



- (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
1-0045072
(51)^{2020.01} C03C 3/097; C03C 3/087; C03C 3/093; (13) B
C03B 17/06; C03C 3/091
-

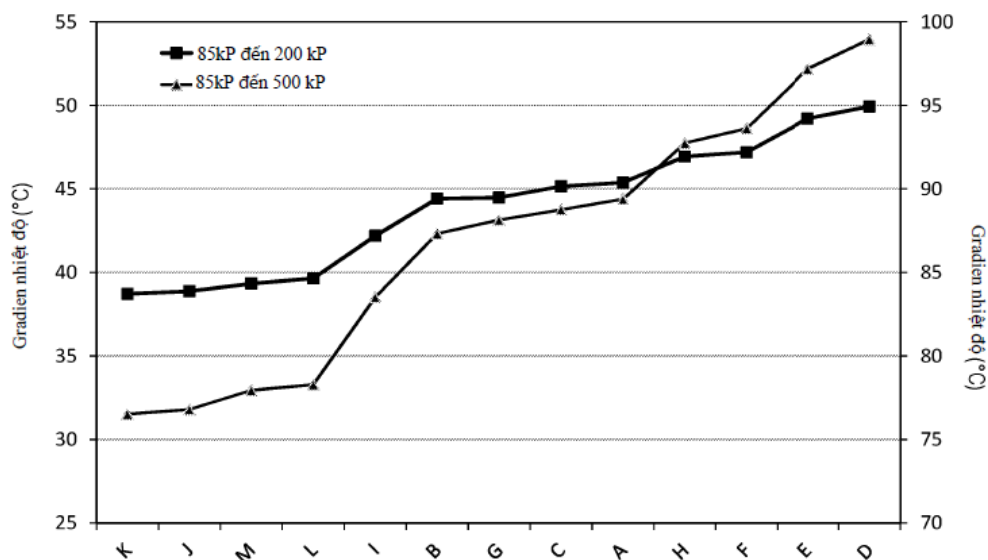
- (21) 1-2021-02436 (22) 03/10/2019
(86) PCT/US2019/054474 03/10/2019 (87) WO 2020/076604 16/04/2020
(30) 62/743,015 09/10/2018 US
(45) 25/04/2025 445 (43) 26/07/2021 400A
(71) CORNING INCORPORATED (US)
1 Riverfront Plaza, Corning, New York 14831, United States of America
(72) GUO, Xiaojun (CN); MARKHAM, Shawn Rachelle (US); YU, Jae Hyun (US).
(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)
-

- (54) PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẤM THỦY TINH TỪ CHẾ PHẨM THỦY TINH
TRONG MÁY KÉO XUỐNG DUNG HỢP SỬ DỤNG CON LĂN KÉO

(21) 1-2021-02436

(57) Sáng chế đề cập đến thủy tinh nhôm silicat, bao gồm theo phần trăm mol trên cơ sở oxit, $\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZnO} + \text{Y}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{O}_5$ nằm trong khoảng từ 5% mol đến 25% mol. Thủy tinh này xử lý được bằng cách (i) cho thủy tinh ở trạng thái nóng chảy chảy qua các bề mặt tạo hình để tạo thành băng thủy tinh, các bề mặt tạo hình hội tụ tại rãnh và (ii) kéo băng thủy tinh sử dụng các con lăn kéo để tạo thành tấm thủy tinh, trong đó các con lăn kéo được đặt cách nhau một khoảng cách con lăn kéo từ rãnh, và trong đó thủy tinh thể hiện độ dốc đường cong độ nhót thu được bằng cách vẽ đồ thị gradien nhiệt độ để tăng độ nhót rãnh của thủy tinh tại rãnh, đến độ nhót cao hơn tại một trong số một số vị trí giữa rãnh và các con lăn kéo, và độ nhót của thủy tinh tại các con lăn kéo. Thủy tinh bao gồm độ nhót đường pha lỏng, độ nhót rãnh nhỏ hơn độ nhót đường pha lỏng, và thủy tinh bao gồm độ dốc đường cong độ nhót mà ngăn ngừa lỗi cong vênh phình ra. Theo các phương án nhất định, khi độ nhót rãnh của thủy tinh nằm trong khoảng từ khoảng 70 kP đến khoảng 90 kP, và độ nhót của thủy tinh tại các con lăn kéo lớn hơn 90 kP và nhỏ hơn hoặc bằng $1 \times 108 \text{ kP}$, thì gradien nhiệt độ nhỏ hơn 150°C .

FIG. 2



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến chế phẩm thủy tinh và phương pháp để ngăn ngừa lỗi cong vênh phình ra.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Khi chế phẩm thủy tinh được xử lý trong máy kéo xuống dung hợp, thủy tinh nóng chảy chảy vào trong thiết bị tạo hình bao gồm thân tạo hình (còn được gọi ở đây là ống “isopipe”). Thân tạo hình có thể bao gồm máng xối được định vị ở bề mặt phía trên của thân tạo hình và các bề mặt tạo hình hội tụ mà hội tụ theo hướng kéo dọc mép đáy (tức là, “rẽ”) của thân tạo hình. Thủy tinh nóng chảy được phân phối đến máng xối của thân tạo hình tràn qua các thành bên (hoặc “đập tràn”) của máng xối và giảm dần dọc theo các bề mặt tạo hình hội tụ ở dạng các dòng tách biệt của thủy tinh nóng chảy. Các dòng tách biệt của thủy tinh nóng chảy hợp lại tại rẽ để tạo thành băng thủy tinh đơn mà được kéo bằng cách đặt sức căng lên băng thủy tinh, như bởi trọng lực, các cuộn mép và các cuộn kéo, để kiểm soát các kích thước của băng thủy tinh khi thủy tinh nguội và độ nhót của thủy tinh tăng. Khi chế phẩm thủy tinh, ban đầu ở trạng thái nóng chảy tại nhiệt độ cao, được tiếp xúc với nhiệt độ thấp hơn trong khoảng thời gian đáng kể trong khi được xử lý trong máy kéo dung hợp, sự phát triển các pha tinh thể có thể bắt đầu. Nhiệt độ và độ nhót nơi mà ở đó các pha tinh thể này bắt đầu phát triển được biết đến lần lượt là nhiệt độ đường pha lỏng và độ nhót đường pha lỏng. Thường mong muốn xử lý chế phẩm thủy tinh sao cho độ nhót của nó trong quá trình xử lý không vượt quá độ nhót đường pha lỏng. Ở các chế phẩm thủy tinh nhất định, cụ thể là chế phẩm thủy tinh có độ nhót đường pha lỏng tương đối thấp, thông thường, độ nhót của chế phẩm thủy tinh tại rẽ (“độ nhót rẽ”) được giảm để tránh độ nhót đường pha lỏng.

