPa, 110 MPa, 115 MPa, 120 MPa, 125 MPa, 130 MPa, 135 MPa, 140 MPa, 145 MPa, 150 MPa, 155 MPa, 160 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất kéo đỉnh (PT) lớn hơn hoặc bằng 68 MPa, 69 MPa, 70 MPa, 71 MPa, 72 MPa, hoặc 73 MPa, 74 MPa, 75 MPa, 77 MPa, 79 MPa, 80 MPa, 82 MPa, 84 MPa, 86 MPa, hoặc 88 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; độ sâu nén (DOC) lớn hơn hoặc bằng $0,13t$, $0,14t$, $0,15t$, $0,16t$, $0,17t$, $0,18t$, $0,19t$, $0,20t$, $0,21t$, $0,22t$, và/hoặc nhỏ hơn hoặc bằng $0,30t$, $0,29t$, $0,28t$, $0,27t$, $0,26t$, $0,25t$, $0,24t$, $0,23t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) lớn hơn hoặc bằng $0,007t$, $0,008t$, $0,009t$, hoặc $0,01t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này và/hoặc ở độ sâu tính từ bề mặt là 7 micron hoặc lớn hơn, 7,8 micron hoặc lớn hơn, 8 micron hoặc lớn hơn, 8,5 micron hoặc lớn hơn, 9 micron hoặc lớn hơn, 9,5 micron hoặc lớn hơn, 10 micron hoặc lớn hơn, 10,5 micron hoặc lớn hơn, hoặc 11 micron hoặc lớn hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; có biên dạng ứng suất có vùng có độ cong âm trong đó đạo hàm bậc hai của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu là số âm, vùng có độ cong âm nằm trong lớp ứng suất nén, và một hoặc nhiều đặc tính sau: giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng $0,003 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$, $0,005 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$, $0,007 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$, hoặc $0,009 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$; và/hoặc nằm ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng $0,01t$, $0,012t$, $0,015t$, $0,02t$, $0,04t$, $0,05t$, $0,06t$, $0,07t$, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc nằm ở độ sâu nhỏ hơn $0,2t$, $0,17t$, $0,14t$, $0,11t$, hoặc

0,1t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc tích số của t và giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai âm là lớn hơn hoặc bằng 19 GPa, 32GPa, 45GPa, hoặc 57 GPa; biên dạng ứng suất có vùng độ dốc thấp có một hoặc nhiều đặc tính sau: giá trị tuyệt đối trung bình của độ dốc nhỏ hơn hoặc bằng 0,2 MPa/ μm ; và/hoặc ứng suất nén trung bình trong vùng độ dốc thấp lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, 90 MPa, hoặc 100 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này, bao gồm một hoặc nhiều phương án, vùng độ dốc thấp nằm trong lớp ứng suất nén và kéo dài 10 μm hoặc lớn hơn và/hoặc vùng độ dốc thấp bắt đầu ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng 0,01t, 0,012t, 0,015t, 0,02t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc nằm ở độ sâu nhỏ hơn 0,2t, 0,15t, 0,12t, 0,1t, hoặc 0,09t bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; t nằm trong khoảng từ 0,5 mm đến 0,8 mm, và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc t có thể là 0,8 mm hoặc nhỏ hơn, 0,75 mm hoặc nhỏ hơn, 0,73 mm hoặc nhỏ hơn, 0,70 mm hoặc nhỏ hơn, 0,65 mm hoặc nhỏ hơn, 0,6 mm hoặc nhỏ hơn, 0,55 mm hoặc nhỏ hơn, 0,4 mm hoặc nhỏ hơn, 0,3 mm hoặc nhỏ hơn, hoặc 0,2 mm hoặc nhỏ hơn; và nồng độ mol Li_2O nhỏ hơn hoặc bằng 12% mol, 11% mol, 10% mol, 9,5% mol, 9% mol, 8,5% mol, hoặc 8% mol, ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có nồng độ mol Li_2O nhỏ hơn hoặc bằng 12% mol, 11% mol, 10% mol, 9,5% mol, 9% mol, 8,5% mol, hoặc 8% mol, ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Kết hợp với nồng độ mol Li_2O , các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có một hoặc kết hợp của các dấu hiệu sau: độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm lớn hơn hoặc bằng 0,7 MPa*sqrt(m), 0,75 MPa*sqrt(m), hoặc 0,77 MPa*sqrt(m); và/hoặc độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm nhỏ hơn hoặc bằng 1,3 MPa*sqrt(m), 1,2 MPa*sqrt(m), 1,1 MPa*sqrt(m), 0,95 MPa*sqrt(m), hoặc 0,9 MPa*sqrt(m); và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất nén (CS) đỉnh lớn hơn hoặc bằng 500 MPa, 550 MPa, 600 MPa, 650 MPa, 700 MPa, 750 MPa, 800 MPa, 850 MPa, 900 MPa, 950 MPa, 1000 MPa, 1050 MPa, 1100 MPa, 1150 MPa, hoặc 1200 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất nén ở điểm uốn (CS_k) lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, 85 MPa, 90 MPa,

95 MPa, 100 MPa, 105 MPa, 110 MPa, 115 MPa, 120 MPa, 125 MPa, 130 MPa, 135 MPa, 140 MPa, 145 MPa, 150 MPa, 155 MPa, 160 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; ứng suất kéo đỉnh (PT) lớn hơn hoặc bằng 68 MPa, 69 MPa, 70 MPa, 71 MPa, 72 MPa, hoặc 73 MPa, 74 MPa, 75 MPa, 77 MPa, 79 MPa, 80 MPa, 82 MPa, 84 MPa, 86 MPa, hoặc 88 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; độ sâu nén (DOC) lớn hơn hoặc bằng 0,13t, 0,14t, 0,15t, 0,16t, 0,17t, 0,18t, 0,19t, 0,20t, 0,21t, 0,22t, và/hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,30t, 0,29t, 0,28t, 0,27t, 0,26t, 0,25t, 0,24t, 0,23t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) lớn hơn hoặc bằng 0,007t, 0,008t, 0,009t, hoặc 0,01t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này và/hoặc ở độ sâu tính từ bề mặt là 7 micron hoặc lớn hơn, 7,8 micron hoặc lớn hơn, 8 micron hoặc lớn hơn, 8,5 micron hoặc lớn hơn, 9 micron hoặc lớn hơn, 9,5 micron hoặc lớn hơn, 10 micron hoặc lớn hơn, 10,5 micron hoặc lớn hơn, hoặc 11 micron hoặc lớn hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; có biên dạng ứng suất có vùng có độ cong âm trong đó đạo hàm bậc hai của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu là số âm, vùng có độ cong âm nằm trong lớp ứng suất nén, và một hoặc nhiều đặc tính sau: giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng 0,003 MPa/ μm^2 , 0,005 MPa/ μm^2 , 0,007 MPa/ μm^2 , hoặc 0,009 MPa/ μm^2 ; và/hoặc nằm ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng 0,01t, 0,012t, 0,015t, 0,02t, 0,04t, 0,05t, 0,06t, 0,07t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc nằm ở độ sâu nhỏ hơn 0,2t, 0,17t, 0,14t, 0,11t, hoặc 0,1t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc tích số của t và giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai âm là lớn hơn hoặc bằng 19 GPa, 32GPa, 45GPa, hoặc 57 GPa; biên dạng ứng suất có vùng độ dốc thấp có một hoặc nhiều đặc tính sau: giá trị tuyệt đối trung bình của độ dốc nhỏ hơn hoặc bằng 0,2 MPa/ μm ; và/hoặc ứng suất nén trung bình trong vùng độ dốc thấp lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, 90 MPa, hoặc 100 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này, bao gồm một hoặc nhiều phương án, vùng độ dốc thấp nằm trong lớp ứng suất nén và kéo dài 10 μm hoặc lớn hơn và/hoặc vùng độ dốc thấp bắt đầu ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng 0,01t, 0,012t, 0,015t, 0,02t, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc nằm ở độ sâu nhỏ hơn 0,2t, 0,15t, 0,12t, 0,1t, hoặc 0,09t bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa

các trị số này; t nằm trong khoảng từ 0,5 mm đến 0,8 mm, và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và/hoặc t có thể là 0,8 mm hoặc nhỏ hơn, 0,75 mm hoặc nhỏ hơn, 0,73 mm hoặc nhỏ hơn, 0,70 mm hoặc nhỏ hơn, 0,65 mm hoặc nhỏ hơn, 0,6 mm hoặc nhỏ hơn, 0,55 mm hoặc nhỏ hơn, 0,4 mm hoặc nhỏ hơn, 0,3 mm hoặc nhỏ hơn, hoặc 0,2 mm hoặc nhỏ hơn; tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ nhỏ hơn hoặc bằng 2,0, 1,9, 1,8, 1,6, 1,4, 1,2 ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh; và tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ lớn hơn hoặc bằng 0,65 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,2; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,70 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,1; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,75 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,5; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,75 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,25; hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,8 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,1, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,85 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,05, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,9 và nhỏ hơn hoặc bằng 1.

Theo một số phương án, biên dạng ứng suất trong vật phẩm thủy tinh chứa Li có bề mặt CS cao, ứng suất nén có điểm uốn CS_k cao và độ sâu nén DOC cao. DOC có thể được biểu thị dưới dạng một phần của độ dày t của vật phẩm thủy tinh, như lớn hơn hoặc bằng $0,15t$, hoặc lớn hơn hoặc bằng $0,18t$. Theo một số phương án, các tính chất này được tạo ra bằng cách sử dụng hợp phần thủy tinh có độ bền chống nứt vỡ (K_{IC}), như K_{IC} lớn hơn hoặc bằng $0,77 \text{ MPa m}^{1/2}$. Các biên dạng ứng suất như vậy là đặc biệt thích hợp đối với các độ dày nhỏ, như 0,7 mm và thấp hơn, trong đó các biên dạng hiện có có CS_k nhỏ hơn hoặc bằng 110 MPa khi kết hợp với CS trên 800 MPa, DOC trên $0,18t$, và độ sâu của lớp mũi nhọn DOL_{sp} là $7,5 \mu\text{m}$ hoặc lớn hơn. Ngoài ra, trong một số trường hợp, hợp phần của thủy tinh ở tâm của vật phẩm thủy tinh thể hiện tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ nhỏ hơn hoặc bằng 1,2. Hợp phần ở tâm của vật phẩm thủy tinh gần giống với hợp phần của thủy tinh trước khi được trao đổi ion, vì hầu như là không hoặc không có sự trao đổi ion ở tâm của vật phẩm thủy tinh.

Theo các phương án, biên dạng ứng suất có CS_k lớn hơn hoặc bằng 125 MPa đồng thời với các trị số DOC/ t , CS, và DOL_{sp} cao. Theo các phương án, biên dạng ứng suất có thể có CS_k lớn hơn hoặc bằng 140 MPa, như lớn hơn hoặc bằng 150 MPa, lớn hơn hoặc bằng 160 MPa, hoặc lớn hơn hoặc bằng 170 MPa. Theo một số phương án, các trị số CS_k cao hơn có thể tạo ra tích số lớn thậm chí với các trị số độ lớn của CS, DOL, và DOC/ t thấp hơn chút ít. Theo một số phương án, ứng suất kéo đỉnh (PT) trong

biên dạng ứng suất có thể lớn hơn hoặc bằng 70 MPa, như lớn hơn hoặc bằng 75 MPa, hoặc lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, hoặc 74 MPa, 75 MPa, 77 MPa, 79 MPa, 80 MPa, 82 MPa, 84 MPa, 86 MPa, hoặc 88 MPa. Theo một số phương án, PT trong biên dạng ứng suất nhỏ hơn hoặc bằng 90 MPa, như nhỏ hơn hoặc bằng 95 MPa, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 100 MPa. Theo một số phương án, PT nhỏ hơn hoặc bằng $110 \frac{MPa}{\sqrt{t}}$, chẳng hạn nhỏ hơn hoặc bằng $100 \frac{MPa}{\sqrt{t}}$, nhỏ hơn hoặc bằng $95 \frac{MPa}{\sqrt{t}}$, nhỏ hơn hoặc bằng $90 \frac{MPa}{\sqrt{t}}$, nhỏ hơn hoặc bằng $80 \frac{MPa}{\sqrt{t}}$, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng $77 \frac{MPa}{\sqrt{t}}$, trong đó t là độ dày của vật phẩm thủy tinh tính theo mm.

Các biên dạng ứng suất có CS_k cao và các thuộc tính mong muốn khác có thể đạt được ở các thủy tinh chứa Na bằng quá trình trao đổi ion hai bước trong các bể có tỷ lệ Na và K khác nhau. Tuy nhiên, trong các trường hợp như vậy, quá trình trao đổi ion bị kéo dài đến vài ngày, và độ bền chống nứt vỡ của hợp phần thủy tinh thấp hơn, chẳng hạn dưới 0,73 hoặc dưới 0,68. Do đó, thủy tinh chứa lithi được ưu tiên là để đạt được các biên dạng ứng suất mong muốn.

Theo các phương án, biên dạng ứng suất trong thủy tinh chứa Li có CS bề mặt lớn hơn hoặc bằng 970 MPa, CS_k lớn hơn hoặc bằng 50 MPa, và DOC lớn hơn hoặc bằng 150 μm và/hoặc DOC/t lớn hơn hoặc bằng 0,18. Theo một số phương án, CS lớn hơn hoặc bằng 1000 MPa, chẳng hạn lớn hơn hoặc bằng 1030 MPa. Theo một số phương án, CS_k lớn hơn hoặc bằng 70 MPa, chẳng hạn lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, lớn hơn hoặc bằng 90 MPa, lớn hơn hoặc bằng 100 MPa, hoặc lớn hơn hoặc bằng 110 MPa. Theo một số phương án, DOC/t lớn hơn hoặc bằng 0,19. Theo một số phương án, biên dạng ứng suất có DOL_{sp} từ lớn hơn hoặc bằng 7 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 9,5 μm . Theo một số phương án, DOL_{sp} từ lớn hơn hoặc bằng 9,5 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 14 μm . Theo một số phương án, ứng suất kéo đỉnh PT của biên dạng ứng suất là lớn hơn hoặc bằng 50 MPa, chẳng hạn lớn hơn hoặc bằng 60 MPa, lớn hơn hoặc bằng 70 MPa, hoặc lớn hơn hoặc bằng 76 MPa, 74 MPa, 75 MPa, 77 MPa, 79 MPa, 80 MPa, 82 MPa, 84 MPa, 86 MPa, hoặc 88 MPa. Theo một số phương án, PT nhỏ hơn hoặc bằng 90 MPa, chẳng hạn nhỏ hơn hoặc bằng 95 MPa, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 100 MPa. Theo một số phương án, PT nhỏ hơn hoặc bằng $110 \frac{MPa}{\sqrt{t}}$, chẳng hạn nhỏ hơn hoặc bằng

$100 \frac{MPa}{\sqrt{t}}$, nhỏ hơn hoặc bằng $95 \frac{MPa}{\sqrt{t}}$, nhỏ hơn hoặc bằng $90 \frac{MPa}{\sqrt{t}}$, nhỏ hơn hoặc bằng $80 \frac{MPa}{\sqrt{t}}$, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng $77 \frac{MPa}{\sqrt{t}}$, trong đó t là độ dày của vật phẩm thủy tinh tính theo mm.

Theo các phương án, biên dạng ứng suất đối với vật phẩm thủy tinh chứa lithi có CS tối đa lớn hơn hoặc bằng 400 MPa, DOL_{sp} từ lớn hơn hoặc bằng 3,5 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 15 μm , ứng suất kéo đỉnh PT lớn hơn hoặc bằng 73 MPa, 74 MPa, 75 MPa, 77 MPa, 79 MPa, 80 MPa, 82 MPa, 84 MPa, 86 MPa, hoặc 88 MPa, $a DOC/t$ lớn hơn hoặc bằng 0,18, tỷ lệ nồng độ mol Li_2O/Na_2O ở tâm của vật phẩm thủy tinh nhỏ hơn hoặc bằng 1,6, và trong đó khi vùng kéo của biên dạng ứng suất được khớp với biên dạng luật lũy thừa, số mũ lũy thừa p mô tả biên dạng là nhỏ hơn hoặc bằng 2,0. Theo một số phương án, số mũ lũy thừa p mô tả biên dạng nhỏ hơn hoặc bằng 2,05, chẳng hạn nhỏ hơn hoặc bằng 1,95, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 1,9. Theo một số phương án, DOC/t là lớn hơn hoặc bằng 0,19. Theo một số phương án, PT nhỏ hơn hoặc bằng $110 \frac{MPa}{\sqrt{t}}$, chẳng hạn nhỏ hơn hoặc bằng $100 \frac{MPa}{\sqrt{t}}$, nhỏ hơn hoặc bằng $95 \frac{MPa}{\sqrt{t}}$, nhỏ hơn hoặc bằng $90 \frac{MPa}{\sqrt{t}}$, nhỏ hơn hoặc bằng $80 \frac{MPa}{\sqrt{t}}$, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng $77 \frac{MPa}{\sqrt{t}}$, trong đó t là độ dày của vật phẩm thủy tinh tính theo mm. Theo một số phương án, tỷ lệ nồng độ mol Li_2O/Na_2O ở tâm của vật phẩm thủy tinh là lớn hơn hoặc bằng 0,6, chẳng hạn lớn hơn hoặc bằng 0,7, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,8.

Theo các phương án, nồng độ mol Li_2O ở tâm của vật phẩm thủy tinh là nhỏ hơn hoặc bằng 9,5% mol, chẳng hạn nhỏ hơn hoặc bằng 9% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 8,5% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 8,2% mol. Theo một số phương án, nồng độ mol Na_2O ở tâm của vật phẩm thủy tinh là nhỏ hơn hoặc bằng 10% mol, chẳng hạn nhỏ hơn hoặc bằng 9,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 9,0% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 8,5% mol. Như bàn luận ở trên, hợp phần ở tâm của vật phẩm thủy tinh tương ứng với hợp phần của thủy tinh trước khi trao đổi ion. Các hợp phần này cho phép đạt được độ khuếch tán ion được ưu tiên, khả năng tương thích với quá trình tạo thành thể dung hợp và khả năng đạt được DOC cao.

Theo các phương án, biên dạng ứng suất đối với vật phẩm thủy tinh chứa lithi có CS tối đa lớn hơn hoặc bằng 400 MPa, DOL_{sp} từ lớn hơn hoặc bằng 3,5 μm đến nhỏ

hơn hoặc bằng $15\text{ }\mu\text{m}$, CS_k lớn hơn hoặc bằng 65 MPa , DOC lớn hơn hoặc bằng $150\text{ }\mu\text{m}$ và/hoặc DOC/t lớn hơn hoặc bằng $0,19$, và vùng có độ cong âm trong biên dạng ứng suất trong đó đạo hàm bậc hai của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu là số âm, vùng có độ cong âm nằm trong lớp ứng suất nén, giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai âm nằm trong vùng có độ cong âm xuất hiện ở độ sâu từ lớn hơn hoặc bằng $10\text{ }\mu\text{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $0,18t$, và giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai âm trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng 3000 MPa/mm^2 . Theo một số phương án, giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai âm trong vùng có độ cong âm xuất hiện ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng $20\text{ }\mu\text{m}$, chẳng hạn lớn hơn hoặc bằng $30\text{ }\mu\text{m}$, hoặc lớn hơn hoặc bằng $40\text{ }\mu\text{m}$. Theo một số phương án, giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai âm trong vùng có độ cong âm là nhỏ hơn hoặc bằng 50000 MPa/mm^2 . Theo một số phương án, giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai âm trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng 4000 MPa/mm^2 , chẳng hạn lớn hơn hoặc bằng 5000 MPa/mm^2 , lớn hơn hoặc bằng 6000 MPa/mm^2 , hoặc lớn hơn hoặc bằng 8000 MPa/mm^2 . Theo một số phương án, giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai âm trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng $4500/t^2\text{ MPa/mm}^2$, chẳng hạn lớn hơn hoặc bằng $5500/t^2\text{ MPa/mm}^2$, lớn hơn hoặc bằng $6600/t^2\text{ MPa/mm}^2$, lớn hơn hoặc bằng $8000/t^2\text{ MPa/mm}^2$, hoặc lớn hơn hoặc bằng $12000/t^2\text{ MPa/mm}^2$. Theo một số phương án, CS tối đa là lớn hơn hoặc bằng 700 MPa , chẳng hạn lớn hơn hoặc bằng 750 MPa . Theo một số phương án, CS_k lớn hơn hoặc bằng 65 MPa , chẳng hạn lớn hơn hoặc bằng 75 MPa , hoặc lớn hơn hoặc bằng 85 MPa . Theo một số phương án, DOC lớn hơn hoặc bằng $160\text{ }\mu\text{m}$. Theo một số phương án, DOC/t lớn hơn hoặc bằng $0,20$.

Theo một số phương án, nồng độ mol Li_2O ở tâm của vật phẩm thủy tinh là lớn hơn hoặc bằng $6,5\%$ mol. Theo một số phương án, tỷ lệ mol Li_2O trên Na_2O ở tâm của vật phẩm thủy tinh là lớn hơn hoặc bằng $0,6$, chẳng hạn lớn hơn hoặc bằng $0,7$. Theo một số phương án, tỷ lệ mol giữa Li_2O và Na_2O ở tâm của vật phẩm thủy tinh là nhỏ hơn hoặc bằng $1,2$, chẳng hạn nhỏ hơn hoặc bằng $1,1$, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng $1,0$. Theo một số phương án, ứng suất kéo đỉnh PT là lớn hơn hoặc bằng 65 MPa , chẳng hạn lớn hơn hoặc bằng 68 MPa , lớn hơn hoặc bằng 71 MPa , hoặc lớn hơn hoặc bằng 74 MPa , 75 MPa , 77 MPa , 79 MPa , 80 MPa , 82 MPa , 84 MPa , 86 MPa , hoặc 88 MPa . Theo một số phương án, PT là nhỏ hơn hoặc bằng 100 MPa , chẳng hạn nhỏ hơn hoặc

bằng 95 MPa, nhỏ hơn hoặc bằng 90 MPa, nhỏ hơn hoặc bằng 85 MPa, nhỏ hơn hoặc bằng 82 MPa, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 80 MPa.

Theo các phương án, vật phẩm thủy tinh có phần mặt phẳng có độ dày t , phần này của vật phẩm thủy tinh có lớp ứng suất nén ở bề mặt ngoài kéo dài đến độ sâu nén. Lớp ứng suất nén kéo dài đến độ sâu nén DOC lớn hơn hoặc bằng $0,1t$, chẳng hạn lớn hơn hoặc bằng $0,12t$, lớn hơn hoặc bằng $0,15t$, lớn hơn hoặc bằng $0,17t$, lớn hơn hoặc bằng $0,18t$, hoặc lớn hơn hoặc bằng $0,19t$. Vật phẩm thủy tinh có vùng tương đối nông thể hiện “đỉnh” gần bề mặt của ứng suất nén với ứng suất nén tối đa $CS_{\max}$ là lớn hơn hoặc bằng 950 MPa, chẳng hạn lớn hơn hoặc bằng 980 MPa, lớn hơn hoặc bằng 1000 MPa, lớn hơn hoặc bằng 1040 MPa, hoặc lớn hơn hoặc bằng 1070 MPa. Vật phẩm thủy tinh có “độ sâu của lớp mũi nhọn” DOL_{sp} từ lớn hơn hoặc bằng 3 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 30 μm . Vật phẩm thủy tinh có ứng suất tại điểm uốn CS_k của biên dạng ứng suất lớn hơn hoặc bằng 50 MPa, chẳng hạn lớn hơn hoặc bằng 60 MPa, lớn hơn hoặc bằng 70 MPa, lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, lớn hơn hoặc bằng 90 MPa, hoặc lớn hơn hoặc bằng 100 MPa. Vùng mũi nhọn được đặc trưng chung là có CS cao hơn đáng kể so với phần sâu hơn của lớp ứng suất nén.

Ứng suất tại điểm uốn CS_k được định nghĩa là trị số ứng suất nén mà phần sâu hơn của biên dạng CS ngoại suy ra ở độ sâu DOL_{sp} . Độ sâu của DOL_{sp} mũi nhọn được báo cáo khi được đo bằng dụng cụ đo ứng suất bề mặt bằng các phương pháp đã biết sử dụng số vân trong quang phổ kết hợp góc kết hợp lăng kính mà tương ứng với các chế độ quang học được hướng dẫn trong vùng mũi nhọn CS đã nêu. Khi DOL_{sp} nhỏ hơn khoảng 5,5 μm , bước sóng đo có thể nhỏ hơn 590 nm để tạo điều kiện đo ít nhất 2 vân như vậy trong một trạng thái phân cực. Ví dụ, bước sóng đo có thể là 545 nm, hoặc thậm chí là 365 nm. Nếu DOL_{sp} nhỏ hơn khoảng 4 μm , thì DOL_{sp} có thể được ước tính một cách chính xác khi CS mũi nhọn là kết quả của việc lớp gần bề mặt được làm giàu đáng kể các ion lớn hơn chẳng hạn như kali (K) so với các ion nhỏ hơn chẳng hạn như Na hoặc Li trong thủy tinh. Trong trường hợp đó DOL_{sp} có thể được xem như là độ sâu trong đó nồng độ của các ion lớn hơn như vậy bị giảm đến mức mà tại đó sự suy giảm thêm của nó theo độ sâu có thể được coi là không đáng kể (ví dụ, giảm 90% quãng

đường từ nồng độ K tối đa đến mức cơ sở xuất hiện ở 20 μm độ sâu tiếp theo). Đồ thị thể hiện biên dạng ứng suất bao gồm ứng suất điểm uốn được cung cấp trên Fig. 2.

Theo một số phương án, tỷ lệ DOC/t nhỏ hơn hoặc bằng 0,3, chẳng hạn nhỏ hơn hoặc bằng 0,28, nhỏ hơn hoặc bằng 0,25, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,24.

Theo một số phương án, vật phẩm thủy tinh chứa lithi, sao cho nồng độ Li_2O ở tâm của vật phẩm thủy tinh là lớn hơn 0,1% mol. Theo một số phương án, nồng độ Li_2O ở tâm của vật phẩm thủy tinh là lớn hơn hoặc bằng 4% mol, chẳng hạn lớn hơn hoặc bằng 5% mol, lớn hơn hoặc bằng 6% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng 7% mol. Theo một số phương án, nồng độ Li_2O ở tâm của vật phẩm thủy tinh là nhỏ hơn hoặc bằng 25% mol, chẳng hạn nhỏ hơn hoặc bằng 20% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 16% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 12% mol. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh có hợp phần giống nhau ở tâm của vật phẩm thủy tinh có độ bền chống nứt vỡ (K_{IC}) lớn hơn hoặc bằng $0,77 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$.

Theo một số phương án, bước trao đổi ion thứ nhất có thể tạo ra biên dạng ứng suất được đặc trưng bằng CS tối đa lớn hơn hoặc bằng 500 MPa, CS_k lớn hơn hoặc bằng 140 MPa, DOL_{sp} lớn hơn hoặc bằng 4 μm , tỷ lệ DOC/t lớn hơn hoặc bằng 0,18, và ứng suất kéo đỉnh PT lớn hơn hoặc bằng 73 MPa, 74 MPa, 75 MPa, 77 MPa, 79 MPa, 80 MPa, 82 MPa, 84 MPa, 86 MPa, hoặc 88 MPa. Theo một số phương án, PT nhỏ hơn hoặc bằng $77 \frac{\text{MPa}}{\sqrt{t}}$, chẳng hạn nhỏ hơn hoặc bằng $80 \frac{\text{MPa}}{\sqrt{t}}$, nhỏ hơn hoặc bằng $90 \frac{\text{MPa}}{\sqrt{t}}$, nhỏ hơn hoặc bằng $95 \frac{\text{MPa}}{\sqrt{t}}$, nhỏ hơn hoặc bằng $100 \frac{\text{MPa}}{\sqrt{t}}$, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng $110 \frac{\text{MPa}}{\sqrt{t}}$, trong đó độ dày t được tính theo đơn vị mm. Theo một số phương án, DOL_{sp} lớn hơn hoặc bằng 4 μm , chẳng hạn lớn hơn hoặc bằng 5 μm , lớn hơn hoặc bằng 6 μm , hoặc lớn hơn hoặc bằng 7 μm . Theo một số phương án, tỷ lệ DOC/t lớn hơn hoặc bằng 0,18, chẳng hạn lớn hơn hoặc bằng 0,185, lớn hơn hoặc bằng 0,19, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,195. Theo một số phương án, PT lớn hơn hoặc bằng 73 MPa, 74 MPa, 75 MPa, 77 MPa, 79 MPa, 80 MPa, 82 MPa, 84 MPa, 86 MPa, hoặc 88 MPa, chẳng hạn lớn hơn hoặc bằng 78 MPa, lớn hơn hoặc bằng 83 MPa, hoặc lớn hơn hoặc bằng 88 MPa.

Theo một số phương án, bước trao đổi ion thứ hai có thể tạo ra biên dạng ứng suất có CS lớn hơn hoặc bằng 700 MPa, DOL_{sp} lớn hơn hoặc bằng 3,5 μm , CS_k lớn hơn

hoặc bằng 110 MPa, DOC/ t lớn hơn hoặc bằng 0,18, và PT lớn hơn hoặc bằng 73 MPa, 74 MPa, 75 MPa, 77 MPa, 79 MPa, 80 MPa, 82 MPa, 84 MPa, 86 MPa, hoặc 88 MPa. Theo một số phương án, CS lớn hơn hoặc bằng 800 MPa. Theo một số phương án, DOL_{sp} lớn hơn hoặc bằng 5 μm , chẳng hạn lớn hơn hoặc bằng 6 μm , lớn hơn hoặc bằng 7 μm , hoặc lớn hơn hoặc bằng 7,5 μm . Theo một số phương án, CS_k lớn hơn hoặc bằng 115 MPa, chẳng hạn lớn hơn hoặc bằng 120 MPa. Theo một số phương án, DOC/ t lớn hơn hoặc bằng 0,185, chẳng hạn lớn hơn hoặc bằng 0,19. Theo một số phương án, PT lớn hơn hoặc bằng 78 MPa, chẳng hạn lớn hơn hoặc bằng 83 MPa. Theo một số phương án, PT có thể nhỏ hơn hoặc bằng $110 \frac{\text{MPa}}{\sqrt{t}}$, chẳng hạn nhỏ hơn hoặc bằng $100 \frac{\text{MPa}}{\sqrt{t}}$, nhỏ hơn hoặc bằng $95 \frac{\text{MPa}}{\sqrt{t}}$, nhỏ hơn hoặc bằng $90 \frac{\text{MPa}}{\sqrt{t}}$, nhỏ hơn hoặc bằng $80 \frac{\text{MPa}}{\sqrt{t}}$, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng $77 \frac{\text{MPa}}{\sqrt{t}}$. Theo một số phương án, các thủy tinh này cũng có thể là không dễ vỡ.

Theo một số phương án, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gồm: nền trên cơ sở thủy tinh có bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện nhau xác định nên độ dày nền (t), trong đó t lớn hơn hoặc bằng 0,4 mm và nhỏ hơn hoặc bằng 1,3 mm; độ dốc ứng suất tại DOC là 1,5 MPa/micron hoặc nhỏ hơn; và biên dạng ứng suất có: độ sâu nén (DOC) lớn hơn hoặc bằng 0,15 t ; và giá trị tuyệt đối của tích phân ứng suất trong một vùng nén là nằm trong khoảng từ 4 MPa*mm đến 20 MPa*mm.

t lớn hơn hoặc bằng 0,4 mm và nhỏ hơn hoặc bằng 1,3 mm, DOC lớn hơn hoặc bằng 0,15 t ; và giá trị tuyệt đối của tích phân ứng suất trong một vùng nén là nằm trong khoảng từ 4 MPa*mm đến 20 MPa*mm có thể được kết hợp với một hoặc nhiều dấu hiệu sau:

DOC lớn hơn hoặc bằng 0,16 t , 0,17 t , 0,18 t , 0,19 t , 0,195 t , và/hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,23 t , hoặc 0,22 t , bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này;

DOC lớn hơn hoặc bằng 95 micron, 110 micron, 120 micron, 130 micron, 150 micron, 160 micron, 165 micron, và/hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 300 micron, 250 micron, hoặc 200 micron, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này;

ứng suất nén (CS) đỉnh lớn hơn hoặc bằng 400 MPa, 500 MPa, 600 MPa, 970 MPa, 1030 MPa và/hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 1200 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này;

độ dốc ứng suất tại DOC là 1,4 MPa/micron hoặc nhỏ hơn, 1,3 MPa/micron hoặc nhỏ hơn, 1,25 MPa/micron hoặc nhỏ hơn, 1,14 MPa/micron hoặc nhỏ hơn, và/hoặc 0,4 MPa/micron hoặc lớn hơn, 0,5 MPa/micron hoặc lớn hơn, 0,6 MPa/micron hoặc lớn hơn, 0,65 MPa/micron hoặc lớn hơn, 0,7 MPa/micron hoặc lớn hơn, 0,75 MPa/micron hoặc lớn hơn, hoặc 0,8 MPa/micron hoặc lớn hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này;

ứng suất kéo đỉnh (PT) là 55 MPa hoặc lớn hơn, 65 MPa hoặc lớn hơn, 72 MPa hoặc lớn hơn, 75 MPa hoặc lớn hơn, 78 MPa hoặc lớn hơn, hoặc 80 MPa hoặc lớn hơn, 83 MPa hoặc lớn hơn, 74 MPa hoặc lớn hơn, 77 MPa hoặc lớn hơn, 79 MPa hoặc lớn hơn, 81 MPa, 82 MPa, 84 MPa, 86 MPa, hoặc 88 MPa, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này;

PT (tính theo đơn vị MPa) là $110/\sqrt{t}$ hoặc nhỏ hơn, trong đó t là độ dày tính theo đơn vị mm, $102/\sqrt{t}$ hoặc nhỏ hơn, $97/\sqrt{t}$ hoặc nhỏ hơn, $92/\sqrt{t}$ hoặc nhỏ hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này;

giá trị tuyệt đối của tích phân ứng suất trong một vùng nén là 6 MPa*mm hoặc lớn hơn, 7 MPa*mm hoặc lớn hơn, 8 MPa*mm hoặc lớn hơn, và/hoặc 16 MPa*mm hoặc nhỏ hơn, 15 MPa*mm hoặc nhỏ hơn, 14 MPa*mm hoặc nhỏ hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này;

giá trị tuyệt đối của tích phân ứng suất trong một vùng nén chia cho độ dày là 13 MPa hoặc lớn hơn, 14 MPa hoặc lớn hơn, hoặc 15 MPa hoặc lớn hơn và/hoặc 20 MPa hoặc nhỏ hơn, 19 MPa hoặc nhỏ hơn, 18 MPa hoặc nhỏ hơn, 17 MPa hoặc nhỏ hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này;

giá trị tuyệt đối của tích phân ứng suất trong vùng kéo là 30 MPa*mm hoặc nhỏ hơn, 28 MPa*mm hoặc nhỏ hơn, 26 MPa*mm hoặc nhỏ hơn, và/hoặc 13 MPa*mm hoặc lớn hơn, 15 MPa*mm hoặc lớn hơn, 17 MPa*mm hoặc lớn hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này;

vùng ứng suất nén gồm hai phân vùng trong đó độ dốc ứng suất trung bình trong phân vùng nông hơn là lớn hơn độ dốc ứng suất trung bình trong phân vùng sâu hơn khoảng ít nhất là 4 lần, trong đó phân vùng nông hơn có độ sâu DOL_{sp} lớn hơn 2 micron, trong đó vùng sâu hơn kéo dài từ độ sâu lớn hơn DOL_{sp} đến độ sâu lớn hơn DOL_{sp} ít nhất là 3 lần;

DOL_{sp} là 3 micron hoặc lớn hơn, 3,5 micron hoặc lớn hơn, 4 micron hoặc lớn hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này;

DOL_{sp} là 0,003t hoặc lớn hơn, 0,004t hoặc lớn hơn, 0,005t hoặc lớn hơn, 0,006t hoặc lớn hơn, và/hoặc 20 micron hoặc nhỏ hơn, 16 micron hoặc nhỏ hơn, 13 micron hoặc nhỏ hơn, 12 micron hoặc nhỏ hơn, 11 micron hoặc nhỏ hơn, và/hoặc 0,026t hoặc nhỏ hơn, 0,02t hoặc nhỏ hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này;

ứng suất tại điểm uốn CS_k ở độ sâu nằm trong khoảng từ khoảng $1,2DOL_{sp}$ đến $1,5DOL_{sp}$ trong đó CS_k là 70 MPa hoặc lớn hơn, 80 MPa hoặc lớn hơn, 90 MPa hoặc lớn hơn, 100 MPa hoặc lớn hơn, 120 MPa hoặc lớn hơn, 130 MPa hoặc lớn hơn, 140 MPa hoặc lớn hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này;

phần trong vùng ứng suất nén có đạo hàm bậc hai âm của giá trị tuyệt đối CS dưới dạng hàm số của độ sâu trong đó giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai là 0,003 MPa/micron² hoặc lớn hơn, 0,005 MPa/micron² hoặc lớn hơn, 0,007 MPa/micron² hoặc lớn hơn, 0,009 MPa/micron² hoặc lớn hơn;

giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai âm của CS xuất hiện ở độ sâu 0,01t hoặc lớn hơn, 0,015t hoặc lớn hơn, 0,020t hoặc lớn hơn, 0,040t hoặc lớn hơn, 0,050t hoặc lớn hơn, và/hoặc ở độ sâu 0,2t hoặc nhỏ hơn, hoặc 0,17t hoặc nhỏ hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này;

tích số độ dày và trị số tối đa của đạo hàm bậc hai âm của CS là 19GPa hoặc lớn hơn, 32GPa hoặc lớn hơn, 45GPa hoặc lớn hơn, 57GPa hoặc lớn hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này;

hợp phần trung tâm có độ bền chống nứt vỡ là $0,6 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$ hoặc lớn hơn, $0,7 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$ hoặc lớn hơn, $0,76 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$ hoặc lớn hơn, và/hoặc 0,9

MPa*sqrt(m) hoặc nhỏ hơn, 0,83 MPa*sqrt(m) hoặc nhỏ hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này;

hợp phần trung tâm chứa 5% mol Na₂O hoặc lớn hơn, hoặc 7% mol Na₂O hoặc lớn hơn, và/hoặc 18% mol Na₂O hoặc nhỏ hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này; và

hợp phần trung tâm chứa 0,5% mol K₂O hoặc lớn hơn, hoặc 0,3% mol K₂O hoặc lớn hơn, và/hoặc 4% mol K₂O hoặc nhỏ hơn, bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này.

Các vật phẩm thủy tinh với các biên dạng ứng suất được mô tả ở đây tạo thuận lợi cho việc cải thiện tổng thể về khả năng chống nứt vỡ khi xem xét một số kiểu hư hỏng đồng thời – ứng suất quá mức do rơi trên bề mặt cứng nhẵn (chẳng hạn kiểu hư hỏng được ngăn chặn bằng việc sử dụng vùng mũi nhọn nén bề mặt với CS cao và DOL 7 µm hoặc lớn hơn), việc làm hư hại đến độ sâu (chẳng hạn độ sâu lớn hơn hoặc bằng khoảng 90 µm) với hư hỏng do ứng suất kéo (chẳng hạn kiểu hư hỏng được ngăn chặn bằng việc có DOC gia tăng), và việc làm hư hại đối với các độ sâu trung gian (chẳng hạn các độ sâu lớn hơn hoặc bằng khoảng 30 µm đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 90 µm) kết hợp với việc uốn đồng thời hoặc tiếp theo (chẳng hạn các kiểu hư hỏng được ngăn chặn bằng việc có ứng suất nén cao tại các độ sâu trung gian và độ sâu lớn hơn, thu được trong một số trường hợp bằng các biên dạng với DOC cao và đạo hàm bậc hai âm của ứng suất nén dưới dạng hàm số của độ sâu, hoặc bằng các biên dạng với CS_k tăng và đồng thời DOC cao). Các biên dạng ứng suất được mô tả ở đây cũng cho phép gia cường hóa học nhanh (trao đổi ion) ít nhất một phần do hàm lượng lithi trong thủy tinh trước khi được trao đổi ion, và sự trao đổi ion từ natri sang lithi cho phép gia tăng nhanh DOC. Ngoài ra, sự gia tăng thêm nữa tốc độ khuếch tán ion natri cũng đạt được khi tỷ lệ mol Li₂O:Na₂O của hợp phần thủy tinh là từ lớn hơn hoặc bằng 0,3 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,5, chẳng hạn từ lớn hơn hoặc bằng 0,65 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,2; hoặc lớn hơn 0,70 và nhỏ hơn 1,1; hoặc lớn hơn 0,75 và nhỏ hơn 1,5; hoặc lớn hơn 0,75 và nhỏ hơn 1,25; hoặc lớn hơn 0,8 và nhỏ hơn 1,1, hoặc lớn hơn 0,85 và nhỏ hơn 1,05, hoặc lớn hơn 0,9 và nhỏ hơn 1.

Các biên dạng ứng suất được bộc lộ ở đây cũng có thể đạt được bằng chi phí gia cường hóa học (trao đổi ion) thấp hơn. Ví dụ, biên dạng ứng suất đồng thời có CS bề mặt, DOL_{sp} , CS_k , và DOC tương đối cao, trong thủy tinh chứa Li có độ bền chống nứt vỡ cao, thu được bằng một bước trao đổi ion, có chi phí thấp hơn một cách có lợi so với biên dạng ứng suất tương tự th được bằng quy trình trao đổi ion 2 bước.

Theo một hoặc nhiều phương án, biên dạng ứng suất của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể bao gồm vùng mũi nhọn mà có mức ứng suất nén tăng. Các biên dạng ứng suất như vậy được đặc trưng bằng việc có DOL_{sp} tăng và CS bề mặt tăng, và có thể thể hiện CS_k giảm. Các biên dạng ứng suất cải thiện khả năng chống hình thành vết nứt do ứng suất nén gia tăng trong vùng mũi nhọn, như được minh họa bằng việc tăng hiệu suất rơi đa hướng lên bề mặt gồ ghề. Không bị giới hạn bởi lý thuyết cụ thể bất kỳ, sự tăng diện tích của vùng mũi nhọn được tin là làm ngăn chặn sự hình thành các vết nứt trong các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, và có thể là một tác dụng đặc biệt rõ rệt đối với các vật phẩm có hình dạng ba chiều và các vật phẩm có độ dày giảm. Tác dụng có lợi liên quan đến sự tăng diện tích vùng mũi nhọn thể hiện là đáng kể đến mức là lượng ứng suất nén có mặt ở các độ sâu sâu hơn trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được giảm xuống và duy trì đặc tính mong muốn.

Các biên dạng “diện tích mũi nhọn lớn” có thể được đặc trưng bằng DOL_{sp} ít nhất là $0,02t$ trong đó t là độ dày của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh và/hoặc ít nhất là $10\text{ }\mu\text{m}$, kết hợp với CS_k ít nhất là 80 MPa, ứng suất nén đỉnh ít nhất là 970 MPa, và tỷ lệ giữa độ sâu nén và độ dày của vật phẩm ít nhất là 0,17. Các đặc tính này của biên dạng ứng suất có thể còn được kết hợp với các thuộc tính khác của biên dạng ứng suất được mô tả ở đây. Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm có thể có DOL_{sp} tối đa là $0,04t$, DOL_{sp} tối đa là $0,036t$, DOL_{sp} tối đa là $0,032t$, DOL_{sp} tối đa là $0,03t$, hoặc DOL_{sp} tối đa là $0,028t$. Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm có thể có DOL_{sp} tối đa là $20\text{ }\mu\text{m}$, DOL_{sp} tối đa là $19\text{ }\mu\text{m}$, DOL_{sp} tối đa là $18\text{ }\mu\text{m}$, DOL_{sp} tối đa là $17\text{ }\mu\text{m}$, DOL_{sp} tối đa là $16\text{ }\mu\text{m}$, DOL_{sp} tối đa là $15\text{ }\mu\text{m}$, hoặc DOL_{sp} tối đa là $14\text{ }\mu\text{m}$. Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm có thể có CS_k lớn hơn hoặc bằng 50 MPa, lớn hơn hoặc bằng 55 MPa, lớn hơn hoặc bằng 60 MPa, lớn hơn hoặc bằng 65 MPa, lớn hơn hoặc bằng 70 MPa, lớn hơn hoặc bằng 75 MPa, lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, lớn hơn

hoặc bằng 85 MPa, lớn hơn hoặc bằng 90 MPa, lớn hơn hoặc bằng 95 MPa, lớn hơn hoặc bằng 100 MPa, hoặc lớn hơn. Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm có thể có CS_k nhỏ hơn hoặc bằng 150 MPa, nhỏ hơn hoặc bằng 140 MPa, nhỏ hơn hoặc bằng 130 MPa, nhỏ hơn hoặc bằng 120 MPa, nhỏ hơn hoặc bằng 115 MPa, hoặc nhỏ hơn. CS_k của các vật phẩm có thể nằm trong khoảng được tạo thành từ kết hợp bất kỳ của các trị số tối thiểu và tối đa này.