Tuy nhiên, khi giảm độ nhót của chế phẩm thủy tinh tại rẽ, chế phẩm thủy tinh nhất định sẽ thể hiện độ nhót rẽ thấp hơn giá trị mà sẽ cho phép lực kéo dương được đặt tại các con lăn kéo, và thủy tinh sẽ biến dạng khỏi mặt phẳng. Hiện tượng này được biết đến là lỗi cong vênh phình ra. Các chế phẩm thủy tinh tiếp tục tiến hóa với việc sử dụng các nguyên liệu thô mới để cải thiện tính năng của thủy tinh. Khi ngành hóa học của chế

phẩm thủy tinh được điều chỉnh, độ nhót đường pha lỏng có thể thay đổi dưới độ nhót cho các điều kiện tạo hình ổn định dựa trên lực kéo.

Vẫn có nhu cầu xác định và chọn lọc chế phẩm thủy tinh và phương pháp xử lý chế phẩm thủy tinh này trong máy kéo xuống dung hợp để ngăn ngừa lỗi cong vênh phình ra. Việc tránh cong vênh phình ra được đặc biệt cần khi chế phẩm thủy tinh được xử lý tại các độ nhót rất tương đối thấp mà tránh việc tiếp cận nhiệt độ đường pha lỏng và độ nhót đường pha lỏng, để tránh việc bắt đầu phát triển pha tinh thể trong thủy tinh.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Một khía cạnh của sáng chế đề xuất thủy tinh nhôm silicat mà bao gồm, theo phần trăm mol trên cơ sở oxit, $\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZnO} + \text{Y}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{O}_5$ nằm trong khoảng từ khoảng 5% mol đến 25% mol, thủy tinh có thể xử lý được bằng cách (i) cho thủy tinh ở trạng thái nóng chảy chảy qua các bề mặt tạo hình để tạo thành băng thủy tinh, các bề mặt tạo hình hội tụ tại rãnh và (ii) kéo băng thủy tinh bằng cách sử dụng các con lăn kéo để tạo thành tấm thủy tinh. Các con lăn kéo được đặt cách nhau một khoảng cách con lăn kéo từ rãnh, và thủy tinh thể hiện độ dốc đường cong độ nhót thu được bằng cách vẽ đồ thị gradien nhiệt độ để tăng độ nhót rãnh của thủy tinh tại rãnh, đến độ nhót cao hơn tại một trong một số vị trí giữa rãnh và các con lăn kéo, và độ nhót của thủy tinh tại các con lăn kéo. Thủy tinh cũng bao gồm độ nhót đường pha lỏng, độ nhót rãnh nhỏ hơn độ nhót đường pha lỏng, và độ dốc đường cong độ nhót ngăn ngừa lỗi cong vênh phình ra. Khi độ nhót rãnh của thủy tinh nằm trong khoảng từ khoảng 70 kP đến khoảng 90 kP, và độ nhót của thủy tinh tại các con lăn kéo lớn hơn 90 kP và nhỏ hơn hoặc bằng 1×10^8 kP, thì gradien nhiệt độ nhỏ hơn khoảng 150°C .

Theo các phương án nhất định, thủy tinh còn bao gồm SiO_2 nằm trong khoảng từ khoảng 50% mol đến khoảng 75% mol. Thủy tinh, theo các phương án nhất định, thể hiện độ nhót bằng 85 kP tại nhiệt độ thứ nhất và độ nhót bằng 100 kP tại nhiệt độ thứ hai, trong đó có sự chênh lệch giữa nhiệt độ thứ nhất và nhiệt độ thứ hai là nhỏ hơn khoảng $8,5^\circ\text{C}$. Theo cách khác, hoặc ngoài ra, thủy tinh thể hiện độ nhót bằng 85 kP tại nhiệt độ thứ nhất và độ nhót bằng 200 kP tại nhiệt độ thứ ba, trong đó có sự chênh lệch giữa nhiệt độ thứ nhất và nhiệt độ thứ ba là nhỏ hơn khoảng 43°C , thủy tinh thể hiện độ nhót bằng 85 kP tại nhiệt độ thứ nhất và độ nhót bằng 500 kP tại nhiệt độ thứ tư, trong đó có sự chênh lệch giữa nhiệt độ thứ nhất và nhiệt độ thứ tư là nhỏ hơn khoảng 85°C ,

và/hoặc thủy tinh thể hiện độ nhót bằng 85 kP tại nhiệt độ thứ nhất và độ nhót bằng 1000 kP tại nhiệt độ thứ năm, và trong đó có sự chênh lệch giữa nhiệt độ thứ nhất và nhiệt độ thứ năm là nhỏ hơn khoảng 115°C.