Theo một hoặc nhiều phương án, các biên dạng ứng suất của các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được đặc trưng bằng việc có diện tích hình thang của vùng mũi nhọn. Diện tích hình thang của vùng mũi nhọn (TA_{sp}) có thể được tính theo công thức sau:

$$TA_{sp} = 0,5 \cdot (CS + CS_k) \cdot DOL_{sp}$$

trong đó CS là ứng suất nén đỉnh, CS_k là ứng suất nén tại điểm uốn, và DOL_{sp} là độ sâu của đỉnh. Theo một hoặc nhiều phương án, các biên dạng ứng suất được mô tả ở đây có thể được đặc trưng bằng việc trị số TA_{sp} lớn hơn hoặc bằng 4000 MPa* μ m, lớn hơn hoặc bằng 4400 MPa* μ m, lớn hơn hoặc bằng 4700 MPa* μ m, lớn hơn hoặc bằng 5000 MPa* μ m, lớn hơn hoặc bằng 5300 MPa* μ m, lớn hơn hoặc bằng 5500 MPa* μ m, lớn hơn hoặc bằng 5700 MPa* μ m, lớn hơn hoặc bằng 5800 MPa* μ m, hoặc các khoảng phụ bất kỳ được tạo thành từ các trị số này.

Như được sử dụng trong bản mô tả này, độ bền chống nứt vỡ K_{IC} được đo bằng phương pháp dầm Côngxon kép (double cantilever beam - DCB). Các giá trị K_{IC} được đo trên nền trên cơ sở thủy tinh trước khi được trao đổi ion để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Hình học của mẫu DCB được thể hiện trên Fig. 3 với các thông số là chiều dài vết rạn a , tải trọng được áp dụng P , kích thước mặt cắt ngang w và $2h$, và độ dày của rãnh dẫn hướng vết rạn b . Các mẫu được cắt theo hình chữ nhật có chiều rộng $2h = 1,25$ cm và độ dày nằm trong khoảng từ $w = 0,3$ mm đến 1 mm, với tổng chiều dài của mẫu, không phải là kích thước quan trọng, nằm trong khoảng từ 5 cm đến 10 cm. Một lỗ được khoan ở cả hai đầu bằng mũi khoan kim cương để tạo phương tiện gắn mẫu vào giá giữ mẫu và với tải trọng. “Rãnh dẫn hướng” vết rạn b được cắt theo chiều dài của mẫu trên cả hai mặt phẳng bằng cách sử dụng lưỡi cưa kẻ ô cắt lát có lưỡi bằng kim cương, để lại một “mạng lưới” vật liệu, xấp xỉ một nửa tổng độ dày của tấm (kích thước

b trên Fig. 1), với chiều cao 180 μm tương ứng với độ dày của lưới. Dung sai kích thước có độ chính xác cao của lưới cửa kẻ ô cho phép giảm thiểu sự thay đổi giữa các mẫu. Lưới cửa kẻ ô cũng được sử dụng để cắt một vết rạn ban đầu có kích thước $a = 15 \text{ mm}$. Kết quả của công đoạn cuối cùng này là tạo ra một nêm vật liệu rất mỏng gần đầu vết rạn (do độ cong của lưới) cho phép tạo vết rạn dễ dàng hơn trong mẫu. Các mẫu được gắn lên giá đỡ mẫu bằng kim loại bằng sợi dây thép ở lỗ dưới của mẫu. Các mẫu cũng được đỡ ở đầu đối diện để giữ mức mẫu trong điều kiện tải trọng thấp. Lò xo nối tiếp với cảm biến tải trọng (FUTEK, LSB200) được móc vào lỗ phía trên, sau đó được kéo dài ra, để dần dần tác dụng tải trọng, bằng cách sử dụng dây và máng trượt có độ chính xác cao. Vết nứt được theo dõi bằng kính hiển vi có độ phân giải 5 μm được gắn với máy ảnh kỹ thuật số và máy tính. Cường độ ứng suất được áp dụng, K_P , được tính bằng phương trình (III) sau đây:

$$K_P = \left[\frac{P \cdot a}{(w \cdot b)^{0,5} h^{1,5}} \right] \left[3,47 + 2,32 \frac{h}{a} \right]$$

Đối với mỗi mẫu, vết rạn đầu tiên được bắt đầu ở đầu mút của mạng lưới, và sau đó vết rạn khởi đầu được phát triển cẩn thận dưới mức tới hạn cho đến khi tỷ lệ kích thước a/h lớn hơn 1,5, như theo phương trình (III) để tính toán chính xác cường độ ứng suất. Tại thời điểm này, chiều dài vết rạn, a , được đo và ghi lại bằng kính hiển vi du lịch có độ phân giải 5 μm . Sau đó một giọt toluen được nhỏ vào rãnh nứt và dẫn dọc theo chiều dài của rãnh bằng lực mao dẫn, cố định vết rạn không di chuyển cho đến khi độ bền chống nứt vỡ đạt được. Tải trọng sau đó được tăng lên cho đến khi xảy ra nứt vỡ mẫu, và cường độ ứng suất tới hạn K_{IC} được tính từ tải trọng nứt vỡ và kích thước mẫu, với K_P tương đương với K_{IC} do phương pháp đo.

Các nền trên cơ sở thủy tinh

Các ví dụ về thủy tinh mà có thể được sử dụng làm nền có thể bao gồm các hợp phần thủy tinh nhôm silicat kiềm hoặc các hợp phần thủy tinh nhôm - bo silicat chứa kiềm, mặc dù các hợp phần thủy tinh khác cũng được dự tính. Các ví dụ cụ thể về các nền trên cơ sở thủy tinh mà có thể được sử dụng bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, thủy tinh nhôm silicat-kiềm, thủy tinh bo silicat chứa kiềm, thủy tinh nhôm bo silicat-kiềm, thủy tinh lithi nhôm silicat chứa kiềm, hoặc thủy tinh phosphat chứa kiềm. Các

nền trên cơ sở thủy tinh có các hợp phần cơ sở mà có thể được đặc trưng là có thể trao đổi ion. Như được sử dụng ở đây, "có thể trao đổi ion" có nghĩa là nền chứa hợp phần có khả năng trao đổi các cation nằm tại hoặc gần bề mặt của nền với các cation có cùng hóa trị mà có kích thước lớn hơn hoặc nhỏ hơn.

Theo một hoặc nhiều phương án, các nền trên cơ sở thủy tinh có thể chứa nhôm silicat chứa lithi.

Theo các phương án, các nền trên cơ sở thủy tinh có thể được tạo thành từ hợp phần bất kỳ có khả năng tạo thành các biên dạng ứng suất. Theo một số phương án, các nền trên cơ sở thủy tinh có thể được tạo thành từ các hợp phần thủy tinh được mô tả trong đơn tạm thời nộp tại Mỹ số 62/591,953 với tên sáng chế là "Glasses with Low Excess Modifier Content", nộp ngày 29/11/2017, toàn bộ nội dung đơn này được kết hợp ở đây bằng cách viện dẫn. Theo một số phương án, các vật phẩm thủy tinh có thể được tạo thành từ các hợp phần thủy tinh được mô tả trong đơn tạm thời nộp tại Mỹ số 62/591,958 với tên sáng chế là "Ion-Exchangeable Mixed Alkali Aluminosilicate Glasses", nộp ngày 29/11/2017, toàn bộ nội dung đơn này được kết hợp ở đây bằng cách viện dẫn.

Nền trên cơ sở thủy tinh có thể được đặc trưng bởi cách thức tạo ra nó. Ví dụ, các nền trên cơ sở thủy tinh có thể được đặc trưng là có thể tạo ra bằng phương pháp nổi (tức là, được tạo ra bằng quy trình nổi), có thể được tạo ra bằng phương pháp kéo xuôi và, cụ thể là, có thể tạo ra bằng phương pháp nung chảy hoặc kéo qua khe (tức là, được tạo ra bằng quy trình kéo xuôi như quy trình kéo nung chảy hoặc quy trình kéo qua khe).

Một số phương án của nền trên cơ sở thủy tinh được mô tả ở đây có thể được tạo thành bằng quy trình kéo xuôi. Các quy trình kéo xuôi tạo ra các nền trên cơ sở thủy tinh có độ dày đồng đều mà có các bề mặt tương đối nguyên sơ. Vì độ bền uốn trung bình của vật phẩm thủy tinh được kiểm soát bằng lượng và kích cỡ các vết nứt trên bề mặt, nên bề mặt nguyên sơ mà mới chỉ có sự tiếp xúc tối thiểu sẽ có độ bền ban đầu cao hơn. Ngoài ra, các vật phẩm thủy tinh được kéo xuôi có bề mặt rất phẳng và mịn có thể được sử dụng trong ứng dụng cuối cùng của nó mà không cần thêm việc mài và đánh bóng tồn kém.

Một số phương án của nền trên cơ sở thủy tinh có thể được mô tả là có thể được tạo ra bằng cách nung chảy (tức là, có thể được tạo ra bằng các quy trình kéo nung chảy). Quy trình nung chảy sử dụng bể kéo có kênh để tiếp nhận vật liệu thô thủy tinh nóng chảy. Kênh này có các cửa tràn mở ở phần trên, dọc theo chiều dài kênh trên cả hai phía của kênh. Khi kênh nạp đầy vật liệu nóng chảy, thủy tinh nóng chảy sẽ tràn qua các cửa tràn. Nhờ trọng lực, thủy tinh nóng chảy chảy xuống các bề mặt bên ngoài của bể kéo dưới dạng hai màng thủy tinh chảy. Các bề mặt ngoài này của bể kéo kéo dài xuống dưới và hướng vào phía trong sao cho chúng gặp nhau ở mép dưới bể kéo. Hai màng thủy tinh chảy gặp nhau ở mép này để hợp lại và tạo ra một vật phẩm thủy tinh chảy. Phương pháp kéo nung chảy có ưu điểm ở chỗ, vì hai màng thủy tinh chảy tràn trên kênh nung chảy với nhau nên không có bề mặt ngoài nào của vật phẩm thủy tinh thu được sẽ tiếp xúc với phần bất kỳ của thiết bị. Do đó, các tính chất bề mặt của vật phẩm thủy tinh được kéo nung chảy không bị ảnh hưởng bởi sự tiếp xúc này.

Một số phương án của nền trên cơ sở thủy tinh được mô tả ở đây có thể được tạo thành bằng quy trình kéo qua khe. Quy trình kéo qua khe khác với phương pháp nung kéo. Trong các quy trình kéo qua khe, vật liệu thủy tinh thô nóng chảy được cấp vào bể kéo. Đáy của bể kéo có khe mở với vòi kéo dài theo độ dài của khe này. Thủy tinh nóng chảy chảy qua khe/vòi và được kéo xuôi xuống dưới dạng vật phẩm thủy tinh liên tục và chuyển vào vùng ủ.

Theo một hoặc nhiều phương án, nền trên cơ sở thủy tinh được mô tả ở đây có thể thể hiện vi cấu trúc vô định hình và có thể về cơ bản không chứa tinh thể hoặc mầm tinh thể. Nói cách khác, các vật phẩm nền trên cơ sở thủy tinh ngoại trừ các vật liệu thủy tinh-gốm theo một số phương án thực hiện.

Xử lý trao đổi ion (IOX)

Sự gia cường hóa học nền thủy tinh có hợp phần cơ sở được thực hiện bằng cách đặt nền thủy tinh có thể trao đổi ion trong bể nóng chảy chứa các cation (ví dụ, K^+ , Na^+ , Ag^+ , v.v.) mà khuếch tán vào thủy tinh trong khi các ion kiềm nhỏ hơn (ví dụ, Na^+ , Li^+) của thủy tinh khuếch tán ra ngoài vào bể nóng chảy. Việc thay thế các cation nhỏ hơn bằng các cation lớn hơn tạo ra các ứng suất nén gần bề mặt đỉnh của thủy tinh.

Các ứng suất kéo được tạo ra ở bên trong của thủy tinh để cân bằng với các ứng suất nén gần bề mặt.

Liên quan đến các quy trình trao đổi ion, chúng có thể độc lập là quy trình khuếch tán bằng nhiệt hoặc quy trình khuếch tán bằng điện. Các ví dụ không giới hạn về các quy trình trao đổi ion trong đó thủy tinh được ngâm vào các bể trao đổi đa ion, với các bước rửa và/hoặc ủ giữa các lần ngâm, đã được mô tả trong patent Mỹ số 8,561,429, của tác giả Douglas C. Allan et al., cấp ngày 22/10/2013, tên sáng chế là "Glass with Compressive Surface for Consumer Applications," và yêu cầu quyền ưu tiên từ đơn tạm thời nộp tại Mỹ số 61/079,995, nộp ngày 11/07/2008, trong đó thủy tinh được gia cường bằng cách ngâm nhiều lần, liên tiếp, xử lý trao đổi ion trong các bể muối có nồng độ khác nhau; và patent Mỹ số 8,312,739, của Christopher M. Lee et al., cấp ngày 20/11/2012, và có tên sáng chế là "Dual Stage Ion Exchange for Chemical Strengthening of Glass," và yêu cầu quyền ưu tiên từ đơn tạm thời nộp tại Mỹ số 61/084,398, nộp ngày 29/07/2008, trong đó thủy tinh được gia cường bằng cách trao đổi ion trong bể thứ nhất được pha loãng với ion dòng chảy ra, sau đó ngâm trong bể thứ hai có nồng độ ion dòng chảy ra nhỏ hơn bể thứ nhất. Toàn bộ nội dung của các patent Mỹ số 8,561,429 và 8,312,739 được kết hợp vào đây bằng cách viện dẫn.

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

Sản phẩm cuối

Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được bộc lộ trong bản mô tả này có thể được kết hợp vào trong một vật phẩm khác như vật phẩm có màn hiển thị (hoặc các vật phẩm hiển thị) (ví dụ, các thiết bị điện tử dân dụng, bao gồm điện thoại di động, máy tính bảng, máy tính, hệ thống dẫn đường, và các thiết bị tương tự), các vật phẩm kiến trúc,

các vật phẩm vận tải (ví dụ, ô tô, tàu, máy bay, tàu biển, v.v.), các vật phẩm gia dụng, hoặc vật phẩm bất kỳ mà yêu cầu độ trong suốt, tính chống xước, khả năng chịu mài mòn hoặc kết hợp của chúng. Vật phẩm làm ví dụ tích hợp vật phẩm thủy tinh bất kỳ trong số các vật phẩm thủy tinh được bộc lộ ở đây được thể hiện trên các Fig. 4A và 4B. Cụ thể là, các Fig. 4A và 4B thể hiện thiết bị điện tử dân dụng 200 bao gồm vỏ 202 có mặt trước 204, mặt sau 206, và các mặt bên 208; các cấu kiện điện tử (không được thể hiện) mà ít nhất một phần ở bên trong hoặc toàn bộ ở bên trong vỏ và bao gồm ít nhất bộ phận điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị 210 tại hoặc liền kề với mặt trước của vỏ; và nền che phủ 212 tại hoặc trên mặt trước của vỏ sao cho nó ở trên bộ phận hiển thị. Theo một số phương án thực hiện, nền che phủ 212 có thể chứa vật phẩm thủy tinh bất kỳ trong các vật phẩm thủy tinh được bộc lộ ở đây.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các phương án thực hiện sẽ được làm rõ hơn bởi các ví dụ dưới đây. Cần hiểu rằng các ví dụ này không giới hạn ở các phương án được mô tả trên đây.

Các tấm thủy tinh được tạo thành có hợp phần thủy tinh lithi-nhôm silicat theo Hợp phần A hoặc Hợp phần B. Hợp phần A như được tạo thành và phân tích bao gồm: 63,70% mol SiO_2 , 0,39% mol B_2O_3 , 16,18% mol Al_2O_3 , 8,10% mol Na_2O , 0,53% mol K_2O , 8,04% mol Li_2O , 0,33% mol MgO , 0,01% mol TiO_2 , 0,02% mol Fe_2O_3 , 0,05% mol SnO_2 , và 2,64% mol P_2O_5 . Hợp phần B như được tạo thành và phân tích bao gồm: 63,60% mol SiO_2 , 15,67% mol Al_2O_3 , 10,81% mol Na_2O , 6,24% mol Li_2O , 1,16% mol ZnO , 0,04% mol SnO_2 , và 2,48% mol P_2O_5 .

Ví dụ 1-29 – Các vật phẩm thủy tinh trên cơ sở Hợp phần A

Các vật phẩm thủy tinh được tạo thành từ Hợp phần A và được trao đổi ion theo các điều kiện được mô tả trong Bảng 1 dưới đây.

Bảng 1

Ví dụ	t , mm	3D Y/N	NaNO_3 / KNO_3 / LiNO_3 trong bước 1 theo khối lượng	Nhiệt độ (°C) trong bước 1	Thời gian trong bước 1, giờ	NaNO_3 / KNO_3 / LiNO_3 trong bước 2, theo khối lượng	Nhiệt độ (°C) trong bước 2	Thời gian trong bước 2, giờ
-------	-------------	-----------	---	---	---	--	---	--

1	0,5	3D Y	38/62/0	390	2	-	-	-
2	0,5	3D Y	38/62/0	390	2	1/99/0	370	0,33
3	0,5	3D Y	38/62/0	390	2	5/95/0	380	0,33
4	0,5	3D Y	38/62/0	390	2	6/94/0	380	0,33
5	0,5	2D, N	38/62/0	390	1,16	-	-	-
6	0,5	N	38/62/0	390	1,16	6/94/0	380	0,5
7	0,5	N	38/62/0	390	1,16	6/94/0	380	0,5
8	0,5	N	50/50/0	380	1,93	-	-	-
9	0,5	N	50/50/0	380	1,93	6/94/0	370	0,55
10	0,6	N	50/50/0	390	2	-	-	-
11	0,6	N	50/50/0	390	2	6/94/0	380	0,4
12	0,6	3D Y	50/50/0	390	2,23	6/94/0	380	0,5
13	0,7	N	50/50/0	390	1,5	-	-	-
14	0,7	N	50/50/0	380	2,13	-	-	-
15	0,7	N	50/50/0	390	1,5	6/94/0	380	0,5
16	0,7	N	50/50/0	380	2,13	6/94/0	380	0,5
17	0,8	N	75/25/0,9	390	4			
18	0,8	N	75/25/0,9	390	4	2/98/0	380	0,5
19	0,8	N	75/25/0,9	390	4	2/98/0,5	380	0,5
20	0,8	N	75/25/0,2	390	3,75	-	-	-
21	0,8	N	75/25/0,2	390	3,75	4/96/0,3	380	0,42
22	0,8	N	75/25/0	390	3,5	4/96/0,3	380	0,5
23	0,8	N	75/25/0,3	390	3,75	0,5/99,5/0	380	0,33
24	0,8	N	38/62/0	380	4,1	-	-	-
25	0,8	N	38/62/0	380	4,1	0,5/99,5/0	380	0,33
26	0,8	N	12/88/0	380	1,55	-	-	-
27	0,8	N	12/88/0	380	2,55	-	-	-
28	0,8	N	15/85/0	380	2,9	-	-	-
29	0,8	N	75/25/0,3	390	3,75	0,5/99,5/0	380	0,33

Các vật phẩm thủy tinh được tạo thành theo Bảng 1 được phân tích về ứng suất nén đỉnh (CS_{max}), độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}), ứng suất nén tại điểm uốn (CS_k), độ sâu nén (DOC), và ứng suất kéo đỉnh (PT). Các kết quả được nêu trong bảng 2. Trong các ví dụ, CS_{max} và DOL_{sp} được đo bằng dụng cụ đo ứng suất bề mặt (FSM). CS_k được đo bằng phương pháp theo đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số 16/015776, nộp ngày 22/06/2018, mà được kết hợp vào đây bằng cách viện dẫn. Biên dạng ứng suất và DOC được đo bằng phương pháp trường gần khúc xạ (Refracted near-field - RNF). PT và trị số lưu ứng suất được đo bằng kỹ thuật nghiệm phân cực ánh sáng tán xạ (SCALP). Trong bảng 2, sự biến thiên khả dĩ về các trị số CS có thể là ± 25 MPa và sự biến thiên DOL có thể là khoảng $\pm 0,2$ μm , do các giới hạn chính xác của hệ thống đo.

Bảng 2

Ví dụ	CS_{max} MPa	DOL_{sp} micron	CS_k MPa	DOC μm	PT MPa
1	581	8,95	170-180	97	91,1
2	1100	8,25	108	99	85,9
3	890	8,9	142	98	88,8
4	877	8,9	159	98	88,3
5	613	7,8	176	98	84,4
6	853	8,3	108	99	79,8
7	857	8,1	122,7	98,5	80,5
8	552	8,64	167	98	91,8
9	851	8,36	116	99,7	84,6
10	565	9,06	185-190	115,2	90
11	903	8,36	135	119	88,6
12	911	8,2			
13	585	8,6	202	128	82
14	580	8,95			85
15	904	8,4	149	136,6	82
16	911	8,5	145		85

17	373	11,6	164		83-85
18	1035	7,9	166	154	85,3
19	848	8,3	95	170	78,6
20	440	11,6	221		89,3
21	839	8,7	130	163	83,4
22	853	8,5	129	165	84,9
23	1152	7,7	140-150		85,1
24	615	11,9	194		
25	1146	10,7	133	158	84,3
26	796	8,6	140-150		56,3
27	792	11,1	140	149	66
28	760	11,6	151	153	72,8
29	1137	7,7	169	159	91

Các biên dạng ứng suất và các DOC trong bảng 2 được sử dụng để tính các trị số sau, các trị số này được tổng kết trong bảng 3: giá trị tuyệt đối của độ dốc tại DOC (MPa/ μm), giá trị tuyệt đối của tích phân ứng suất của vùng nén bên ngoài (MPa*mm), giá trị tuyệt đối của tích phân ứng suất của vùng kéo (MPa*mm), phần trăm của độ sâu nén tính trên độ dày (DOC/t), và tích phân ứng suất nén trên độ dày (tích phân CS/t) (MPa).