Khía cạnh khác của sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất tấm thủy tinh từ chế phẩm thủy tinh được xử lý trong máy kéo xuống dung hợp sử dụng các con lăn kéo. Phương pháp này bao gồm bước xác định độ dốc đường cong độ nhót đối với mỗi chế phẩm thủy tinh trong số nhiều chế phẩm thủy tinh được xử lý bằng cách: (i) cho mỗi chế phẩm thủy tinh trong số nhiều chế phẩm thủy tinh ở trạng thái nóng chảy chảy qua các bề mặt tạo hình để tạo thành băng thủy tinh, các bề mặt tạo hình hội tụ tại rãnh và (ii) kéo băng thủy tinh sử dụng các con lăn kéo để tạo thành tấm thủy tinh, trong đó các con lăn kéo này được đặt cách nhau một khoảng cách con lăn kéo từ rãnh, và trong đó độ dốc đường cong độ nhót thu được bằng cách vẽ đồ thị gradient nhiệt độ để tăng độ nhót rãnh đối với mỗi chế phẩm thủy tinh trong số nhiều chế phẩm thủy tinh tại rãnh, đến độ nhót cao hơn tại một số vị trí giữa rãnh và các con lăn kéo, và độ nhót tại các con lăn kéo. Theo các phương án nhất định, gradient nhiệt độ nhỏ hơn 150°C, độ nhót rãnh của mỗi chế phẩm thủy tinh trong số nhiều chế phẩm thủy tinh nằm trong khoảng từ khoảng 70 kP đến khoảng 90 kP, và độ nhót của mỗi chế phẩm thủy tinh trong số nhiều chế phẩm thủy tinh tại các con lăn kéo lớn hơn 90 kP và nhỏ hơn hoặc bằng 1×10^8 kP. Mỗi chế phẩm thủy tinh trong số nhiều chế phẩm thủy tinh bao gồm độ nhót đường pha lỏng, độ nhót rãnh đối với mỗi chế phẩm thủy tinh trong số nhiều chế phẩm thủy tinh nhỏ hơn độ nhót đường pha lỏng. Phương pháp này còn bao gồm bước chọn từ nhiều chế phẩm thủy tinh, chế phẩm thủy tinh mà (a) bao gồm lượng của $\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZnO} + \text{Y}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{O}_5$, nằm trong khoảng từ khoảng 5% mol đến khoảng 25% mol; và (b) bao gồm độ dốc đường cong độ nhót mà ngăn ngừa lỗi cong vênh phình ra, và kéo tấm thủy tinh sử dụng chế phẩm thủy tinh có độ dốc đường cong độ nhót mà ngăn ngừa lỗi cong vênh phình ra.

Theo các phương án nhất định, độ nhót rãnh nằm trong khoảng từ khoảng 75 kP đến khoảng 85 kP. Theo các phương án nhất định, gradient nhiệt độ để tăng độ nhót rãnh đến độ nhót cao hơn bằng 100 kP là nhỏ hơn khoảng 8,5°C, và/hoặc gradient nhiệt độ để tăng độ nhót rãnh đến độ nhót cao hơn bằng 200 kP là nhỏ hơn khoảng 43°C.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất tấm thủy tinh từ chế phẩm thủy tinh được xử lý trong máy kéo xuống dung hợp sử dụng các con lăn kéo, phương pháp này bao gồm bước xác định (i) độ nhót đường pha lỏng của chế phẩm thủy tinh, và (ii) độ nhót rề của chế phẩm thủy tinh tại nhiệt độ độ nhót rề đối với chế phẩm thủy tinh tại rề được tạo thành trong quy trình kéo xuống dung hợp, chọn một hoặc nhiều độ nhót xuôi dòng đích xuôi dòng từ rề đối với chế phẩm thủy tinh, các độ nhót xuôi dòng đích này cao hơn về độ lớn so với độ nhót rề, và thấp hơn về độ lớn so với độ nhót đường pha lỏng, và xác định gradient nhiệt độ để đạt được một hoặc nhiều độ nhót xuôi dòng đích trong chế phẩm thủy tinh, khi so sánh với nhiệt độ độ nhót rề đối với chế phẩm thủy tinh, và so sánh gradient nhiệt độ này để đạt được độ nhót bất kỳ trong số một hoặc nhiều độ nhót xuôi dòng đích đến gradient nhiệt độ tham chiếu để đạt được độ nhót xuôi dòng đích ở chế phẩm thủy tinh tham chiếu thứ hai tại độ nhót rề trong máy kéo xuống dung hợp, chế phẩm thủy tinh tham chiếu thứ hai đã biết là tránh được lỗi cong vênh phình ra. Nếu gradient bất kỳ trong số các gradient nhiệt độ cho độ nhót bất kỳ trong số các độ nhót đích là thấp hơn về độ lớn so với gradient nhiệt độ tham chiếu để đạt được độ nhót đích ở chế phẩm thủy tinh tham chiếu thứ hai, cho chế phẩm thủy tinh ở trạng thái nóng chảy chảy qua các bề mặt tạo hình hội tụ để tạo thành băng thủy tinh, và quay các con lăn kéo để kéo băng thủy tinh để sản xuất tấm thủy tinh.

Theo các phương án nhất định, độ nhót rề nằm trong khoảng từ khoảng 75 kP đến khoảng 85 kP (ví dụ, 85 kP) và một hoặc nhiều độ nhót xuôi dòng đích nằm trong khoảng từ khoảng 90 kP đến khoảng 1×10^8 kP. Theo các phương án nhất định, gradient nhiệt độ tham chiếu để đạt được độ nhót xuôi dòng đích bằng 100 kP là khoảng 8,5°C, gradient nhiệt độ tham chiếu để đạt được độ nhót xuôi dòng đích bằng 200 kP là khoảng 43°C, gradient nhiệt độ tham chiếu để đạt được độ nhót xuôi dòng đích bằng 500 kP là khoảng 85°C, và/hoặc gradient nhiệt độ tham chiếu để đạt được độ nhót xuôi dòng đích bằng 1000 kP là khoảng 115°C.

Các dấu hiệu và ưu điểm khác sẽ được nêu trong phần mô tả chi tiết sau đây, và một phần sẽ rõ ràng đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật từ phần mô tả đó hoặc được nhận biết bằng cách thực hành các phương án được mô tả ở đây, bao gồm phần mô tả chi tiết sau đây, các điểm yêu cầu bảo hộ cũng như các hình vẽ kèm theo.

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

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig. 1 là hình phối cảnh mặt cắt ngang riêng phần của máy kéo xuống dung hợp;

Fig. 2 là đồ thị mô tả các gradien nhiệt độ cần để tăng độ nhớt của nhiều chế phẩm thủy tinh từ 85 kilopoa (kP) đến 200 kP, và từ 85kP đến 500 kP; và

Fig. 3 là đồ thị mô tả gradien nhiệt độ để tăng độ nhớt của nhiều chế phẩm thủy tinh từ 80 kP đến một số độ nhớt cao hơn.

Mô tả chi tiết sáng chế

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

Cần chú ý rằng các thuật ngữ "về cơ bản là" và "khoảng" có thể được sử dụng ở đây để thể hiện mức độ không chắc chắn vốn có, có thể thuộc về việc so sánh, trị số, việc đo, hoặc biểu diễn định lượng bất kỳ nào. Các thuật ngữ này cũng được sử dụng ở đây để biểu thị mức độ mà qua đó sự biểu thị định lượng có thể thay đổi so với tham chiếu được nêu mà không dẫn đến sự thay đổi về chức năng cơ sở của đối tượng ở vấn đề đó.

Máy kéo xuống dung hợp được thể hiện trên Fig. 1, trong đó chi tiết máng xối tràn qua hoặc thân tạo hình 10 bao gồm máng xối hở hướng lên trên 20 được bao ở các cạnh theo chiều dọc của nó tại các phần thành 30, mà giới hạn tại phạm vi bên trên của chúng ở các thành bên hoặc đập tràn qua 40 kéo dài theo chiều dọc đối diện. Các đập tràn 40 thông với các bề mặt tạo hình tám ngoài đối diện của thân tạo hình 10. Như được thể hiện, thân tạo hình 10 được trang bị một cặp phần bề mặt tạo hình về cơ bản thẳng đứng 50 mà thông với các đập tràn 40, và một cặp phần bề mặt hội tụ nghiêng hướng

xuống dưới 60 mà giới hạn tại đỉnh hoặc rẽ phía dưới về cơ bản nằm ngang 70 tạo thành đường kéo thủy tinh.

Thủy tinh nóng chảy 80 được cấp vào trong máng xối 20 bằng đường phân phối 90 thông với máng xối 20. Việc cấp vào trong máng xối 20 có thể bao gồm một đầu hoặc, nếu muốn, hai đầu. Một cặp đập giới hạn 100 được cung cấp trên đập tràn tràn qua 40 liền kề mỗi đầu của máng xối 20 để dẫn sự tràn qua của bề mặt tự do 110 của thủy tinh nóng chảy 80 qua đập tràn qua 40 ở dạng các dòng riêng rẽ, và xuống các vị trí bề mặt tạo hình đối diện 50, 60 đến rẽ 70 nơi mà các dòng riêng rẽ, được thể hiện ở dạng các đường chuỗi, hội tụ để tạo thành tấm thủy tinh có bề mặt thô sơ 120. Ở quy trình dung hợp, các con lăn kéo 130 được đặt xuôi dòng của rẽ 70 của thân tạo hình 10, các con lăn kéo 130 được đặt cách nhau một khoảng cách con lăn kéo 135 từ rẽ 70. Các con lăn kéo 130 được sử dụng để điều chỉnh tốc độ mà tại đó băng được tạo thành của thủy tinh để lại các bề mặt tạo hình hội tụ và do đó giúp xác định độ dày bình thường của tấm hoàn chỉnh. Các con lăn kéo thích hợp được mô tả, ví dụ, trong Bảng sáng chế Mỹ số 6,896,646, nội dung của tài liệu này được kết hợp toàn bộ ở đây bằng cách viện dẫn.

Theo một hoặc nhiều phương án, các con lăn kéo được thiết kế để tiếp xúc bằng thủy tinh tại các mép ngoài của nó, cụ thể là, ở các vùng chỉ ở bên trong của các hạt được làm dày mà tồn tại ở các mép chính của băng. Các phần mép thủy tinh 140 mà được tiếp xúc bởi các con lăn kéo sau đó được bỏ khỏi chất nền sau khi chúng được tách khỏi tấm.

Tùy thuộc vào chế phẩm thủy tinh cụ thể được đề cập, độ nhót của tấm thủy tinh được xử lý trên máy kéo xuống dung hợp có thể thay đổi dưới độ nhót đối với các điều kiện tạo hình ổn định dựa trên lực kéo. Lực kéo là hàm của khối lượng thủy tinh không được chống đỡ giữa rẽ của ống isopipe và các con lăn kéo. Như được thảo luận trên đây, nếu độ nhót rẽ thấp hơn giá trị để cung cấp lực kéo dương tại các con lăn kéo, thủy tinh sẽ biến dạng khỏi mặt phẳng, hiện tượng này được biết là lỗi cong vênh phình ra.

Mặt khác, nếu cố gắng tránh lỗi cong vênh phình ra, độ nhót rẽ tăng quá nhiều, độ nhót của chế phẩm thủy tinh trong quá trình xử lý có thể vượt qua độ nhót đường pha

lỏng trong quá trình xử lý, trong trường hợp này, sự hóa mờ thủy tinh sẽ xảy ra trong tấm thủy tinh và/hoặc các máy ngấm mép, do đó có thể gây ra thất thoát sản phẩm.

Theo một hoặc nhiều phương án, đã xác định rằng các chế phẩm thủy tinh cụ thể có thể được xử lý tại các độ nhót rỗ tương đối thấp, và do khả năng chúng đạt được các độ nhót cao hơn sau khi được làm nguội tại gradient nhiệt độ cụ thể, khi được so sánh với các chế phẩm thủy tinh khác được làm nguội tại cùng gradient nhiệt độ cụ thể, các chế phẩm thủy tinh này có thể vẫn tránh được lỗi cong vênh phình ra. Do đó, theo một hoặc nhiều phương án, các chế phẩm thủy tinh được xác định và được chọn để cung cấp chế phẩm thủy tinh thể hiện sự tăng độ nhót thủy tinh tương đối nhanh giữa rỗ và các con lăn kéo, và sẽ ít bị và có thể ngăn lỗi cong vênh phình ra.

Độ lớn của sự ảnh hưởng của sự tăng độ nhót liên quan đến khoảng cách bên dưới rỗ mà xảy ra sự tăng độ nhót ở đó. Độ nhót tăng gần rỗ tạo ra sự tăng lực kéo lớn nhất đối với cùng độ nhót rỗ. Bảng sáng chế Mỹ số 8,429,936, được kết hợp toàn bộ ở đây bằng cách viện dẫn, cung cấp sự thảo luận thêm về lực kéo và các khoảng cách từ rỗ.