Bảng 3

Ví dụ	Giá trị tuyệt đối của độ dốc tại DOC MPa/ μm	Giá trị tuyệt đối của tích phân ứng suất tại vùng nén bên ngoài MPa*mm	Giá trị tuyệt đối của tích phân ứng suất của vùng kéo MPa*mm	DOC/t	Tích phân CS/t MPa
-------	--	---	---	-------	-----------------------

1	1,15	8,85	17,7	0,194	17,70
2	1,08	8,46	16,9	0,198	16,92
3	0,95-1,1	8,435	16,9	0,196	16,87
4	-	8,59	17,2	0,196	17,18
5	1,11	8,32	16,6	0,196	16,64
6	0,93	7,58	15,2	0,198	15,16
7	0,95-1,1	8,3	16,6	0,197	16,60
8	1,22	9,19	18,4	0,196	18,38
9	1,05	8,2	16,4	0,199	16,40
10	1,06	11,05	22,1	0,192	18,42
11	1,06	10,81	21,6	0,198	18,02
12					
13	0,95	12,4	24,8	0,183	17,71
14		12,75	25,5		18,21
15	0,84	11,6	23,2	0,195	16,57
16		12,3	24,6		17,57
17					
18				0,193	
19	0,65	11,7	23,4	0,213	14,63
20					
21	0,75	13,48	27	0,204	16,85
22				0,206	
23					
24					
25	0,67	13,5	27	0,198	16,88
26					
27	0,68	12,1	24,2	0,186	15,13

28	0,7	12,6	25,2	0,191	15,75
29	0,75	14,62	29,2	0,199	18,28

Biên dạng ứng suất minh họa cho ví dụ 2 được thể hiện trên Fig. 5. Biên dạng ứng suất trên Fig. 5 là nửa thứ nhất của vật phẩm thủy tinh được gia cường hóa học có độ dày 0,5mm. Biên dạng ứng suất trên Fig. 5 thu được bằng quy trình trao đổi ion hai bước sau khi xử lý nhiệt tấm thủy tinh có hợp phần A ở nhiệt độ 580°C trong 15 phút để tạo tấm thủy tinh thành hình dạng 3 chiều (tạo hình 3D). Bước thứ nhất của quy trình trao đổi ion là ngâm mẫu trong bể muối chứa khoảng 38% khối lượng NaNO_3 và khoảng 62% khối lượng KNO_3 ở 390°C trong 2 giờ. Bước thứ hai của quy trình trao đổi ion là ngâm trong bể muối chứa khoảng 1% khối lượng NaNO_3 và khoảng 99% khối lượng KNO_3 ở 370°C trong 20 phút. Biên dạng ứng suất thu được, như được thể hiện trên Fig. 5, có $\text{CS}_{\max}$ là 1100 MPa, ứng suất tại điểm uốn CS_k là 108 MPa, DOL_{sp} là 8,25 μm , và DOC là 99 μm tương ứng với 0,198t.

Biên dạng ứng suất sau bước trao đổi ion thứ nhất (ví dụ 1) có $\text{CS}_{\max}$ là 581 MPa xuất hiện ở bề mặt, DOL_{sp} ở 8,95 μm , CS_k nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 170 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 180 MPa, DOC ở 97 μm tương ứng với 0,194t, và PT là 91,1 MPa. Tích phân ứng suất trong vùng kéo là 17,7 MPa*mm, và mỗi vùng trong hai vùng ứng suất nén có tích phân của ứng suất theo độ sâu là khoảng một nửa của trị số tích phân ứng suất trong vùng kéo, tính theo giá trị tuyệt đối. Giá trị tuyệt đối của độ dốc của biên dạng ứng suất tại DOC là 1,15 MPa/micron.

Theo ví dụ khác, tấm thủy tinh với lịch sử xử lý nhiệt và sự trao đổi ion bước thứ nhất giống như ví dụ 1 được đem trao đổi ion bước thứ hai trong bể chứa 6% khối lượng NaNO_3 và khoảng 94% khối lượng KNO_3 ở 380°C trong 20 phút theo ví dụ 4. Biên dạng ứng suất thu được sau bước thứ hai có CS tối đa là 877 MPa xuất hiện trên bề mặt, DOL_{sp} là 8,9 μm , CS_k là 159 MPa, PT là 88,3 MPa, và DOC là 98 μm tương đương với 0,196t.

Theo ví dụ khác, tấm thủy tinh với lịch sử xử lý nhiệt và sự trao đổi ion bước thứ nhất giống như ví dụ 1 được đem trao đổi ion bước thứ hai trong bể chứa 5% khối lượng

NaNO_3 và khoảng 95% khối lượng KNO_3 ở 380°C trong 20 phút theo ví dụ 3. Biên dạng ứng suất thu được có CS_{max} ở bề mặt là 890 MPa, DOL_{sp} ở 8,9 μm , và CS_k là 142 MPa. Ứng suất kéo đỉnh PT và DOC lần lượt là khoảng 88,8 MPa, và 98 μm .

Biên dạng ứng suất minh họa được thể hiện trên Fig. 6. Biên dạng ứng suất trên Fig. 6 được tạo thành trên tấm thủy tinh có độ dày 0,6 mm (Hợp phần A) với lịch sử nhiệt nung-kéo. Tấm thủy tinh được trao đổi ion ở 390°C trong 2 giờ trong bể chứa khoảng 50% khối lượng NaNO_3 và 50% khối lượng KNO_3 theo ví dụ 10. Biên dạng ứng suất thu được thể hiện CS tối đa là 565 MPa ở bề mặt, DOL_{sp} là 9,06 μm , CS_k nằm trong khoảng từ 185 đến 190 MPa, DOC là 115,2 μm , DOC/t là 0,192, và PT là 90 MPa. Tích phân dưới toàn bộ vùng kéo là khoảng 22,1 $\text{MPa}\cdot\text{mm}$. Các vùng nén có giá trị tuyệt đối của tích phân ứng suất theo độ sâu là khoảng 11,05 $\text{MPa}\cdot\text{mm}$. Giá trị tuyệt đối của độ dốc của biên dạng ứng suất tại DOC là 1,06 $\text{MPa}/\mu\text{m}$.

Biên dạng ứng suất minh họa được thể hiện trên Fig. 7 theo ví dụ 11. Biên dạng ứng suất trên Fig. 7 được tạo thành trên tấm thủy tinh có độ dày 0,6 mm (Hợp phần A). Biên dạng ứng suất này thu được thông qua việc trao đổi ion hai bước. Bước trao đổi ion thứ nhất là ngâm trong bể ở 390°C trong 2 giờ, bể này chứa khoảng 50% khối lượng NaNO_3 và 50% khối lượng KNO_3 . Biên dạng ứng suất sau bước trao đổi ion thứ nhất là giống như biên dạng được thể hiện trên Fig. 6. Bước trao đổi ion thứ hai là ngâm trong bể ở 380°C trong 0,4 giờ, bể này chứa khoảng 6% khối lượng NaNO_3 và 94% khối lượng KNO_3 . Biên dạng ứng suất thu được có CS bề mặt là 903 MPa, DOL_{sp} là 8,36 μm , DOC là 119 μm , DOC/t là 0,198, CS_k là 135 MPa, và PT là 88,6 MPa. Giá trị tuyệt đối của độ dốc của biên dạng ứng suất tại DOC là 1,06 $\text{MPa}/\mu\text{m}$. Giá trị tuyệt đối của tích phân ứng suất trong vùng kéo là 21,6 $\text{MPa}\cdot\text{mm}$, trong khi giá trị tuyệt đối của tích phân ứng suất đối với mỗi vùng trong hai vùng nén là 10,81 $\text{MPa}\cdot\text{mm}$.

Biên dạng ứng suất minh họa được thể hiện trên Fig. 9. Biên dạng ứng suất trên Fig. 9 được tạo ra trong tấm thủy tinh có độ dày 0,8 mm với hợp phần A. Tấm thủy tinh này được đem xử lý trao đổi ion hai bước như đối với ví dụ 21 trong bảng 1. Biên dạng ứng suất thu được, như được thể hiện trên Fig. 9, có CS tối đa là 839 MPa, DOL_{sp} là 8,7 μm , DOC là 163 μm , DOC/t là 0,204, PT là 83,4 MPa, và CS_k là 130 MPa. Độ dốc của biên dạng ứng suất ở DOC là 0,75 $\text{MPa}/\mu\text{m}$, và tích phân CS trong vùng nén là

13,48 MPa·mm. Tích phân CS được chuẩn hóa theo độ dày là 16,85 MPa. Ứng suất nén trong vùng có độ sâu từ 16 μm đến 32 μm (0,02*t* đến 0,04*t*) được thay đổi dần dần từ 120 MPa đến 114 MPa, với giá trị tuyệt đối độ dốc trung bình là khoảng 0,19 MPa/ μm .

Biên dạng ứng suất minh họa được thể hiện trên Fig. 10. Biên dạng ứng suất trên Fig. 10 được tạo ra trong tấm thủy tinh có độ dày 0,8 mm với hợp phần A. Tấm thủy tinh này được đem xử lý trao đổi ion như đối với ví dụ 19 trong bảng 1. Fig. 10 còn bao gồm biên dạng ứng suất đối với ví dụ 21 và biên dạng ứng suất được tạo ra trong tấm thủy tinh với hợp phần B. Ba biên dạng ứng suất được thể hiện trên Fig. 10 về cơ bản là giống như trong vùng mũi nhọn (khoảng 10 μm đầu tiên). Biên dạng ứng suất của ví dụ 19 thể hiện CS tối đa là 848 MPa tại bề mặt, DOL_{sp} là 8,3 μm , PT là 78,6 MPa, và DOC là 170 μm tương đương với 0,213*t*. Biên dạng ứng suất của ví dụ 19 khớp với CS của biên dạng của hợp phần B ở 30 μm đầu tiên, nhưng sau đó ở độ sâu sâu hơn từ 30 μm đến 225 μm (từ khoảng 0,04*t* đến khoảng 0,28*t*) là nằm trên biên dạng của thủy tinh trong lĩnh vực kỹ thuật xét về CS dưới dạng hàm số của độ sâu. Khác biệt là lớn nhất ở khoảng độ sâu từ 80 μm đến 120 μm . Biên dạng ứng suất của ví dụ 19 có đạo hàm bậc hai âm tối đa của CS xuất hiện ở độ sâu khoảng 63 μm (0,08*t*) với giá trị tuyệt đối là 10^{-2} MPa/ μm^2 .

Biên dạng ứng suất minh họa được thể hiện trên Fig. 11. Biên dạng ứng suất trên Fig. 11 được tạo ra theo các chi tiết của ví dụ 29 trong bảng 1. Biên dạng ứng suất thu được có CS tối đa là 1137 MPa, DOC là 159 μm , DOC/t là 0,199, CS_k là 169 MPa, PT là 91 MPa, và DOL_{sp} là 7,7 μm . Biên dạng ứng suất còn thể hiện độ dốc ứng suất tại DOC là 0,75 MPa/ μm , tích phân CS trong vùng nén là 14,62 MPa·mm, mà tương ứng với 18,28 MPa khi được chuẩn hóa theo độ dày. Biên dạng ứng suất thu được sau bước trao đổi ion thứ nhất ở 390°C trong 3,75 giờ trong bể có tỷ lệ NaNO_3 , KNO_3 , và LiNO_3 theo khối lượng là 75:25:0,3. Bước trao đổi ion thứ hai là ngâm 20 phút trong bể có khoảng 0,5% khối lượng NaNO_3 và 99,5% khối lượng KNO_3 , mà không bổ sung LiNO_3 bất kỳ. Các biên dạng ứng suất với PT thấp hơn (80-86 MPa), CS thấp hơn (950-1100 MPa), và CS_k thấp hơn (120-160 MPa) có thể thu được với sự tăng nhẹ hàm lượng LiNO_3 (0,1%-0,2% khối lượng) hoặc bằng cách kéo dài thời gian của bước trao đổi ion thứ hai lên đến 35 phút hoặc lâu hơn, hoặc bằng cách giảm nhẹ NaNO_3 (từ 0,5% khối

lượng đến 0,3-0,4% khối lượng) và tăng LiNO_3 trong bước thứ hai (từ 0 đến 0,1-0,2% khối lượng). Sự thay thế LiNO_3 cho NaNO_3 có thể được sử dụng để giảm PT và CS_k, trong khi duy trì CS tối đa khoảng 1100 MPa.

Biên dạng ứng suất minh họa được thể hiện trên Fig. 12. Biên dạng ứng suất trên Fig. 12 được tạo ra theo các chi tiết của ví dụ 25 trong bảng 1. Biên dạng ứng suất thu được thể hiện kết hợp của CS tối đa là 1146 MPa, DOL_{sp} là 10,8 μm , CS_k là 133 MPa, PT là 84,4 MPa, và DOC là 158 μm tương đương với DOC/t là 0,198. Tích phân CS trong vùng nén là 13,5 MPa·mm, mà được chuẩn hóa theo độ dày là bằng với 16,9 MPa. Độ dốc tại DOC là 0,67 MPa/ μm . DOL_{sp} cao kết hợp với CS cao giúp ngăn ngừa sự nứt vỡ do ứng suất cao ở các thiết kế mà có xu hướng tạo ra ứng suất cục bộ đáng kể trong sự kiện rơi. Ngoài ra, kết hợp của CS tối đa cao và DOL_{sp} cao với CS_k và DOC tương đối cao là đặc biệt có giá trị trong các trường hợp như vậy.

Ví dụ 30 – Vật phẩm thủy tinh dựa trên hợp phần B

Biên dạng ứng suất minh họa được thể hiện trên Fig. 8. Biên dạng ứng suất trên Fig. 8 được tạo ra trên tấm thủy tinh có độ dày 0,6 mm với hợp phần B. Tấm thủy tinh này được xử lý nhiệt ở nhiệt độ 580°C trong 15 phút để tạo tấm thủy tinh thành hình dạng 3 chiều (tạo hình 3D). Sau đó tấm thủy tinh được đem xử lý trao đổi ion hai bước. Bước thứ nhất của quy trình trao đổi ion là ngâm mẫu trong bể muối chứa khoảng 38% khối lượng NaNO_3 và khoảng 62% khối lượng KNO_3 ở 380°C trong 2 giờ. Bước thứ hai của quy trình trao đổi ion là ngâm trong bể muối chứa khoảng 1% khối lượng NaNO_3 và khoảng 99% khối lượng KNO_3 ở 370°C trong 20 phút. Biên dạng ứng suất thu được, như được thể hiện trên Fig. 8, có CS tối đa là 1125 MPa, DOL_{sp} là 9,1 μm , và DOC là 113 μm , PT là 70,4 MPa ở khoảng giữa độ dày của vật phẩm thủy tinh. Ứng suất nén trong vùng sâu từ 13 μm đến 30 μm thay đổi dần dần từ 76 MPa đến 71 MPa, và chỉ thay đổi khoảng 2 MPa trong khoảng từ 13 μm đến 23 μm (tương ứng với độ dốc trung bình khoảng 0,2 MPa/ μm). Khi so sánh, biên dạng ứng suất trên Fig. 5 đối với hợp phần A thể hiện trị số ứng suất lớn hơn trên 20 MPa trong vùng này, mặc dù có độ dày vật phẩm thủy tinh thấp hơn.

Ví dụ 31 – Lập mô hình

Tác dụng của ứng suất tại điểm uốn CS_k đối với độ bền giữ của vật phẩm thủy tinh được phân tích. Fig. 13 tạo ra các biên dạng ứng suất mà được lấy làm mô hình khuếch tán sử dụng mô hình trao đổi ion (IOX) biến dạng phẳng hai chiều (2D), mà dựa vào sự lập mô hình khác biệt hữu hạn đối với vật phẩm thủy tinh có hợp phần B với CS_k tăng (260 MPa) và vật phẩm thủy tinh chuẩn có hợp phần B với CS_k thấp hơn (150 MPa), cả hai đều có độ dày 0,8 mm. Fig. 13 thể hiện ứng suất nén (MPa) theo độ sâu (micron) của vật phẩm khi được gia cường bằng quá trình trao đổi ion mô phỏng. Độ bền giữ đề cập đến ứng suất uốn tối đa mà có thể được áp dụng cho vật phẩm thủy tinh với sự có mặt của vết rạn ở độ sâu nhất định trước khi yếu tố cường độ ứng suất tại điểm rạn đạt đến độ bền chống nứt vỡ của vật liệu và vết rạn lan rộng mạnh. Đồ thị độ bền giữ cung cấp thông tin chi tiết về tiềm năng giảm tính năng của thiết bị. Fig. 14 cung cấp đồ thị của độ bền giữ (MPa) theo độ dài vết nứt (micron) thu được sau khi kiểm hư hỏng mô phỏng thả rơi đồng thời lên mặt gồ ghề và tạo sự hư hại do tiếp xúc với vật nhọn được tạo mô hình bằng cách lập mô hình cơ học vết nứt vỡ yếu tố hữu hạn. Trên Fig. 14, thấy rằng đối với các vết nứt và/hoặc các vết rạn có độ dài khoảng 180 micron hoặc nhỏ hơn, biên dạng CS_k cao hơn có diện tích dưới đường cong lớn hơn, điều này chỉ ra rằng biên dạng CS_k cao hơn có thể xử lý ứng suất uốn lớn hơn so với vật phẩm thủy tinh chuẩn đối với chiều dài vết nứt và/hoặc vết rạn khoảng 180 micron hoặc nhỏ hơn.

Điểm uốn của đồ thị độ bền giữ trên Fig. 14 xuất hiện đối với các vết nứt mà có chiều dài lớn hơn khoảng 20 micron so với độ sâu của điểm uốn trong biên dạng ứng suất nén của Fig. 13. Độ lớn của sự gia tăng ứng suất nén ở điểm uốn tương ứng gần như 1-1 với sự tăng độ bền giữ đối với các vết nứt trong vùng khoảng 30 micron. Ứng suất tại điểm uốn cao hơn tương ứng với độ bền giữ cao hơn tính đến điểm giao nhau của các đồ thị (~ 180 micron). Không giới hạn bởi giả thuyết bất kỳ, đồ thị ứng suất tại điểm uốn cao hơn được cho là có độ bền thấp hơn đối với các vết nứt dài nhất do sự gia tăng nhanh hơn về ứng suất kéo vượt trên độ sâu nén. Lưu ý rằng hiếm khi quan sát thấy hư hỏng đối với ứng suất áp dụng trong vùng mà biên dạng của hợp phần B tiêu chuẩn

đã gia tăng độ bền giữ trên biên dạng ứng suất tại điểm uốn cao. Biên dạng ứng suất tại điểm uốn cao có độ bền cao hơn, mà giảm xuống cho đến khi đạt đến điểm cắt ngang.

Ví dụ 32 – Thử nghiệm và lập mô hình

Các biên dạng ứng suất như được mô tả ở đây được tạo thành trong tấm thủy tinh có hợp phần A, và tấm thủy tinh có hợp phần B, mỗi tấm có độ dày 0,6 mm. Các biên dạng ứng suất đo được của ứng suất nén (MPa) theo độ sâu (micron) được thể hiện trên Fig. 15, và độ bền giữ kết hợp được thể hiện trên Fig. 16 được tạo ra theo ví dụ 31. Các hợp phần A và B thể hiện độ sâu nén (DOC) giống nhau mà trước điểm đó hợp phần A có ứng suất nén cao hơn và sau điểm đó hợp phần B có ứng suất nén cao hơn. Hợp phần A thể hiện độ bền giữ cao hơn đối với độ dài vết nứt lên tới khoảng 180 micron. Việc xem xét các ví dụ 31 và 32 chỉ ra rằng đối với các biên dạng có cùng DOC, điểm giao độ bền giữ là gần như không đổi độc lập với ứng suất tại điểm uốn.

Ví dụ 33 – Thử nghiệm và lập mô hình

Các biên dạng ứng suất như được mô tả ở đây được tạo thành trong tấm thủy tinh có hợp phần A, và tấm thủy tinh có hợp phần B, mỗi tấm có độ dày 0,8 mm. Các biên dạng ứng suất đo được của ứng suất nén (MPa) theo độ sâu (micron) được thể hiện trên Fig. 17, và độ bền giữ kết hợp được thể hiện trên Fig. 18 được tạo ra theo ví dụ 30. Có thể thấy được trên Fig. 17 rằng hợp phần A có ứng suất nén cao hơn cho đến điểm ứng suất nén giữa. Biểu đồ độ bền giữ, được thể hiện trên Fig. 18, phản ánh điều này. Độ bền của hợp phần A là tốt hơn qua biên dạng này.

Ví dụ 34 – Thử nghiệm và lập mô hình

Khả năng tồn tại đối với các biên dạng ứng suất được thể hiện trên các Fig. 15 và 17 được xác định và được thể hiện trên Fig. 19. Xác suất hư hỏng được tạo ra dựa trên mô hình cơ học nứt vỡ và sự hiểu biết về các hư hỏng dựa trên các kết quả trong lĩnh vực. Fig. 19 thể hiện rằng đối với cả hai độ dày 0,6 mm và 0,6 mm, các khác biệt về ứng suất nén (theo các Fig. 15 và 17), thậm chí nếu không rất lớn, chỉ ra rằng hiệu ứng tích tụ sẽ dẫn đến cải thiện đặc tính của hợp phần A trong lĩnh vực dựa trên các hiểu biết về các hư hỏng trong lĩnh vực.

Ví dụ 35-57 – Các vật phẩm thủy tinh trên cơ sở hợp phần A

Các vật phẩm thủy tinh được tạo thành từ Hợp phần A và được trao đổi ion theo các điều kiện được mô tả trong Bảng 4 dưới đây.

Bảng 4

Ví dụ	t , mm	3D Y/N	NaNO ₃ / KNO ₃ /LiNO ₃ trong bước 1 theo khối lượng	Nhiệt độ (°C) trong bước 1	Thời gian trong bước 1, giờ	NaNO ₃ / KNO ₃ /LiNO ₃ trong bước 2, theo khối lượng	Nhiệt độ (°C) trong bước 2	Thời gian trong bước 2, giờ
35	0,78	N	75/24,8/0,2	390	225	4/95,7/0,3	380	25
36	0,78	N	75/24,8/0,2	390	225	3/97/0	380	35
37	0,78	N	75/24,8/0,2	390	225	3/97/0	380	40
38	0,55	Y	38/62/0	390	127	6/94/0	380	28
39	0,77	N	75/24,8/0,2	390	225	4/95,7/0,3	380	25
40	0,67	N	50/50/0	390	125	6/94/0	380	30
41	0,57	N	38/62/0	390	95	6/94/0	380	22
42	0,67	Y	38/62/0	390	101	6/94/0	380	30
43	0,57	Y	50/50/0	390	134	6/94/0	380	30
44	0,6	Y	50/50/0	390	134	6/94/0	380	30
45	0,6	Y	50/50/0	385	160	6/94/0	380	30
46	0,5	Y	38/62/0	390	120	6/94/0	380	20
47	0,5	Y	38/62/0	390	105	6/94/0	380	20
48	0,5	Y	37/63/0	385	115	6/94/0	375	20
49	0,55	N	38/62/0	380	87	6/94/0	370	33
50	0,55	Y	38/62/0	390	127	6/94/0	380	20
51	0,6	Y	50/50/0	390	134	1/99/0	375	20
52	0,5	Y	37/63/0	385	115	1/99/0	375	20
53	0,75	N	75/24,8/0,2	390	225	4/95,7/0,3	380	25
54	0,56- 0,58	Y	50/50/0	390	134	6/94/0	380	30

55	0,7	N	50/50/0	390	125	6/94/0	380	20
56	0,7	N	50/50/0	390	125	6/94/0	380	20
57	0,7	N	50/50/0	390	125	6/94/0	380	20

Các vật phẩm thủy tinh được tạo thành theo Bảng 4 được phân tích về ứng suất nén đỉnh (CS_{max}), độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}), ứng suất nén tại điểm uốn (CS_k), độ sâu nén (DOC), và ứng suất kéo đỉnh (PT). Các kết quả được nêu trong bảng 5. Trong các ví dụ, CS_{max} và DOL_{sp} được đo bằng dụng cụ đo ứng suất bề mặt (FSM). CS_k được đo bằng phương pháp theo đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số 16/015776, nộp ngày 22/06/2018, mà được kết hợp vào đây bằng cách viện dẫn. Biên dạng ứng suất và DOC được đo bằng phương pháp trường gần khúc xạ (Refracted near-field - RNF). PT và trị số lưu ứng suất được đo bằng kỹ thuật nghiệm phân cực ánh sáng tán xạ (SCALP). Trong bảng 5, sự biến thiên khả dĩ về các trị số CS có thể là ± 25 MPa và sự biến thiên DOL có thể là khoảng $\pm 0,2$ μm , do các giới hạn chính xác của hệ thống đo.

Bảng 5

Ví dụ	CS_{max} MPa	DOL_{sp} micron	CS_k MPa	DOC μm	PT MPa
35	859,2	8,3	136,0	166,4	84,2
36	800,0	8,3	150,6	160,1	84,1
37	700-750	8,3	150,6	160,1	84,1
38	875,9	9,0	133,5	109,8	90,5
39	859,2	8,3	136,0	166,4	84,2
40	874,3	8,8	139,4	140,3	84,1
41	908,9	8,5	146,3	118,5	88,6
42					
43	908,9	8,5	146,3	118,5	88,6
44	908,9	8,5	146,3	118,5	88,6
45	908,9	8,5	146,3	118,5	88,6
46	883,9	9,0	135,6	98,4	89,3

47	887,1	9,1	120,6	100,4	87,3
48	887,1	9,1	120,6	100,4	87,3
49	875,9	9,0	133,5	109,8	90,5
50	875,9	9,0	133,5	109,8	90,5
51					
52	1106,2	9,1	115,0	95,6	90,8
53	859,2	8,3	136,0	166,4	84,2
54	875,9	9,0	133,5	109,8	90,5
55	904,2	8,4	149,4	136,6	81,4
56	904,2	8,4	149,4	136,6	81,4
57	904,2	8,4	149,4	136,6	81,4

Các ví dụ 58-62 – Các vật phẩm thủy tinh với DOL_{sp} gia tăng

Các vật phẩm thủy tinh với độ dày 0,5 mm được tạo thành từ Hợp phần A hoặc B được trao đổi ion theo các điều kiện được mô tả trong Bảng 5 dưới đây.

Bảng 5

Ví dụ	Hợp phần thủy tinh	Bước 1			Bước 2		
		NaNO ₃ /KNO ₃ (% khối lượng)	Nhiệt độ (°C)	Thời gian (phút)	NaNO ₃ /KNO ₃ (% khối lượng)	Nhiệt độ (°C)	Thời gian (phút)
58	B	36/64	380	130	5	370	26
59	B	30/70	380	150	1/99	370	20-25
60	A	38/62	390	105	6/94	380	20
61	A	38/62	385	120	1/99	370	20
62	A	25/75	400	93	1/99	380	23

Các đặc tính được đưa vào bằng việc xử lý trao đổi ion được báo cáo trong bảng 6 dưới đây.

Bảng 6

Ví dụ	CS _{max} (MPa)	DOL _{sp} (μm)	CS _k (MPa)	PT (MPa)	DOC (μm)
58	804	8,4	94	67	94
59	1050	10,6	45	58	88
60	884	9	136	89,3	98,4
61	1100	9	100-110	83	96-100
62	1080	11	85-95	83	96

Các biên dạng ứng suất đo được đối với ví dụ 58 (đường nét đứt) và ví dụ 59 (đường nét liền) được thể hiện trên Fig. 20. Như được thể hiện trên Fig. 20, biên dạng ứng suất của ví dụ 58 bao gồm ứng suất nén cao hơn giữa DOL_{sp} và DOC khi so với ví dụ 59. Thấy rằng ví dụ 59 thể hiện khả năng chống nứt vỡ trong các lần rơi đa hướng lên granit gồ ghề cải thiện hơn so với ví dụ 58. Kết quả này chỉ ra rằng diện tích ứng suất nén lớn hơn của vùng mũi nhọn trong ví dụ 59 góp phần làm tăng đặc tính rơi bề mặt gồ ghề đa hướng. Để so sánh, diện tích của vùng mũi nhọn đối với ví dụ 59 bằng phương pháp tích phân số học hình thang là khoảng 2925 MPa*μm đối với độ sâu 4 μm, khoảng 3269 MPa*μm đối với độ sâu 5 μm, khoảng 3555 MPa*μm đối với độ sâu 6 μm, khoảng 3747 MPa*μm đối với độ sâu 7 μm, và khoảng 3905 MPa*μm đối với độ sâu 8 μm, trong khi diện tích của vùng mũi nhọn đối với ví dụ 58 là thấp hơn từ 4 μm đến 10 μm ở mỗi trong số các độ sâu này. Nói cách khác, ví dụ 58 nói chung có diện tích mũi nhọn thấp hơn ít nhất khoảng 15% so với ví dụ 59 ở các độ sâu tương đương, với diện tích mũi nhọn thấp hơn ít nhất là 24% so với ví dụ 59 cho đến các độ sâu 4 μm hoặc 5 μm. Ví dụ 58 được đặc trưng bằng diện tích hình thang của vùng mũi nhọn (TA_{sp}), được tính như nêu trên, là 3772 MPa*μm và ví dụ 59 có TA_{sp} là 5803 MPa*μm. Do đó, phương pháp đo diện tích mũi nhọn khác cũng thể hiện mối quan hệ giữa diện tích mũi nhọn và đặc tính rơi đa hướng. Cách khác, các ưu điểm kết hợp với diện tích mũi nhọn gia tăng có mặt thậm chí khi các phần của biên dạng ứng suất nằm ngoài vùng mũi nhọn thể hiện các trị số ứng suất nén giảm, như được thể hiện bằng cách so sánh các biên dạng ứng suất của các ví dụ 58 và 59 trong Fig. 20.

Ví dụ 59 thể hiện tích phân ứng suất nén khoảng $6073 \text{ MPa} \cdot \mu\text{m}$, tạo ra ứng suất nén trung bình trong vùng ứng suất nén là 69 MPa , như được tính bằng cách chia tích phân ứng suất nén cho DOC. Giá trị tuyệt đối của độ dốc của biên dạng ứng suất tại DOC đối với ví dụ 59 là khoảng $0,6 \text{ MPa}/\mu\text{m}$, và tích số của giá trị tuyệt đối của độ dốc ứng suất tại DOC và độ dày là khoảng 300 MPa đối với ví dụ 59.

Biên dạng ứng suất đối với ví dụ 60 (đường nét đứt), ví dụ 61 (đường chấm gạch), và ví dụ 62 (đường nét liền) được thể hiện trên Fig. 21 từ bề mặt đến giữa độ dày của vật phẩm. Biên dạng ứng suất đối với ví dụ 60 (đường nét đứt), ví dụ 61 (đường chấm gạch), và ví dụ 62 (đường nét liền) được thể hiện trên Fig. 22 từ bề mặt đến DOC. Như mô tả chung, nếu ví dụ 60 được xem như là đường cơ sở, thì ví dụ 61 có ứng suất nén tối đa tăng, và ví dụ 62 thể hiện ứng suất nén tối đa và DOL_{sp} gia tăng. Các ví dụ 60-62 đều thể hiện đặc tính trong thử nghiệm rơi đa hướng lên granit gồ ghề mà tương đương hoặc tốt hơn so với các ví dụ 58 và 59, với ví dụ 62 chứng minh đặc tính tốt nhất, ví dụ 60 thể hiện khả năng chống nứt vỡ kém nhất trong số các ví dụ 60-62 trong các thử nghiệm này.

Giá trị tuyệt đối của độ dốc của biên dạng ứng suất tại DOC đối với ví dụ 62 là nằm trong khoảng từ $1,2 \text{ MPa}/\mu\text{m}$ và $1,4 \text{ MPa}/\mu\text{m}$, và tích số của giá trị tuyệt đối của độ dốc ứng suất tại DOC và độ dày là nằm trong khoảng từ 600 MPa đến 700 MPa đối với ví dụ 62.

Tất cả các thành phần tạo thành hợp phần, các mối quan hệ, và các tỷ lệ được mô tả trong bản mô tả này được đưa ra theo % mol trừ khi có chỉ dẫn khác. Tất cả các khoảng giới hạn được được bộc lộ ở đây bao gồm các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con bất kỳ và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con được bao hàm bởi các khoảng giới hạn đã được bộc lộ rộng ở đây dù nó có được tuyên bố một cách rõ ràng trước hay sau khoảng giới hạn được bộc lộ hay không.

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

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

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gồm:

nền trên cơ sở thủy tinh có bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện nhau xác định nên độ dày nền (t);

hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa lithi và tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ là lớn hơn hoặc bằng 0,65 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,2; và

biên dạng ứng suất có vùng có độ cong âm, trong đó đạo hàm bậc hai của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu là số âm, vùng có độ cong âm nằm trong lớp ứng suất nén, và giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng $0,003 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$.

2. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 1, có một hoặc nhiều trong số các đặc điểm sau:

lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm thủy tinh đến độ sâu nén (DOC) mà bằng $0,17t$ hoặc lớn hơn;

ứng suất nén (CS) đỉnh nằm trong khoảng từ 500 MPa đến 1200 MPa;

ứng suất nén tại điểm uốn (CS_k) nằm trong khoảng từ 80 MPa đến 160 MPa;

ứng suất kéo đỉnh (PT) lớn hơn hoặc bằng 68 MPa;

độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) là lớn hơn hoặc bằng $0,007t$;

nồng độ Li_2O của hợp phần trung tâm nhỏ hơn hoặc bằng 8,5% mol; và

t nằm trong khoảng từ 0,5 mm đến 0,8 mm.

3. Sản phẩm điện tử dân dụng bao gồm:

vỏ bao gồm bề mặt trước, bề mặt sau và các bề mặt bên;

các linh kiện điện được cung cấp ít nhất một phần nằm trong vỏ này, các linh kiện điện này bao gồm ít nhất là bộ điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị, bộ phận hiển thị được cung cấp tại hoặc liền kề với bề mặt trước của vỏ này; và

vật che phủ được bố trí trên bộ phận hiển thị;

trong đó ít nhất một phần của ít nhất một trong số vỏ và vật che phủ bao gồm vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 1.

4. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh gồm:

nền trên cơ sở thủy tinh có bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện nhau xác định nên độ dày nền (t);

hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa lithi và natri, và tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ lớn hơn hoặc bằng 0,65 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,2;

độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm là nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng $0,7 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,3 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$; và

trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có biên dạng ứng suất có vùng có độ cong âm, trong đó đạo hàm bậc hai của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu là số âm, vùng có độ cong âm nằm trong lớp ứng suất nén, và giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng $0,003 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$.

5. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 4, có lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm thủy tinh đến độ sâu nén (DOC) mà bằng $0,17t$ hoặc lớn hơn.

6. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 4, có ứng suất nén (CS) đỉnh nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 500 MPa đến 1200 MPa.

7. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 4, có ứng suất nén tại điểm uốn (CS_k) nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 80 MPa đến 160 MPa.

8. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 4, có ứng suất kéo đỉnh (PT) lớn hơn hoặc bằng 68 MPa.

9. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 4, trong đó độ sâu của lớp mũi nhọn (DOL_{sp}) là lớn hơn $0,007t$.

10. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 4, trong đó nồng độ Li_2O của hợp phần trung tâm là nhỏ hơn hoặc bằng 8,5% mol.

11. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 4, trong đó t là nằm trong khoảng từ 0,5 mm đến 0,8 mm.

12. Sản phẩm điện tử dân dụng bao gồm:

vỏ bao gồm bề mặt trước, bề mặt sau và các bề mặt bên;

các linh kiện điện được cung cấp ít nhất một phần nằm trong vỏ này, các linh kiện điện này bao gồm ít nhất là bộ điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị, bộ phận hiển thị được cung cấp tại hoặc liền kề với bề mặt trước của vỏ này; và

vật che phủ được bố trí trên bộ phận hiển thị;

trong đó ít nhất một phần của ít nhất một trong số vỏ và vật che phủ bao gồm vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 4.

13. Phương pháp gia tăng khả năng tồn tại của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh sau nhiều lần rơi lên một hoặc nhiều bề mặt cứng bao gồm:

thực hiện xử lý trao đổi ion đối với nền trên cơ sở thủy tinh gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện nhau xác định nên độ dày nền (t) để tạo thành vật phẩm trên cơ sở thủy tinh với biên dạng ứng suất có điểm uốn, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này gồm:

hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa lithi và tỷ lệ mol $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ lớn hơn hoặc bằng 0,65 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,2;

oxit kim loại kiềm có nồng độ khác không, nồng độ này thay đổi từ bề mặt thứ nhất đến độ sâu của lớp (DOL) đối với oxit kim loại kiềm;

độ bền chống nứt vỡ tương ứng với hợp phần trung tâm là nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng $0,7 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,3 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$; và

trong đó biên dạng ứng suất có vùng có độ cong âm, trong đó đạo hàm bậc hai của ứng suất dưới dạng hàm số của độ sâu là số âm, vùng có độ cong âm nằm trong lớp ứng suất nén, và giá trị tuyệt đối tối đa của đạo hàm bậc hai trong vùng có độ cong âm là lớn hơn hoặc bằng $0,003 \text{ MPa}/\mu\text{m}^2$.

14. Phương pháp theo điểm 13, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm thủy tinh đến độ sâu nén (DOC) mà bằng $0,17t$ hoặc lớn hơn.

15. Phương pháp theo điểm 13, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có ứng suất nén (CS) đỉnh nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 500 MPa đến 1200 MPa.

16. Phương pháp theo điểm 13, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có ứng suất nén tại điểm uốn (CS_k) nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 80 MPa đến 160 MPa.

17. Phương pháp theo điểm 13, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có ứng suất kéo đỉnh (PT) lớn hơn hoặc bằng 68 MPa.