Phương pháp hiện tại để giải quyết lỗi cong vênh phình ra trong khi tránh độ nhót đường pha lỏng trong quá trình xử lý trên máy kéo xuống dung hợp là để giới hạn các chế phẩm thủy tinh có thể có các độ nhót đường pha lỏng cao hơn đáng kể so với mức được gọi là giới hạn độ nhót cong vênh phình ra, cụ thể là khi xử lý các tấm thủy tinh có các độ dày lớn hơn 0,7 mm, lớn hơn 0,8 mm, hoặc lớn hơn 0,9 mm. Phương pháp hiện tại này dẫn đến sự loại bỏ số lượng lớn các chế phẩm thủy tinh có độ nhót đường pha lỏng thấp không xem xét đến, thậm chí các chế phẩm thủy tinh này theo cách khác có thể xử lý được để thu được các tính chất có lợi. Đã khám phá ra rằng các chế phẩm có các độ nhót đường pha lỏng thấp, nhưng có độ dốc đường cong độ nhót thích hợp, có thể được xử lý trong máy kéo xuống dung hợp để tạo thành các tấm thủy tinh có các độ dày tương đối cao (ví dụ, lớn hơn 0,7 mm và nhỏ hơn 50 mm, lớn hơn 0,8 mm và nhỏ hơn 50 mm, lớn hơn 0,9 mm và nhỏ hơn 50 mm, lớn hơn 1 mm và nhỏ hơn 50 mm), trong khi vẫn tránh lỗi cong vênh phình ra.

"Độ dốc đường cong độ nhót," như được sử dụng ở đây, để chỉ gradient nhiệt độ để tăng độ nhót, ví dụ, từ độ nhót rỗ, đến độ nhót cao hơn tại một trong số một số vị trí giữa rỗ và các con lăn kéo, và để chỉ độ nhót của chế phẩm thủy tinh tại các con lăn

kéo, khi được xử lý trong máy kéo xuống dung hợp. Như được mô tả chi tiết hơn dưới đây trong phần Ví dụ, khi nhiệt độ của chế phẩm cụ thể được giảm bằng gradien nhiệt độ gây ra bằng cách làm nguội chế phẩm thủy tinh, độ dốc đường cong độ nhót mà tránh được sự cong vênh phình ra sẽ đạt đến sự tăng độ nhót cận biên cao hơn, khi được so sánh với sự tăng độ nhót cận biên đạt được bởi các chế phẩm mà không có độ dốc đường cong độ nhót mà ngăn ngừa sự cong vênh phình ra. Do đó, ưu điểm của các chế phẩm có độ dốc đường cong độ nhót mà tránh được sự cong vênh phình ra đó là cần những thay đổi nhiệt độ nhỏ hơn để tăng độ cứng của chế phẩm thủy tinh khi nó được xử lý trong máy kéo xuống dung hợp.

Trong quá trình xử lý trên máy kéo xuống dung hợp, sự tăng độ cứng mà xảy ra khi làm giảm nhiệt độ rẽ của chế phẩm thủy tinh khi chế phẩm này được xử lý xuôi dòng từ rẽ xảy ra xuống sự kéo và qua sự kéo. Đối với cùng gradien nhiệt độ qua rẽ (vuông góc với dòng chảy của thủy tinh), độ nhót trên các đầu (số đo độ cứng thủy tinh) của băng thủy tinh tăng nhanh hơn ở tâm của rẽ. Hơn thế nữa, khi xử lý các tấm thủy tinh có chiều rộng tương đối hẹp hơn trên máy kéo xuống dung hợp, các đầu thể hiện tỉ lệ phần trăm lớn hơn của tổng chiều rộng. Do đó, để tránh lỗi cong vênh phình ra hơn khi xử lý các tấm thủy tinh có chiều rộng hẹp hơn. Khi xử lý các tấm thủy tinh mà rộng hơn và dày hơn, khó tránh lỗi cong vênh phình ra hơn nhiều theo cách cận biên.

Theo một hoặc nhiều phương án, các chế phẩm thủy tinh và các phương pháp được đề xuất mà cho phép gradien nhiệt độ giảm giữa các đầu và tâm của ống isopipe, điều này dẫn đến làm giảm độ nhót rẽ để tránh lỗi cong vênh phình ra. Điều này cho phép các chế phẩm thủy tinh cần được sử dụng có nhiệt độ đường pha lỏng gần với các độ nhót giới hạn sự cong vênh phình ra.

Các chế phẩm có độ dốc đường cong độ nhót mà ngăn ngừa sự cong vênh phình ra sẽ cho phép các gradien nhiệt độ nhỏ hơn theo chiều dọc giúp giảm thiểu sự cong vênh phình ra. Các tốc độ chiết nhiệt cao qua sự bức xạ có thể gây ra gradien nhiệt độ băng ngang lớn hơn khi đi qua độ dày kéo không đồng nhất. Ở thủy tinh có các độ dốc đường cong độ nhót mà không ngăn ngừa sự cong vênh phình ra, cần lượng chiết nhiệt lớn hơn để tăng độ nhót bằng lượng tương đối giống nhau. Khi làm nguội chế phẩm thủy tinh trực tiếp sau khi nó tồn tại rẽ của ống isopipe, lực kéo có thể được tăng cho cùng nhiệt độ gốc.

Các đặc điểm của các chế phẩm có thể thể hiện độ dốc đường cong độ nhớt mà có thể ngăn ngừa lỗi cong vênh phình ra bây giờ sẽ được mô tả.

Ở các thủy tinh silicat công nghiệp, SiO_2 đóng vai trò là oxit tạo thủy tinh. Nồng độ của SiO_2 nên đủ cao để tạo ra thủy tinh có độ bền hóa học đủ cao thích hợp cho các ứng dụng dân dụng. Tuy nhiên, các thủy tinh không thể chứa quá nhiều SiO_2 vì nhiệt độ nóng chảy (nhiệt độ 200 poa) của SiO_2 tinh khiết hoặc các thủy tinh có SiO_2 cao là quá cao. Hơn thế nữa, hàm lượng SiO_2 cao thường tạo ra thủy tinh có đường cong độ nhớt nông, cụ thể là sự thay đổi nhiệt độ giữa hai điểm độ nhớt cố định là cao. Đối với các mục đích của các phương án theo sáng chế, hàm lượng SiO_2 cần thấp hợp lý, 50-75% mol, ví dụ 50-70% mol.