18. Phương pháp theo điểm 13, trong đó DOL của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là lớn hơn 0,007t.

1/22

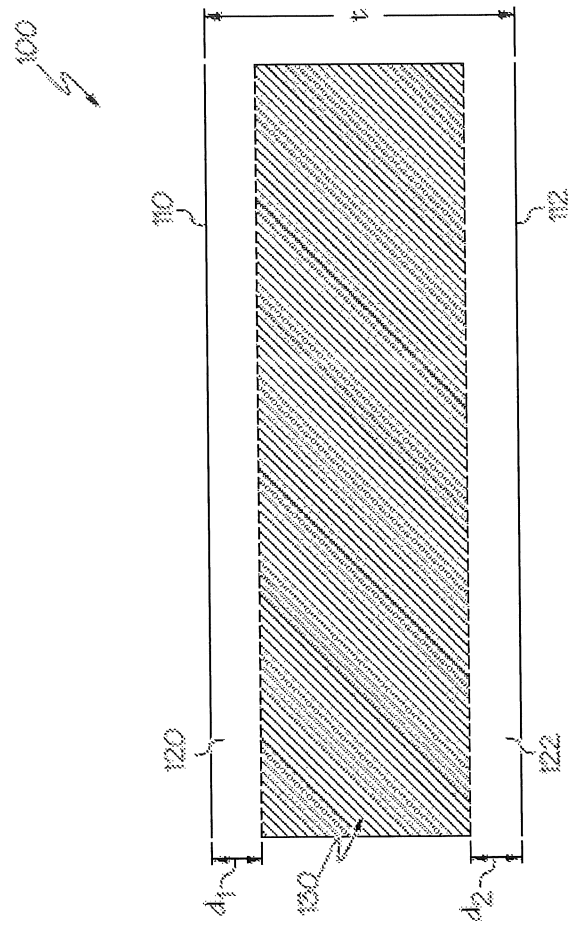


FIG. 1

2/22

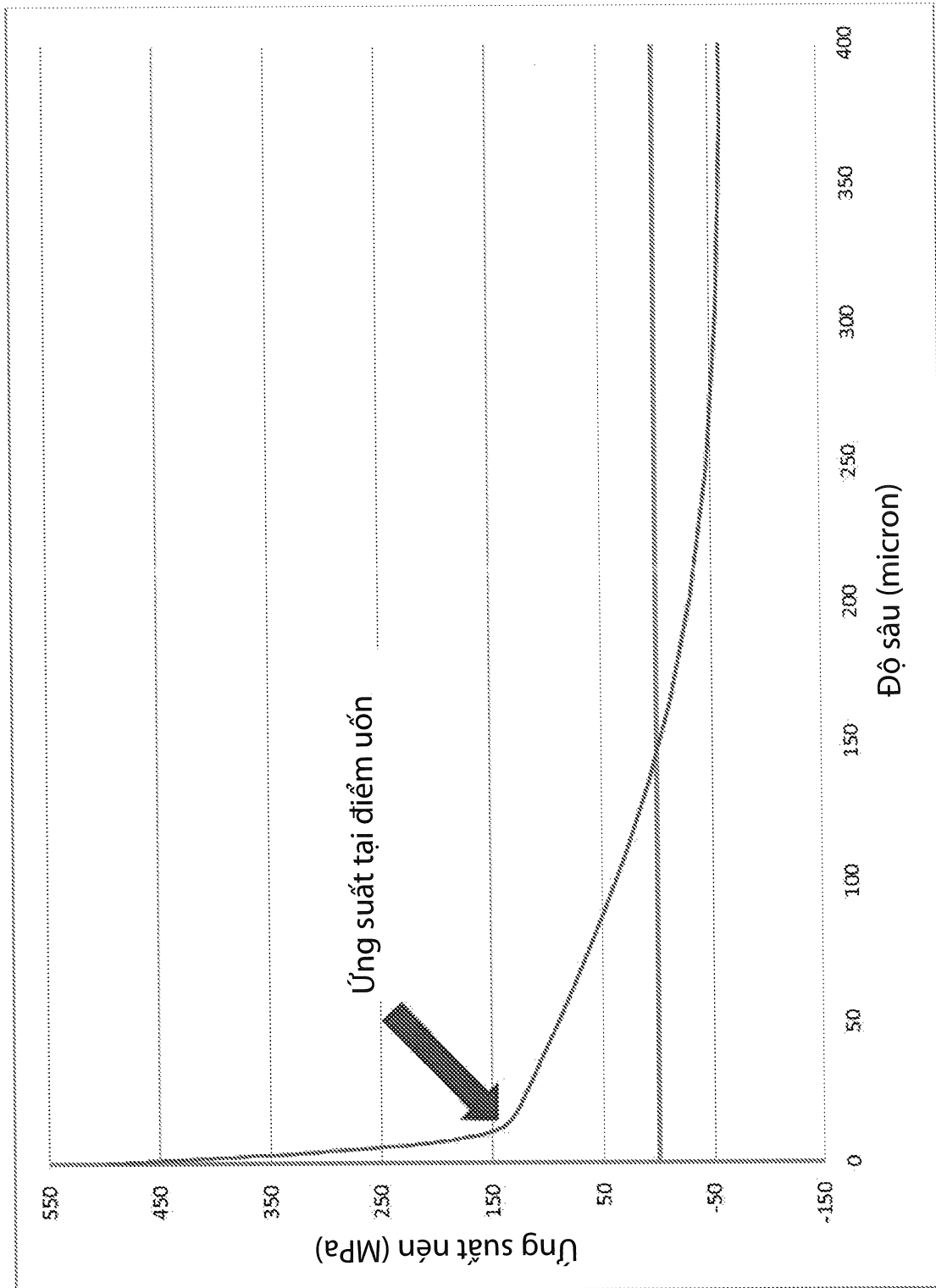


FIG. 2

3/22

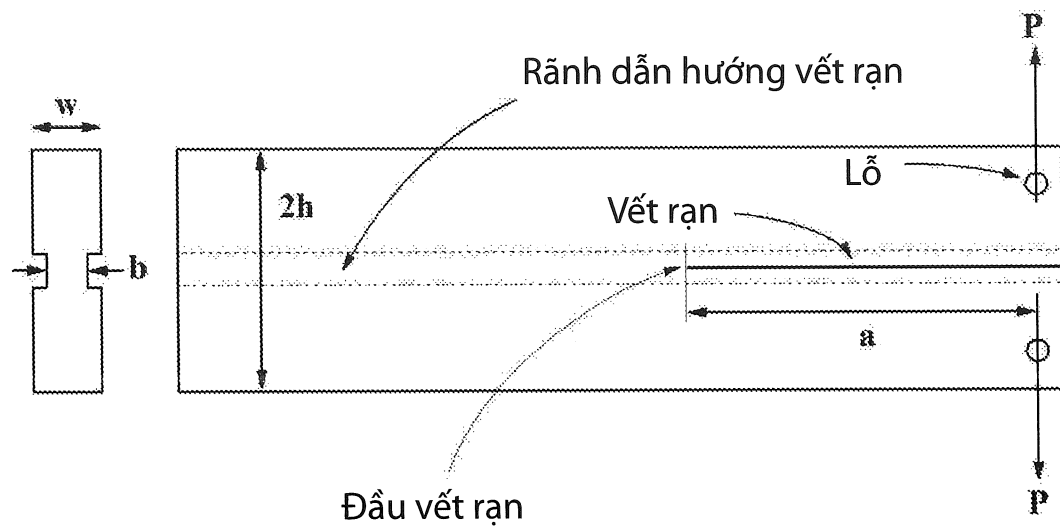


FIG. 3

4/22

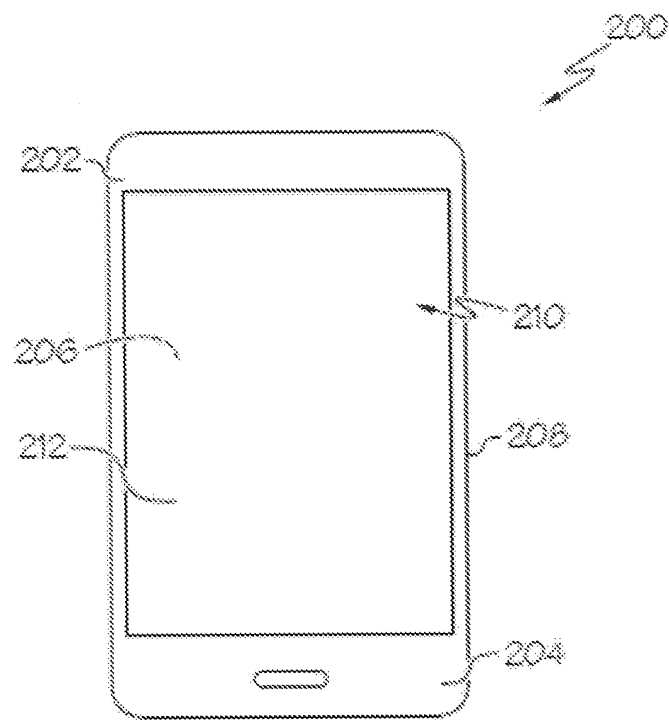


FIG. 4A

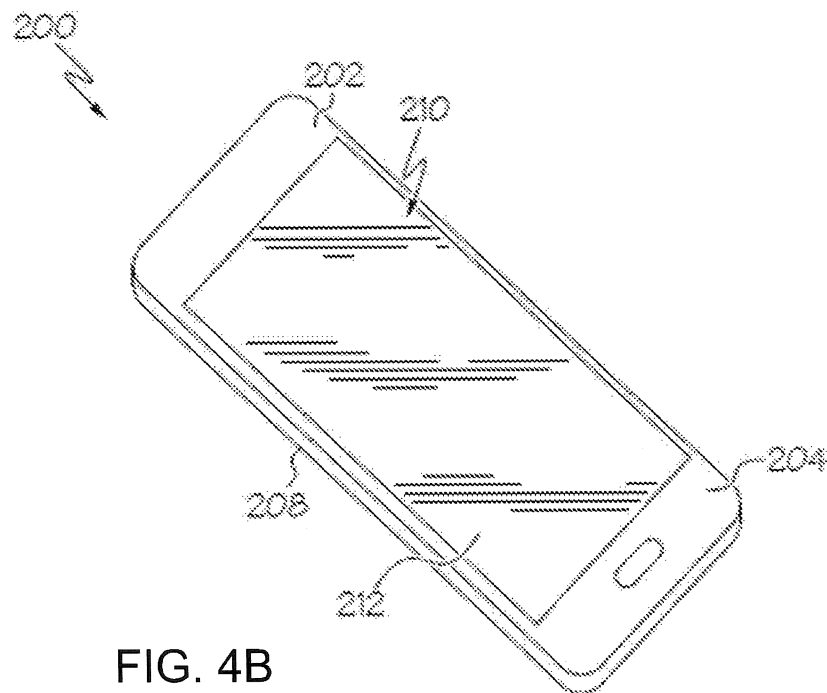


FIG. 4B

5/22

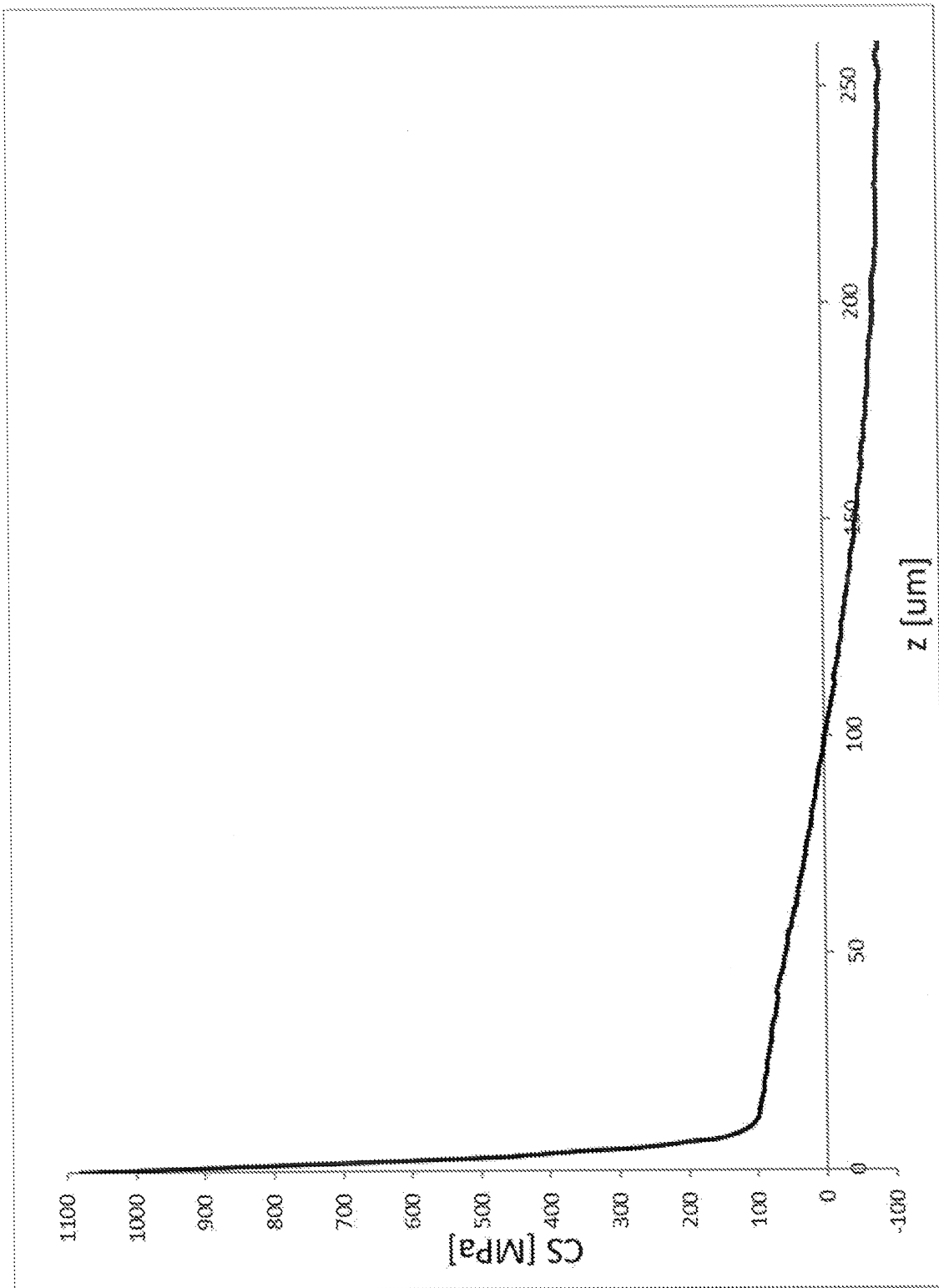
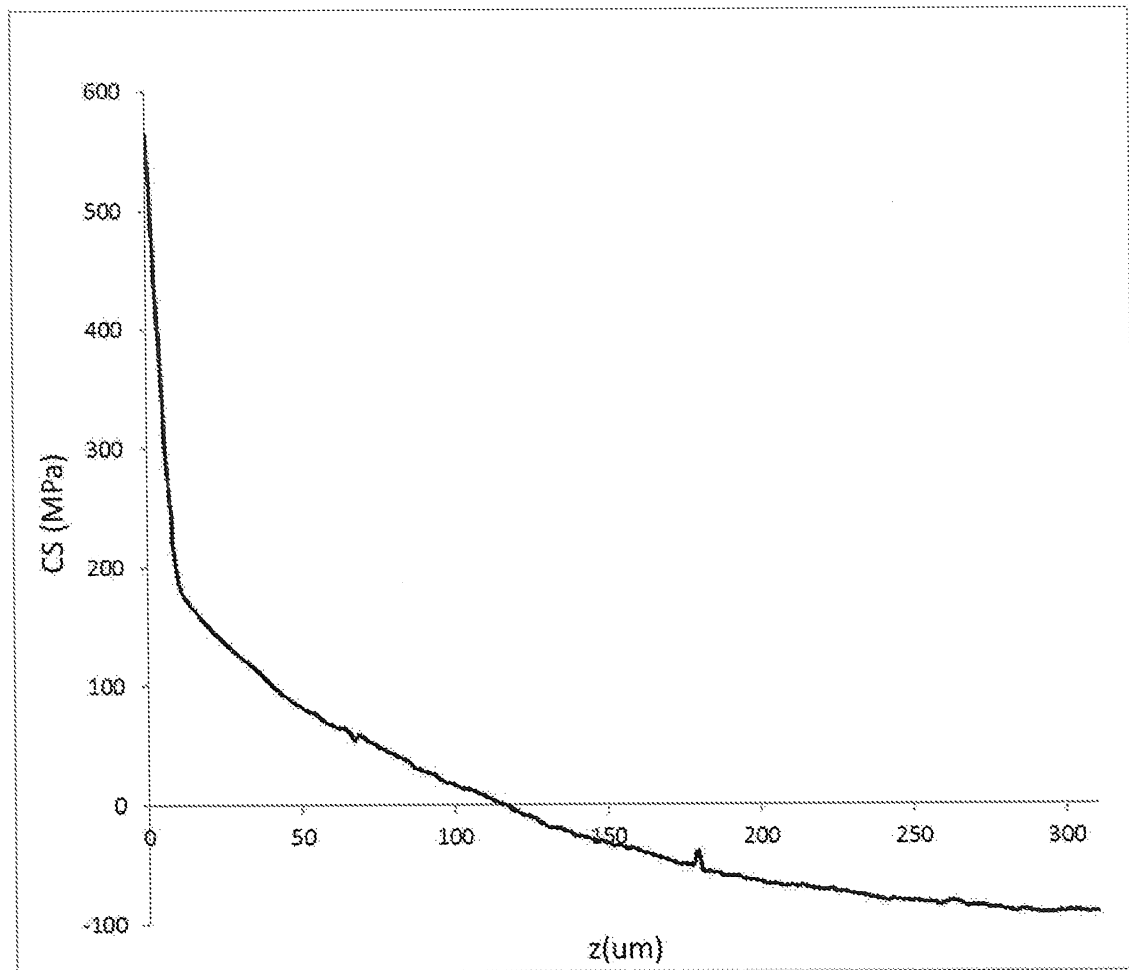
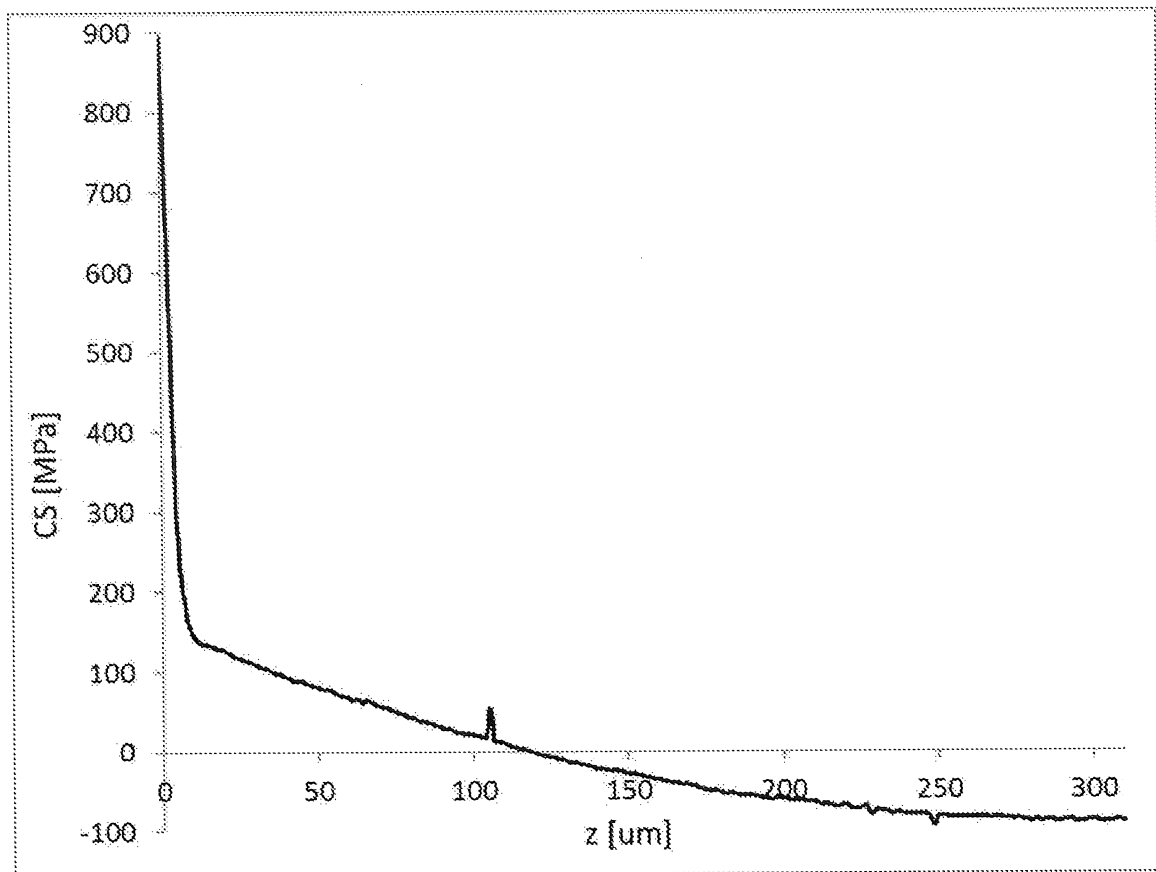


FIG. 5

6/22

FIG. 6

7/22

FIG. 7

8/22

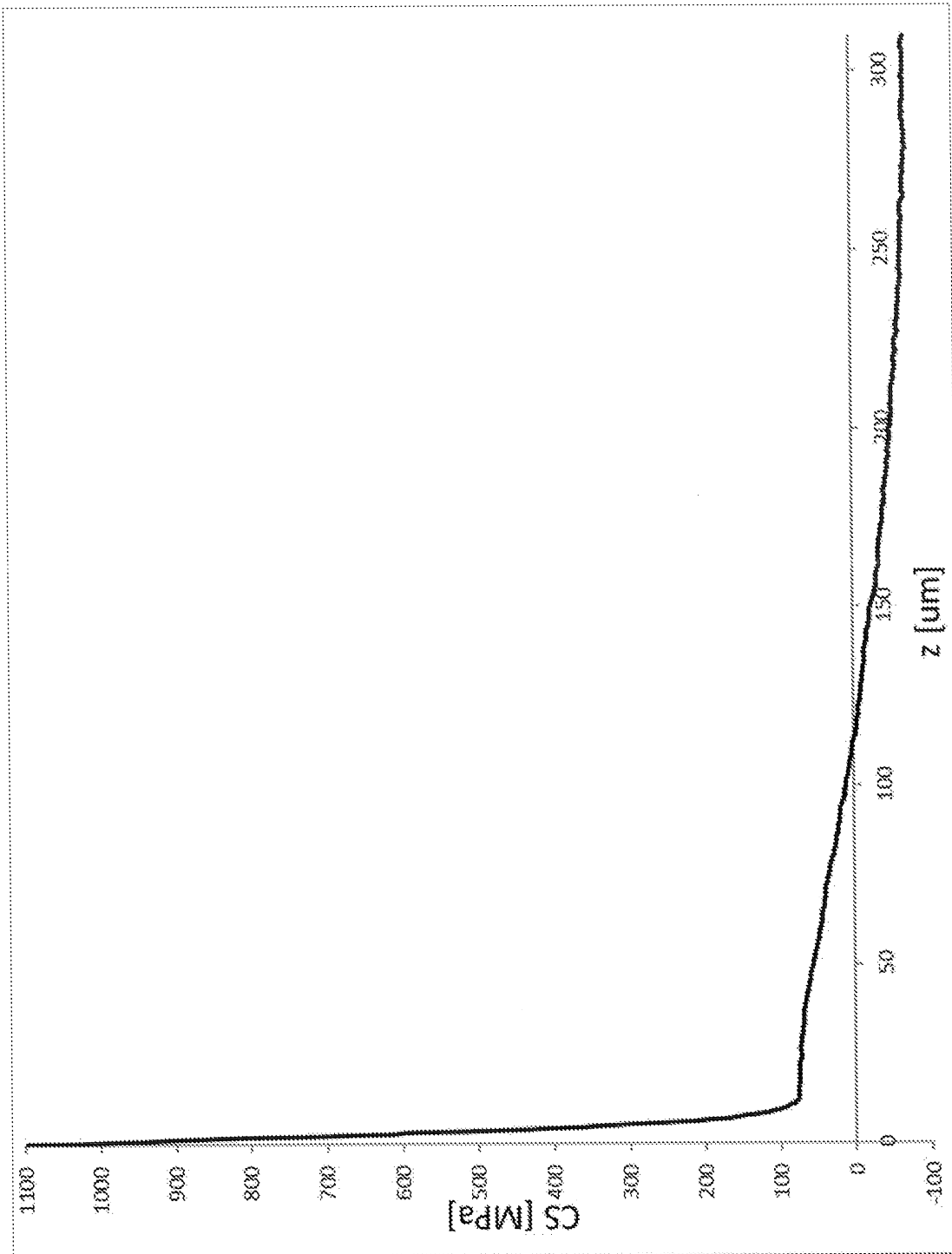


FIG. 8

9/22

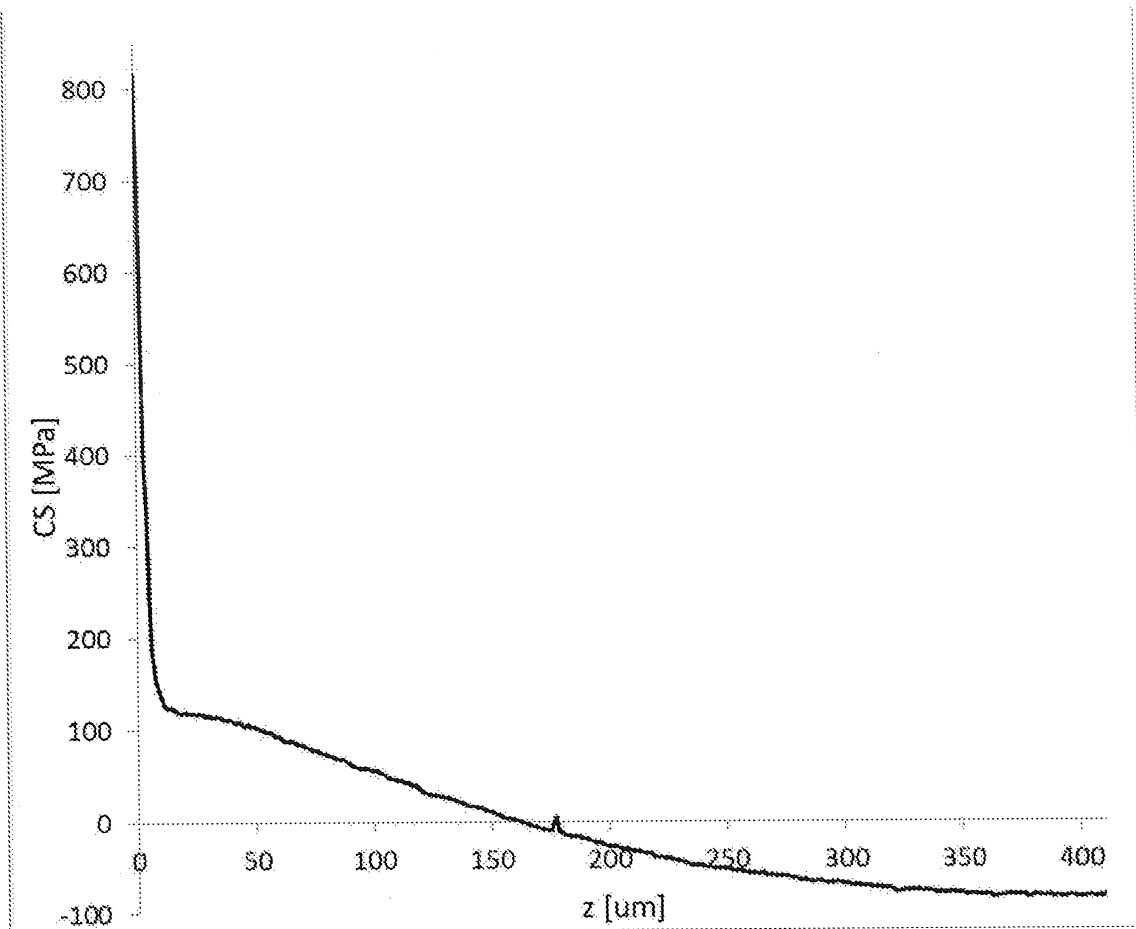


FIG. 9

10/22

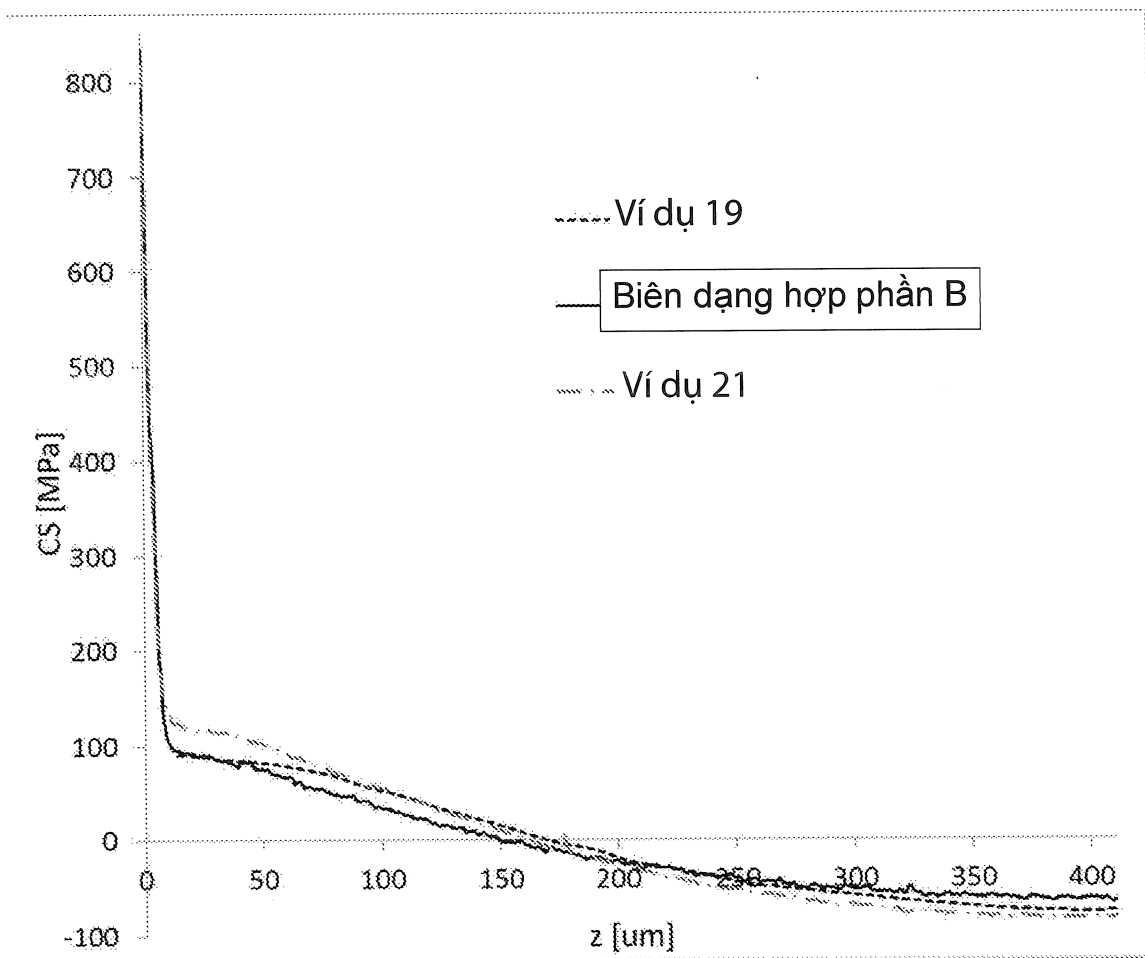


FIG. 10

11/22

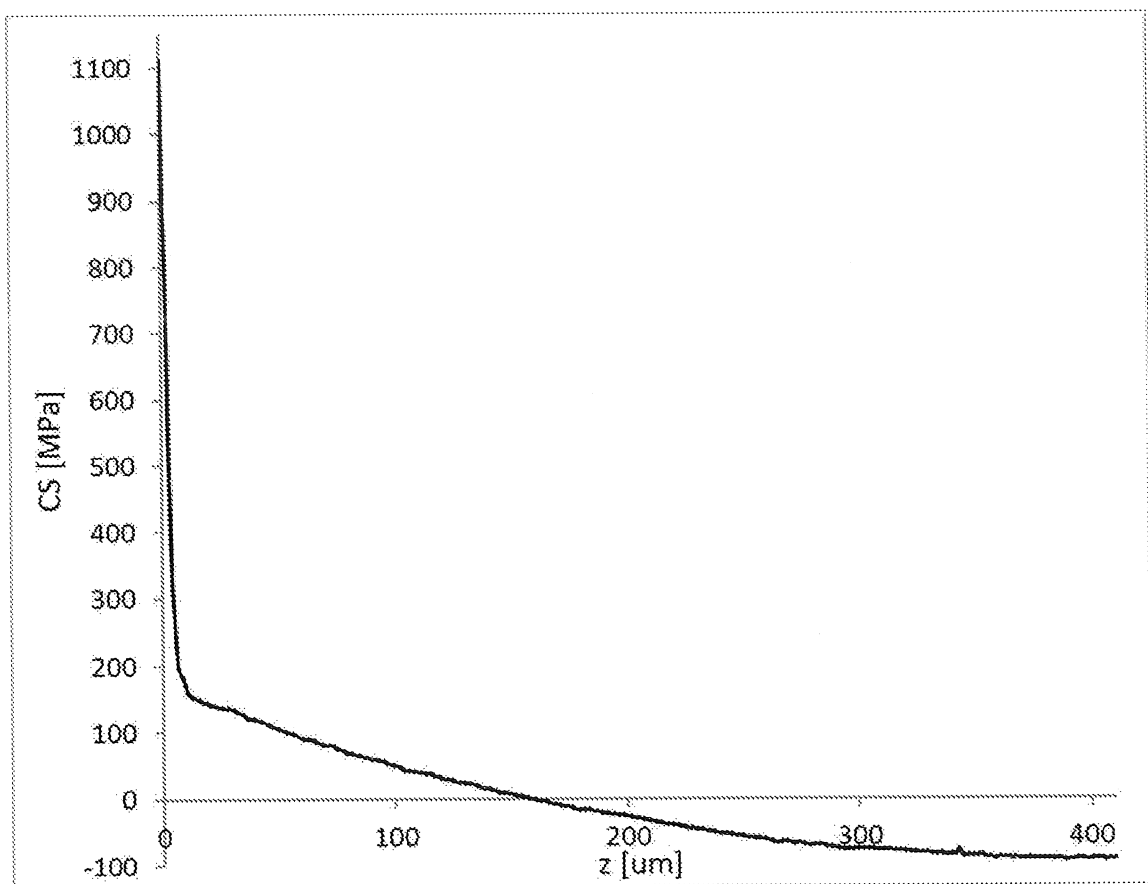


FIG. 11

12/22

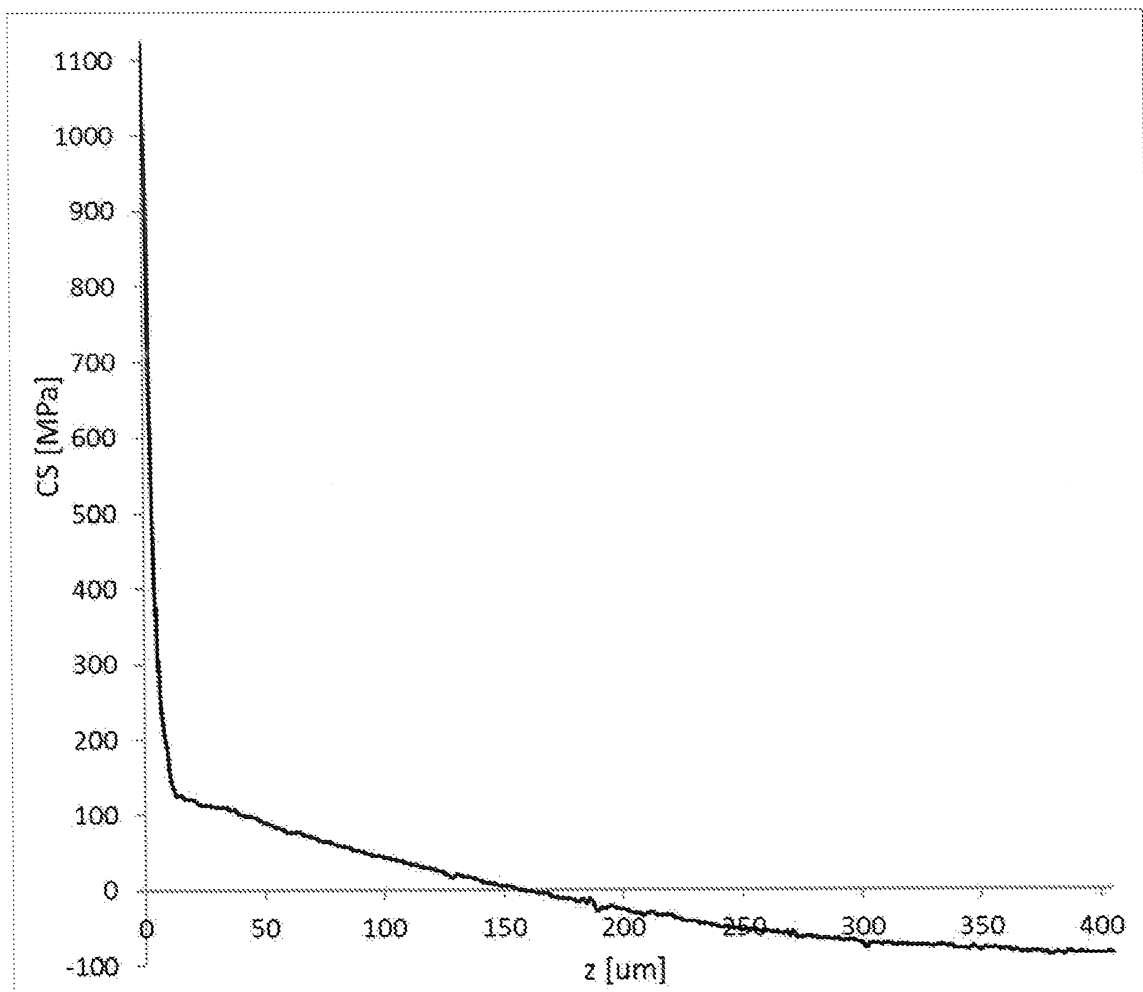


FIG. 12

13/22

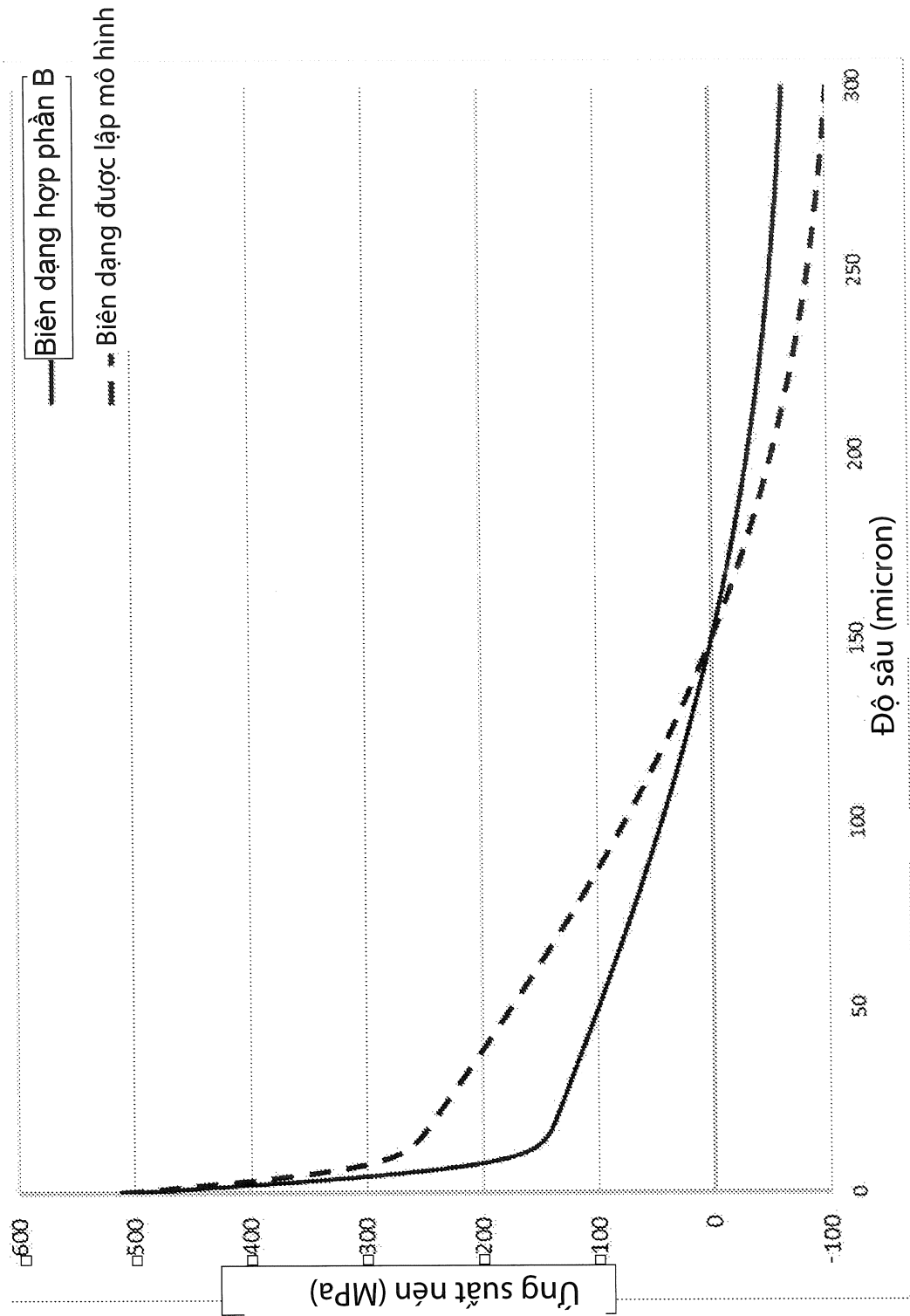


FIG. 13

14/22

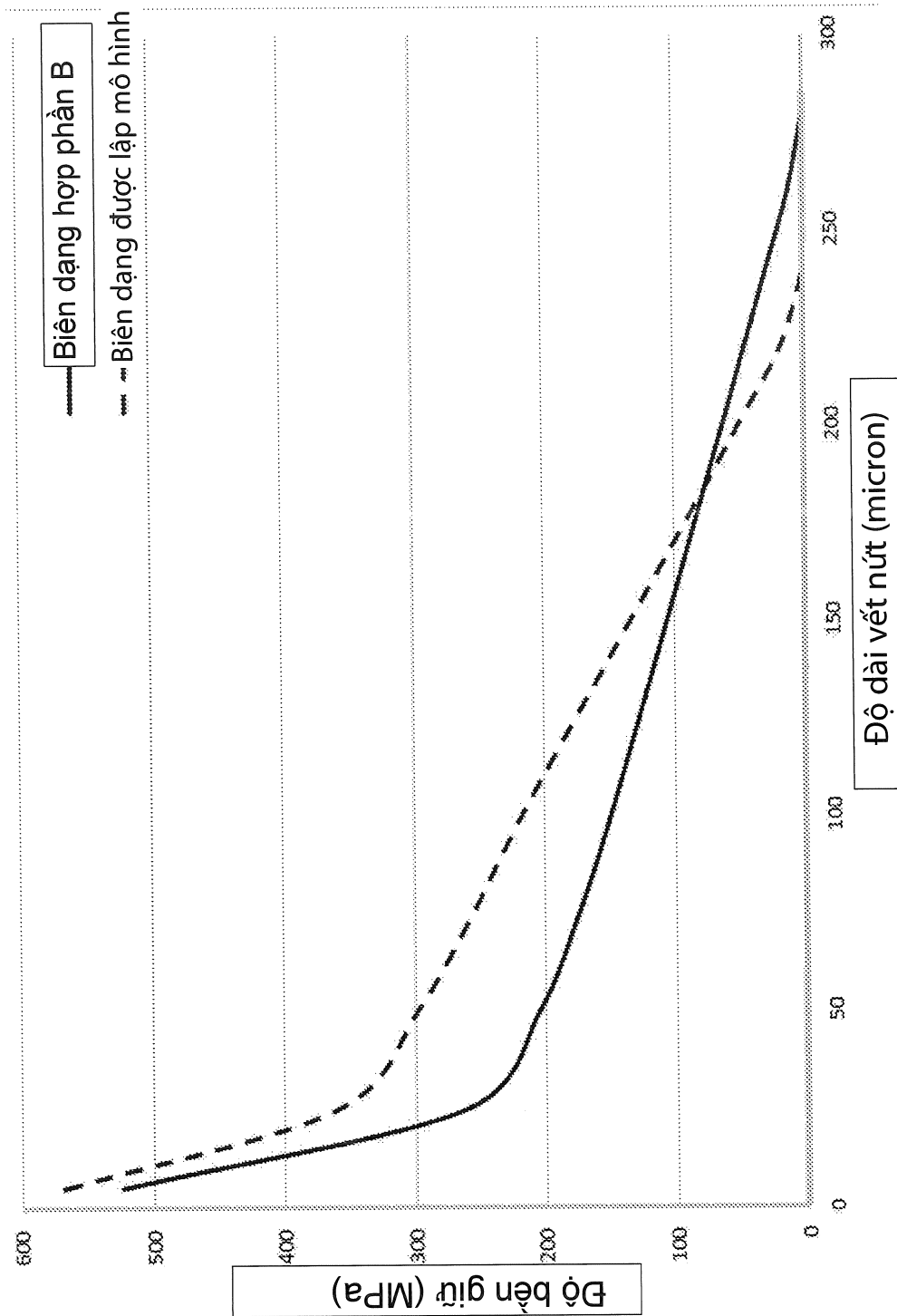


FIG. 14

15/22