Al_2O_3 cũng có thể đóng vai trò là đường tạo hình thủy tinh trong các chế phẩm thủy tinh. Giống như SiO_2 , Al_2O_3 thường làm tăng độ nhớt của sự nóng chảy và sự tăng Al_2O_3 so với chất kiềm hoặc kiềm thổ thường dẫn đến độ bền được cải thiện. Vai trò cấu trúc của các ion nhôm phụ thuộc vào chế phẩm thủy tinh. Khi nồng độ của oxit kiềm (R_2O) là gần với hoặc lớn hơn nồng độ của nhôm oxit (Al_2O_3), tất cả nhôm được tìm thấy ở tọa độ tứ diện với các ion kiềm đóng vai trò là chất cân bằng điện tích. Tuy nhiên, các nồng độ Al_2O_3 cao thường làm hạ thấp độ nhớt đường pha lỏng. Theo một hoặc nhiều phương án, nồng độ Al_2O_3 có thể bằng khoảng 5-20% mol, ví dụ, khoảng 8-20% mol.

Các oxit kiềm (ví dụ, Li_2O , Na_2O , và K_2O) đóng vai trò là chất hỗ trợ trong việc đạt đến nhiệt độ nóng chảy thấp và các nhiệt độ đường pha lỏng thấp. Mặt khác, việc bổ sung oxit kiềm làm tăng một cách đột ngột hệ số nở vì nhiệt (CTE) và làm giảm độ bền hóa học của tấm thủy tinh. Để thực hiện trao đổi ion, sự có mặt của các oxit kiềm nhỏ (như Li_2O và Na_2O) được yêu cầu để trao đổi với các ion kiềm lớn hơn (ví dụ, K^+) từ bể muối. Ba loại trao đổi ion có thể thường được thực hiện:

1. Sự trao đổi Na^+ -cho- Li^+ , mà dẫn đến độ sâu lớp sâu nhưng ứng suất nén thấp;
2. Sự trao đổi K^+ -cho- Li^+ , mà dẫn đến độ sâu lớp nhỏ nhưng ứng suất tương đối lớn; và
3. Sự trao đổi K^+ -cho- Na^+ , mà dẫn đến độ sâu lớp và ứng suất nén trung bình.

Theo một số phương án, nồng độ cao đáng kể của các oxit kiềm nhỏ (ví dụ, lithi và natri) tạo ra ứng suất nén lớn ở thủy tinh, khi ứng suất nén tỉ lệ với số lượng các ion kiềm mà được trao đổi ra khỏi thủy tinh. Theo một số phương án, các oxit kiềm nhỏ có mặt nằm trong khoảng từ khoảng 10 đến khoảng 20% mol.

Các oxit cation hóa trị hai (như các oxit kiềm thổ, ví dụ, MgO, ZnO, SrO và CaO) cũng cải thiện hành vi nóng chảy của thủy tinh, nhưng đối với tính năng trao đổi ion, sự có mặt của các cation hóa trị hai đóng vai trò làm giảm sự di động của kiềm. Tác dụng tiêu cực đến tính năng trao đổi ion được tuyên bố cụ thể với các cation hóa trị hai lớn hơn. Hơn thế nữa, các oxit cation hóa trị hai nhỏ hơn thường giúp ứng suất nén nhiều hơn các cation hoá trị hai lớn hơn. Tuy nhiên, khi các hàm lượng của MgO cao, chúng thiên về việc tạo thành forsterit (Mg_2SiO_4), do đó gây ra nhiệt độ đường pha lỏng tăng rất nhanh với các hàm lượng MgO trên mức nhất định. Theo một số phương án, sự có mặt của các oxit hóa trị hai nằm trong khoảng từ khoảng 2 đến khoảng 10% mol hỗ trợ việc ngăn chặn lỗi cong vênh phình ra.

Sự bổ sung B_2O_3 vào trong các thủy tinh có thể đóng vai trò cải thiện sự chống hư hỏng của thủy tinh (ví dụ, có thể cung cấp thủy tinh có ngưỡng lõm cao). Khi bo không được cân bằng điện tích bằng các oxit kiềm hoặc các oxit cation hóa trị hai, nó sẽ ở trạng thái tọa độ tam diện, và do đó khai thông cấu trúc. Mạng lưới xung quanh bo được định tọa độ tam diện không cứng bằng mạng lưới được định tọa độ tứ diện, và do đó, thủy tinh có thể chống chịu sự biến dạng nào đó trước khi hình thành vết nứt. Ví dụ, xem Bảng sáng chế Mỹ số 8,946,103, được kết hợp toàn bộ ở đây bằng cách viện dẫn. Hơn thế nữa, bo làm giảm độ nhót nóng chảy và hỗ trợ một cách hiệu quả việc ức chế độ nhót phá hủy zircon. Theo một số phương án, thủy tinh không chứa bo oxit.

Đối với độ dốc đường cong độ nhót, các cation trường lực cao có ưu điểm trong việc tạo ra các chế phẩm thủy tinh có độ dốc đường cong độ nhót mà tránh lỗi cong vênh phình ra. Theo các phương án nhất định, chế phẩm thủy tinh bao gồm cation trường lực cao được chọn từ magie, canxi, stronti, lithi, zircon, tantali, ytri, lantan và các tổ hợp của chúng. Theo một phương án, cation trường lực cao được chọn từ magie, canxi, stronti, lithi và các tổ hợp của chúng.

Như được mô tả trên đây, theo một số phương án, độ dốc đường cong độ nhót mà tránh lỗi cong vênh phình ra cần làm lạnh ít hơn ở máy kéo xuống dung hợp dưới bề

của ống isopipe. Thủy tinh có hàm lượng cao của các cation trường lực cao và hàm lượng tương đối thấp của SiO_2 có thể tạo ra các chế phẩm thủy tinh có độ dốc đường cong độ nhớt tránh được lỗi cong vênh phình ra. Các phạm vi thích hợp của các cation trường lực cao theo một hoặc nhiều phương án bao gồm từ khoảng 5 đến khoảng 25% mol.

Như được sử dụng ở đây, trường lực ion được xác định là điện tích của ion chia cho bình phương của bán kính ion của nó. Về bản chất, nó là số đo cường độ của trường tĩnh điện do ion tạo ra khi ion này được coi là điện tích điểm trong không gian. Ví dụ, trạng thái ion thông thường của kali là +1 với bán kính ion là 1,33 Å (Å=angstrom), thu được trường lực ion là $(+1/(1,33^2))=0,57$. Natri, có điện tích ion bằng nhưng bán kính ion nhỏ hơn là 0,97 Å có trường lực cao hơn là 1,06. Nói chung, các điện tích ion cao hơn và/hoặc bán kính ion nhỏ hơn sẽ đóng góp vào các trường lực ion cao hơn.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Nhiều chế phẩm thủy tinh (A-O) được đề xuất có các thành phần được nêu dưới đây trong Bảng 1.

Bảng 1. Các thành phần của các chế phẩm thủy tinh A – M

Thành phần (% mol)	A	B	C	D
SiO_2	66,37	69,19	68,95	67,53
B_2O_3	0,60			3,68
Al_2O_3	10,29	8,52	10,27	12,68
Na_2O	13,80	13,94	15,20	13,67
K_2O	2,40	1,17		0,01
MgO	5,74	6,44	5,36	2,33
CaO	0,59	0,54	0,06	
SnO_2	0,21	0,19	0,17	0,10
Fe_2O_3				0,01

Thành phần (% mol)	E	F	G
SiO ₂	64,29	64,68	57,43
B ₂ O ₃	7,02	5,11	
Al ₂ O ₃	14,00	13,92	16,10
P ₂ O ₅			6,54
Na ₂ O	14,04	13,80	17,05
K ₂ O	0,51	0,01	
MgO		2,35	2,81
CaO	0,01	0,03	
SnO ₂	0,10	0,08	0,07
Fe ₂ O ₃	0,03	0,01	

Thành phần (% mol)	H	I	J
SiO ₂	63,60	63,28	67,50
B ₂ O ₃	2,40	6,74	9,83
Al ₂ O ₃	15,07	15,17	11,06
P ₂ O ₅	2,51		
Na ₂ O	9,26	4,32	
MgO		1,02	2,26
CaO		1,55	8,76
SnO ₂	0,06	0,03	0,08
Fe ₂ O ₃		0,02	
SrO		1,03	0,50
ZnO	1,18		

TiO ₂		0,0065	
Li ₂ O	5,93	6,84	

Thành phần (% mol)	K	L	M
SiO ₂	69,58	71,18	70,38
B ₂ O ₃	3,27	2,54	1,62
Al ₂ O ₃	12,03	12,50	13,23
MgO	4,74	3,57	4,28
CaO	5,84	5,28	5,63
SnO ₂	0,08	0,08	0,13
SrO	1,25	1,41	1,19
BaO	3,19	3,44	3,53

Mỗi chế phẩm thủy tinh được xử lý trên máy kéo xuống dung hợp thuộc các loại được thể hiện trên Fig. 1, trong đó chế phẩm thủy tinh tương ứng được cung cấp ở trạng thái nóng chảy và được chảy xuống các bề mặt tạo hình của máy kéo xuống dung hợp tới khi hội tụ tại rế. Từ rế, chế phẩm thủy tinh được chảy hướng xuống bởi trọng lực và tiếp cận các con lăn kéo. Các chế phẩm thủy tinh được kéo bằng cách quay các con lăn kéo, mà được định vị xuôi dòng từ rế.

Đối với mỗi chế phẩm thủy tinh, gradien nhiệt độ (tức là, sự giảm nhiệt độ của chế phẩm thủy tinh) để tăng độ nhớt của chế phẩm thủy tinh từ 85 kP đến 200 kP, và đến 500 kP (tức là, độ dốc đường cong độ nhớt) được ghi lại, và các kết quả được nêu trên Fig. 2. Trên Fig. 2, trục y bên trái để chỉ gradien nhiệt độ cần để tăng độ nhớt của chế phẩm thủy tinh từ 85 kP đến 200 kP và trục y bên phải để chỉ gradien nhiệt độ cần để tăng độ nhớt của chế phẩm thủy tinh từ 85 kP đến 500 kP.

Như được thể hiện trên Fig. 2, trong số các chế phẩm thủy tinh kiểm, chế phẩm K thể hiện gradien nhiệt độ thấp nhất để tăng độ nhớt từ 85 kilopoa (kP) (độ nhớt rế) đến độ nhớt cao hơn (200 kP và 500 kP). Ví dụ, như được thể hiện trên Fig. 2, độ nhớt của chế phẩm K tăng từ 85 kP đến 200 kP với sự giảm nhiệt độ nhỏ hơn 35°C (xem Fig.

2, trục trái). Hơn thế nữa, độ nhót của chế phẩm K tăng từ 85 kP đến 500 kP với sự giảm nhiệt độ nhỏ hơn 80°C (xem Fig. 2, trục bên phải).

Fig. 3 mô tả đồ thị của gradien nhiệt độ để tăng độ nhót rẽ của các chế phẩm thủy tinh (80 kP) đến một số độ nhót cao hơn, lên đến 5×10^6 poa (tức là, độ dốc đường cong độ nhót). Các phạm vi độ nhót được vẽ đồ thị dọc trục x của Fig. 3 tương ứng với độ nhót cao hơn (so với rẽ) của thủy tinh tại một số vị trí giữa rẽ và các con lăn kéo, và độ nhót tại các con lăn kéo, khi được xử lý trong máy kéo xuống dung hợp. Các kết quả này thu được bằng cùng quy trình như được mô tả đối với Fig. 2.

Như được thể hiện trên Fig. 3, Chế phẩm D thể hiện gradien nhiệt độ cao nhất để tăng độ nhót từ độ nhót rẽ (80 kP) đến một số độ nhót cao hơn. Chế phẩm D có độ dốc đường cong độ nhót mà không ngăn chặn được lỗi cong vênh phình ra. Các chế phẩm J và K, ngược lại, thể hiện gradien nhiệt độ thấp nhất để tăng độ nhót từ độ nhót rẽ (80 kP) đến một số độ nhót cao hơn. Chế phẩm J và K có độ dốc đường cong độ nhót mà ngăn ngừa được lỗi cong vênh phình ra. Trong Ví dụ này, đã phát hiện ra rằng Chế phẩm I, và tất cả các chế phẩm có các gradien nhiệt độ thấp hơn Chế phẩm I tại các độ nhót đã cho, tất cả đều có độ dốc đường cong độ nhót để tránh lỗi cong vênh phình ra (tức là các Chế phẩm I, M, J và K). Các chế phẩm D, F, H, A, C, G và B có độ dốc đường cong độ nhót mà không tránh được lỗi cong vênh phình ra.