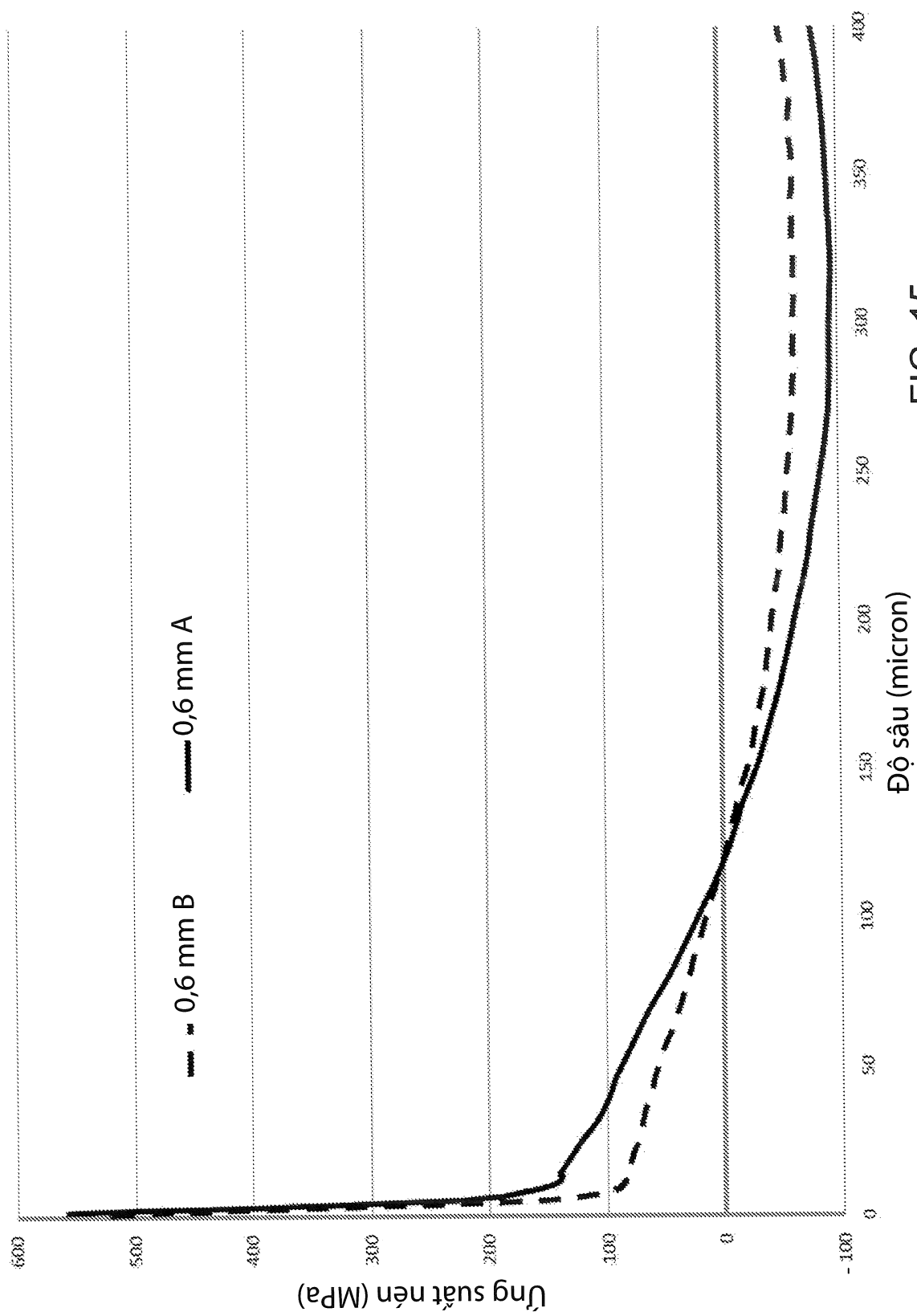


FIG. 15

16/22

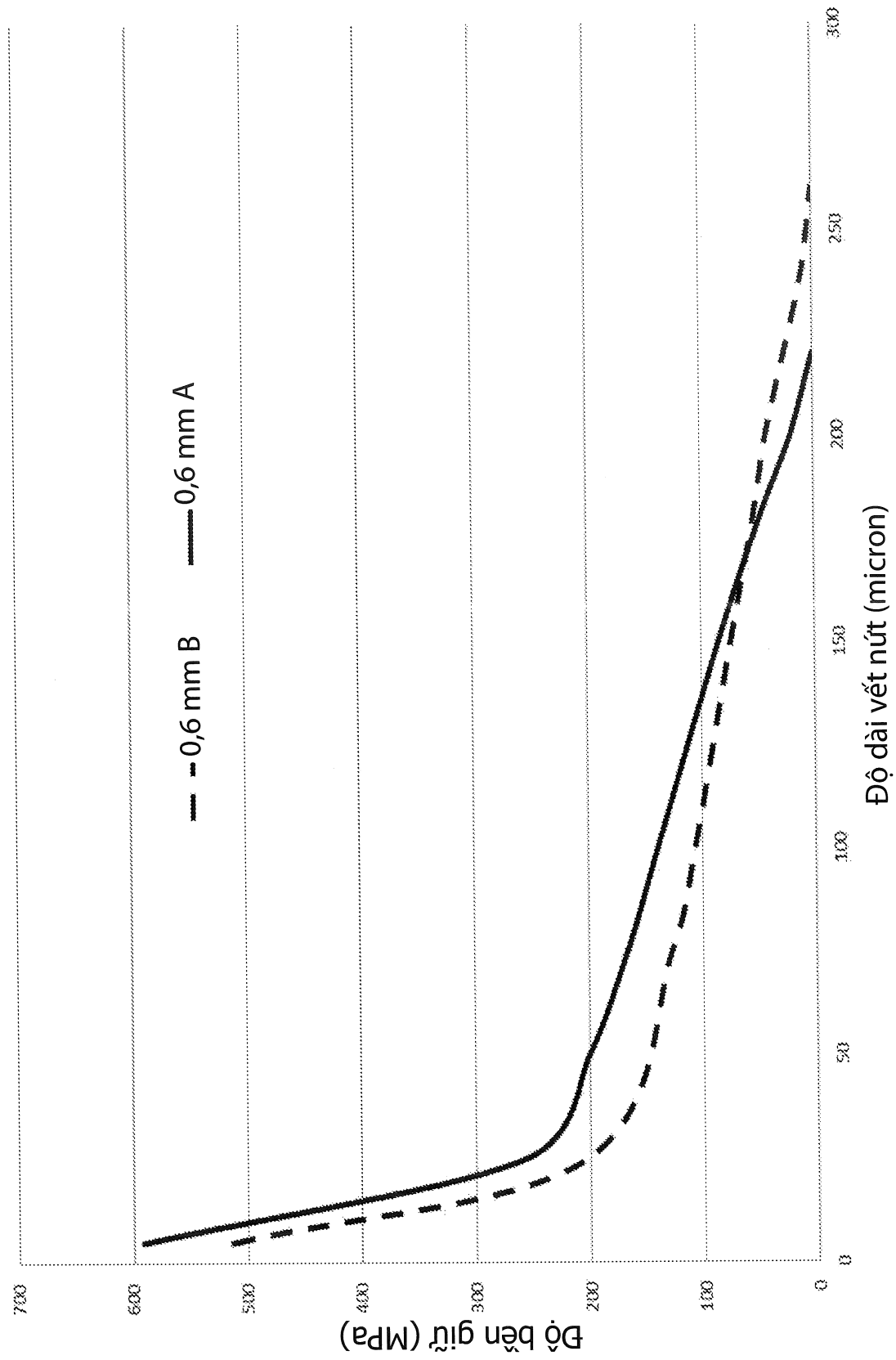


FIG. 16

17/22

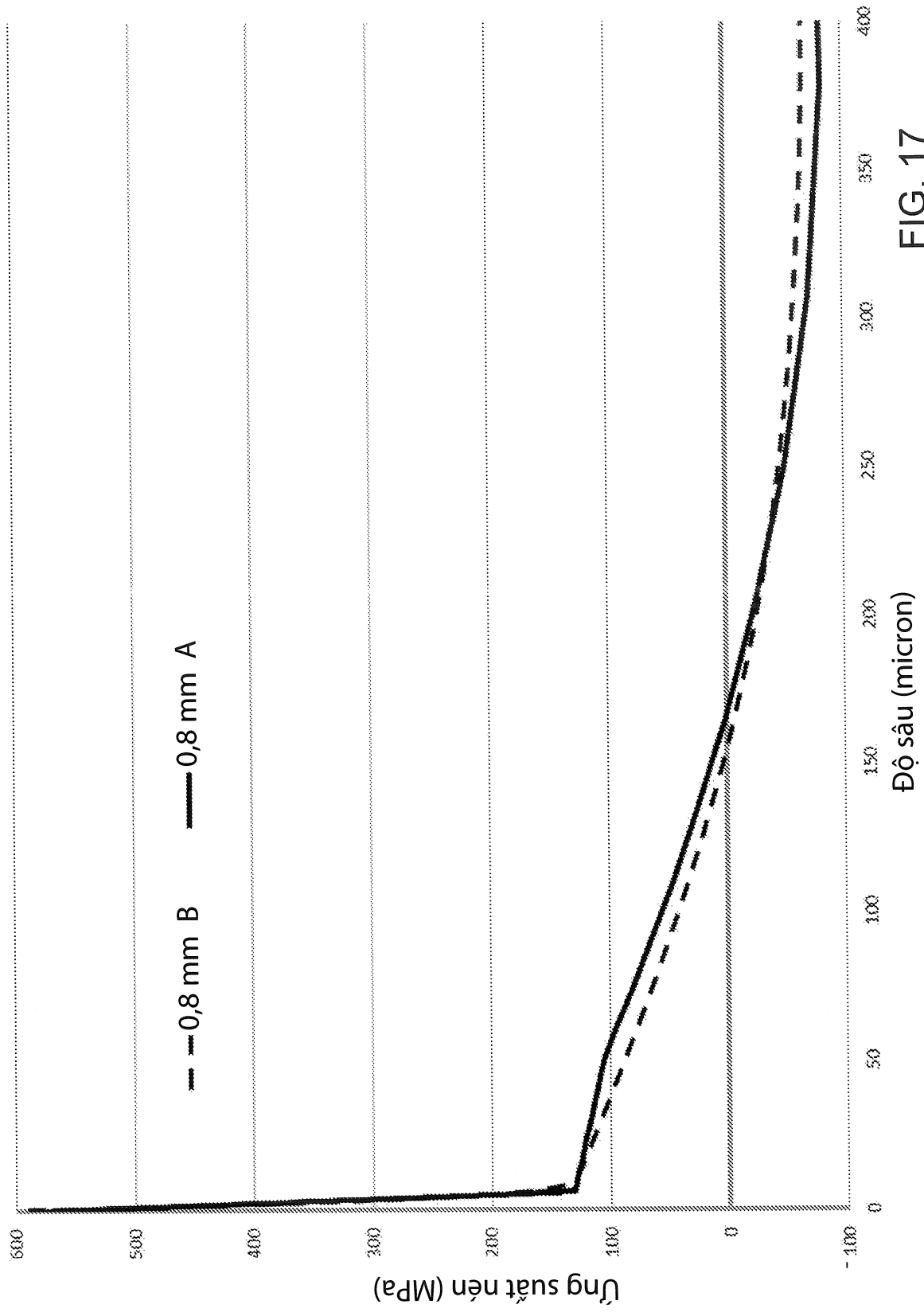


FIG. 17

18/22

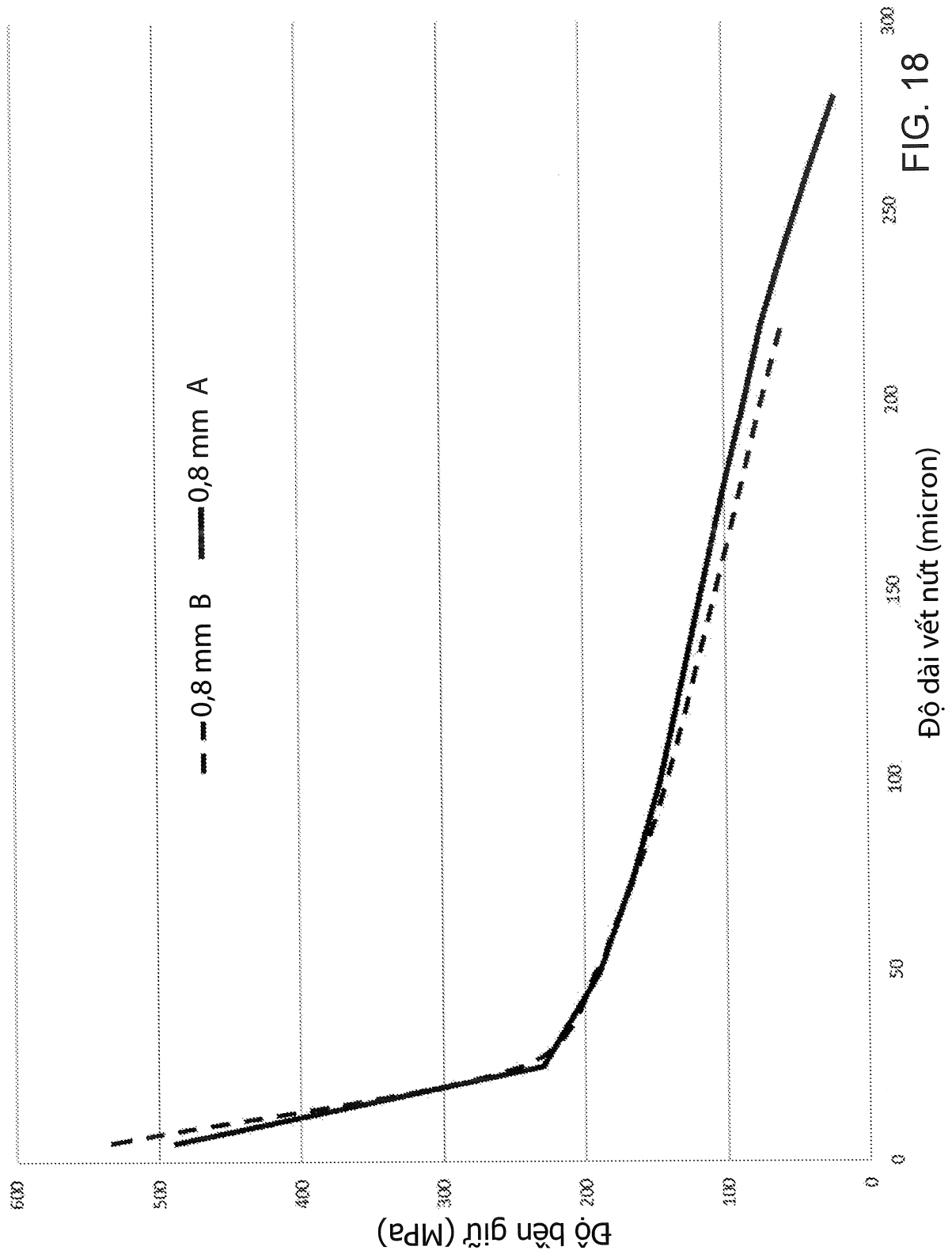


FIG. 18

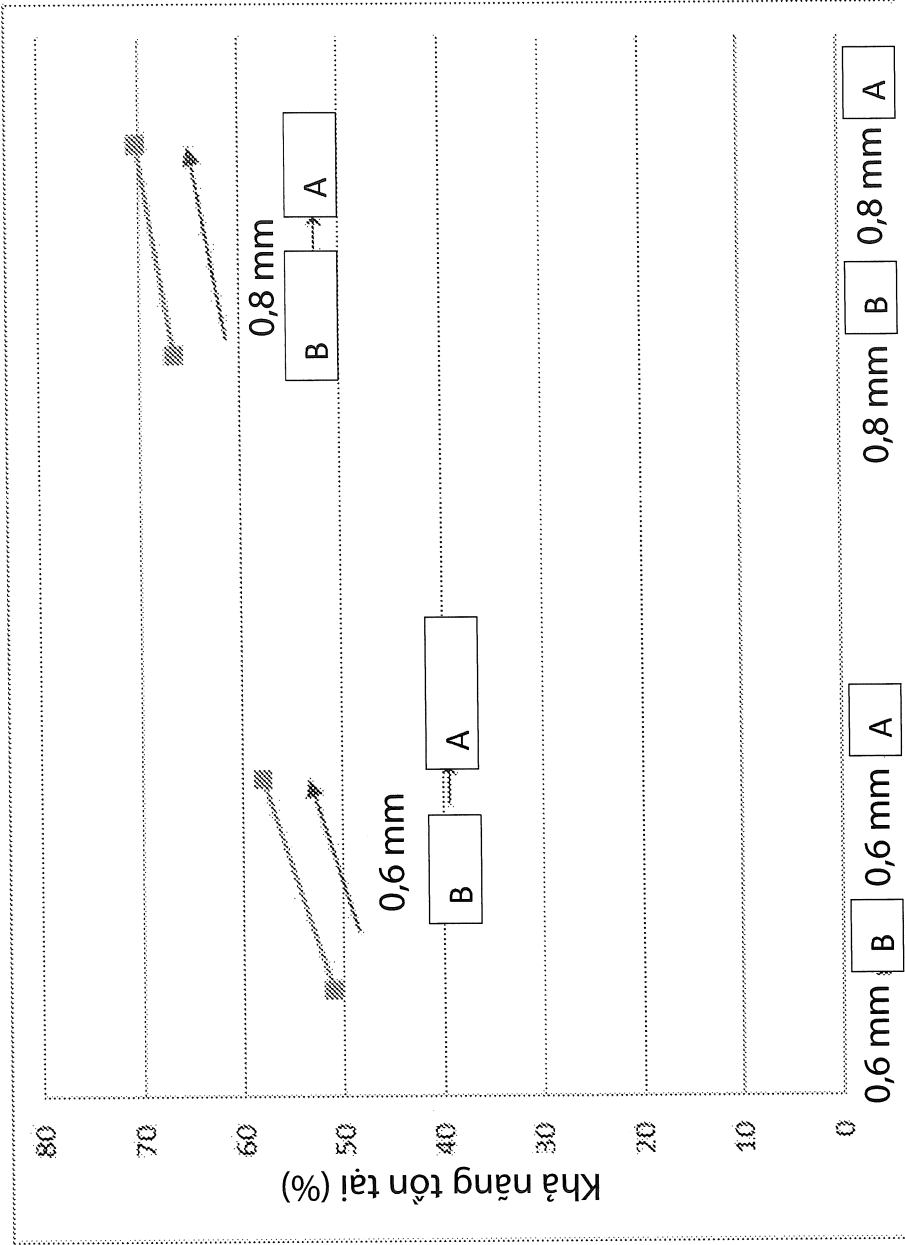


FIG. 19

20/22

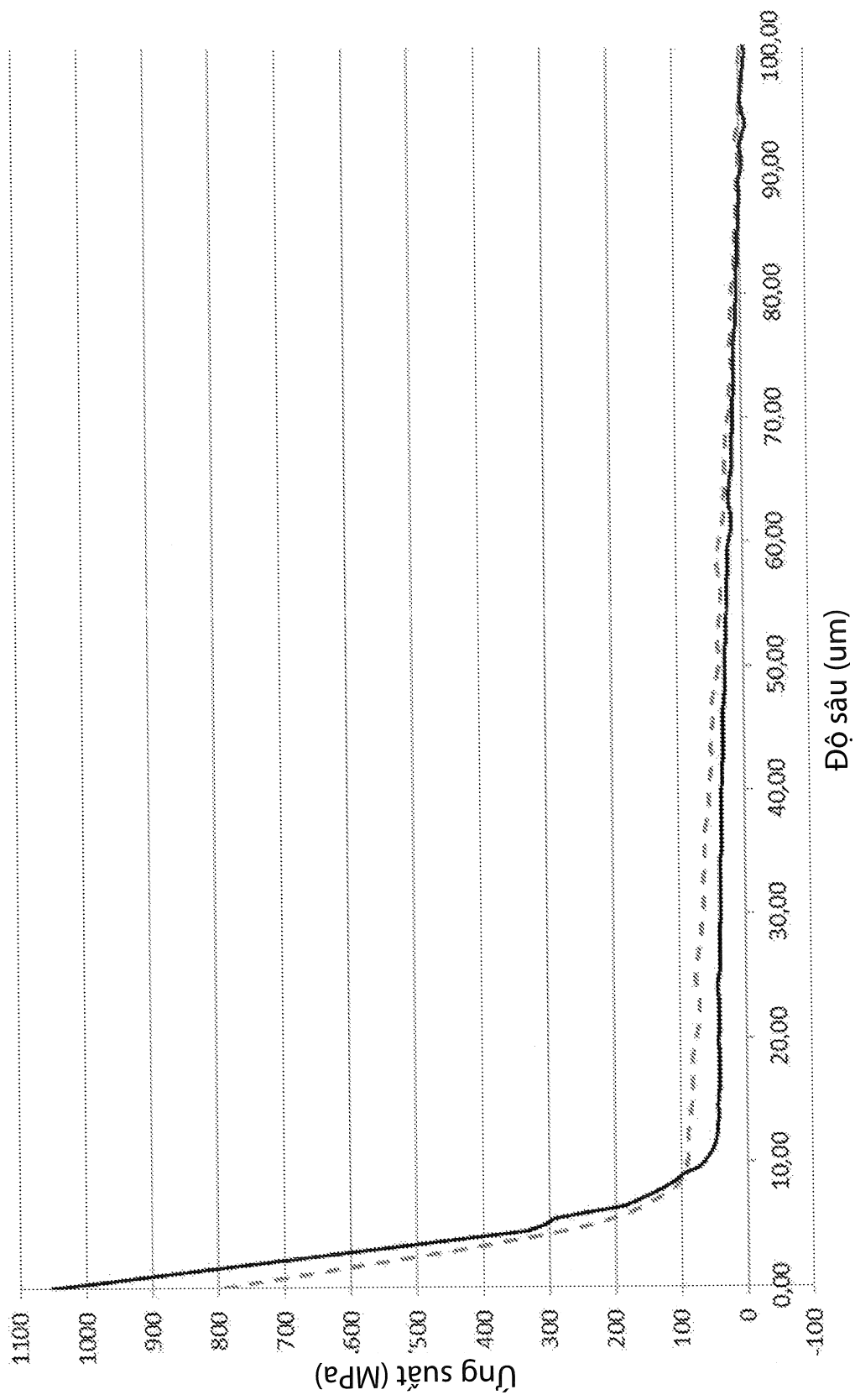


FIG. 20

21/22

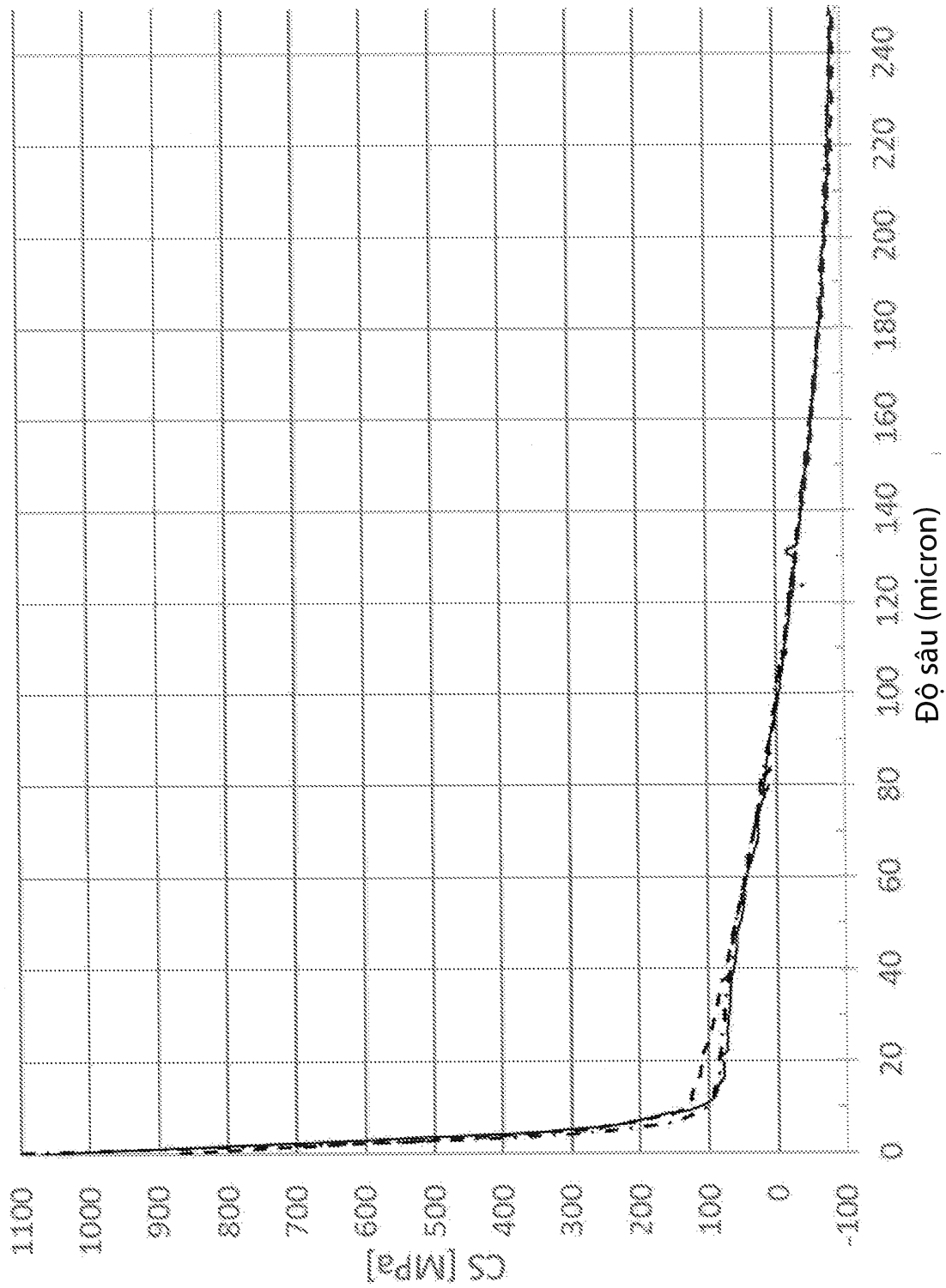


FIG. 21

22/22

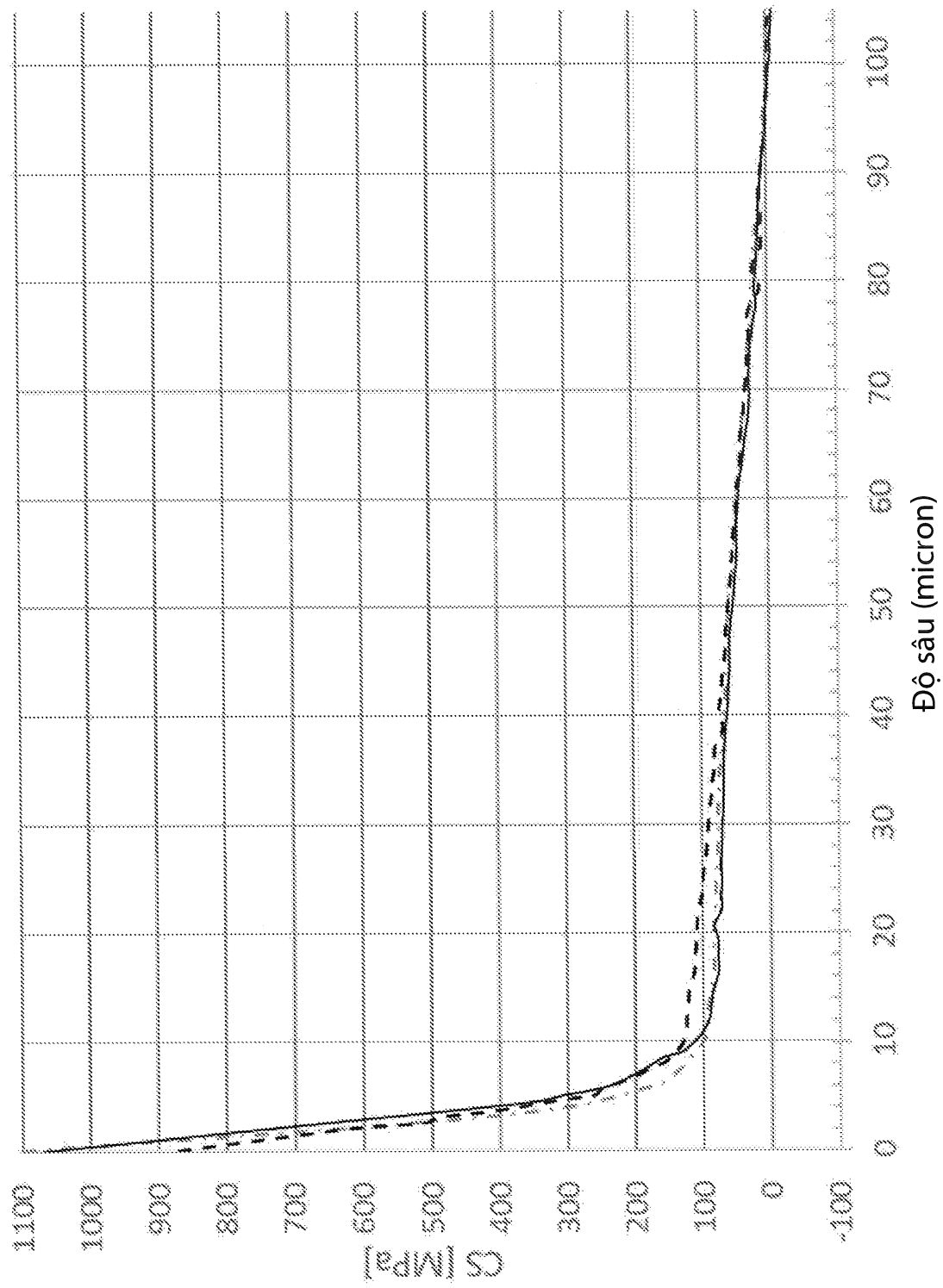


FIG. 22