Bảng 2, dưới đây, mô tả các gradien nhiệt độ ($\Delta^\circ\text{C}$) để tăng độ nhót của các chế phẩm thủy tinh từ độ nhót rẽ (ở đây là 85 kP) đến các độ nhót cao hơn, các độ nhót cao hơn này tương ứng với độ nhót của thủy tinh tại một số vị trí giữa rẽ và các con lăn kéo, và độ nhót tại các con lăn kéo, khi được xử lý trong máy kéo xuống dung hợp. Dữ liệu thu được dựa trên cùng quy trình như được mô tả trên đây.

Bảng 2: Gradien nhiệt độ ($\Delta^\circ\text{C}$) để mang lại cho chế phẩm thủy tinh từ 85 kP đến độ nhót cao hơn

Chế phẩm thủy tinh						
	A	B	C	D	E	F
85 kP đến 100 kP	9,0	8,8	8,9	9,8	9,7	9,3

85 kP đến 200 kP	45,4	44,4	45,1	49,9	49,2	47,2
85 kP đến 500 kP	89,4	87,3	88,8	98,9	97,2	93,6
85 kP đến 1000 kP	120	117	119	133	131	126
Chế phẩm thủy tinh						
	G	H	I	J	K	L
85 kP đến 100 kP	8,7	9,3	8,3	7,7	7,6	7,8
85 kP đến 200 kP	44,5	46,9	42,2	38,9	38,7	39,6
85 kP đến 500 kP	88,1	92,7	83,5	76,8	76,5	78,3
85 kP đến 1000 kP	119	125	112	103	103	105
Chế phẩm thủy tinh						
	M					
85 kP đến 100 kP	7,7					
85 kP đến 200 kP	39,3					
85 kP đến 500 kP	77,9					
85 kP đến 1000 kP	105					

Theo các phương án nhất định, các chế phẩm nằm trong số các chế phẩm tránh được lõi cong vênh phình ra bao gồm các chế phẩm trong đó gradien nhiệt độ để tăng độ nhót từ độ nhót rỗ (85 kP) đến 100 kP nhỏ hơn khoảng 8,5°C, gradien nhiệt độ để tăng độ nhót từ độ nhót rỗ (85 kP) đến 200 kP nhỏ hơn khoảng 43°C, gradien nhiệt độ để tăng độ nhót từ độ nhót rỗ (85 kP) đến 500 kP nhỏ hơn khoảng 85°C, và/hoặc gradien nhiệt độ để tăng độ nhót từ độ nhót rỗ (85 kP) đến 1000 kP nhỏ hơn khoảng 115°C. Trong Ví dụ cụ thể này, các chế phẩm I – M có độ dốc đường cong độ nhót mà ngăn ngừa được lõi cong vênh phình ra, và tránh được lõi cong vênh phình ra trong các chế phẩm này.

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ hiểu rõ rằng, các biến đổi và thay đổi khác nhau có thể được đưa ra mà không nằm ngoài tinh thần hoặc phạm vi bảo hộ của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất tấm thủy tinh từ chế phẩm thủy tinh được xử lý trong máy kéo xuống dung hợp sử dụng các con lăn kéo, phương pháp này bao gồm các bước:

xác định (i) độ nhót đường pha lỏng của chế phẩm thủy tinh, và (ii) độ nhót rề của chế phẩm thủy tinh tại nhiệt độ độ nhót rề đối với chế phẩm thủy tinh tại rề được tạo thành trong quy trình kéo xuống dung hợp;

chọn một hoặc nhiều độ nhót xuôi dòng đích từ rề đối với chế phẩm thủy tinh, các độ nhót xuôi dòng đích này là cao hơn về độ lớn so với độ nhót rề đã nêu, và thấp hơn về độ lớn so với độ nhót đường pha lỏng đã nêu;

xác định gradient nhiệt độ để đạt được một hoặc nhiều độ nhót xuôi dòng đích trong chế phẩm thủy tinh, khi so sánh với nhiệt độ độ nhót rề đối với chế phẩm thủy tinh;

so sánh gradient nhiệt độ đã nêu để đạt được độ nhót bất kỳ trong số một hoặc nhiều độ nhót xuôi dòng đích với gradient nhiệt độ tham chiếu để đạt được độ nhót xuôi dòng đích trong chế phẩm thủy tinh tham chiếu thứ hai tại nhiệt độ độ nhót rề trong máy kéo xuống dung hợp, chế phẩm thủy tinh tham chiếu thứ hai đã biết là tránh được lỗi cong vênh phình ra; và

nếu gradient nhiệt độ bất kỳ trong số các gradient nhiệt độ đã nêu đối với độ nhót bất kỳ trong số các độ nhót đích đã nêu thấp hơn về độ lớn so với gradient nhiệt độ tham chiếu đã nêu để đạt được độ nhót đích trong chế phẩm thủy tinh tham chiếu thứ hai, cho chế phẩm thủy tinh ở trạng thái nóng chảy chảy qua các bề mặt tạo hình hội tụ để tạo thành băng thủy tinh, và quay các con lăn kéo để kéo băng thủy tinh để sản xuất tấm thủy tinh.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó độ nhót rề nằm trong khoảng từ 7kPa.s đến 9 kPa.s (70 kP đến 90 kP) và một hoặc nhiều độ nhót xuôi dòng đích là nằm trong khoảng từ 9 kPa.s (90 kP) đến 1×10^7 kPa.s (1×10^8 kP).

3. Phương pháp theo điểm 2, trong đó độ nhót rề nằm trong khoảng từ 8 kPa.s (80 kP) đến 8,5 kPa.s (85 kP).

4. Phương pháp theo điểm 2, trong đó gradien nhiệt độ tham chiếu để đạt được độ nhớt xuôi dòng đích bằng 10 kPa.s (100 kP) là 8,5°C.
5. Phương pháp theo điểm 2, trong đó gradien nhiệt độ tham chiếu để đạt được độ nhớt xuôi dòng đích bằng 20 kPa.s (200 kP) là 43°C.
6. Phương pháp theo điểm 2, trong đó gradien nhiệt độ tham chiếu để đạt được độ nhớt xuôi dòng đích bằng 50 kPa.s (500 kP) là 85°C.
7. Phương pháp theo điểm 2, trong đó gradien nhiệt độ tham chiếu để đạt được độ nhớt xuôi dòng đích bằng 100 kPa.s (1000 kP) là 115°C.

2/3

FIG. 2

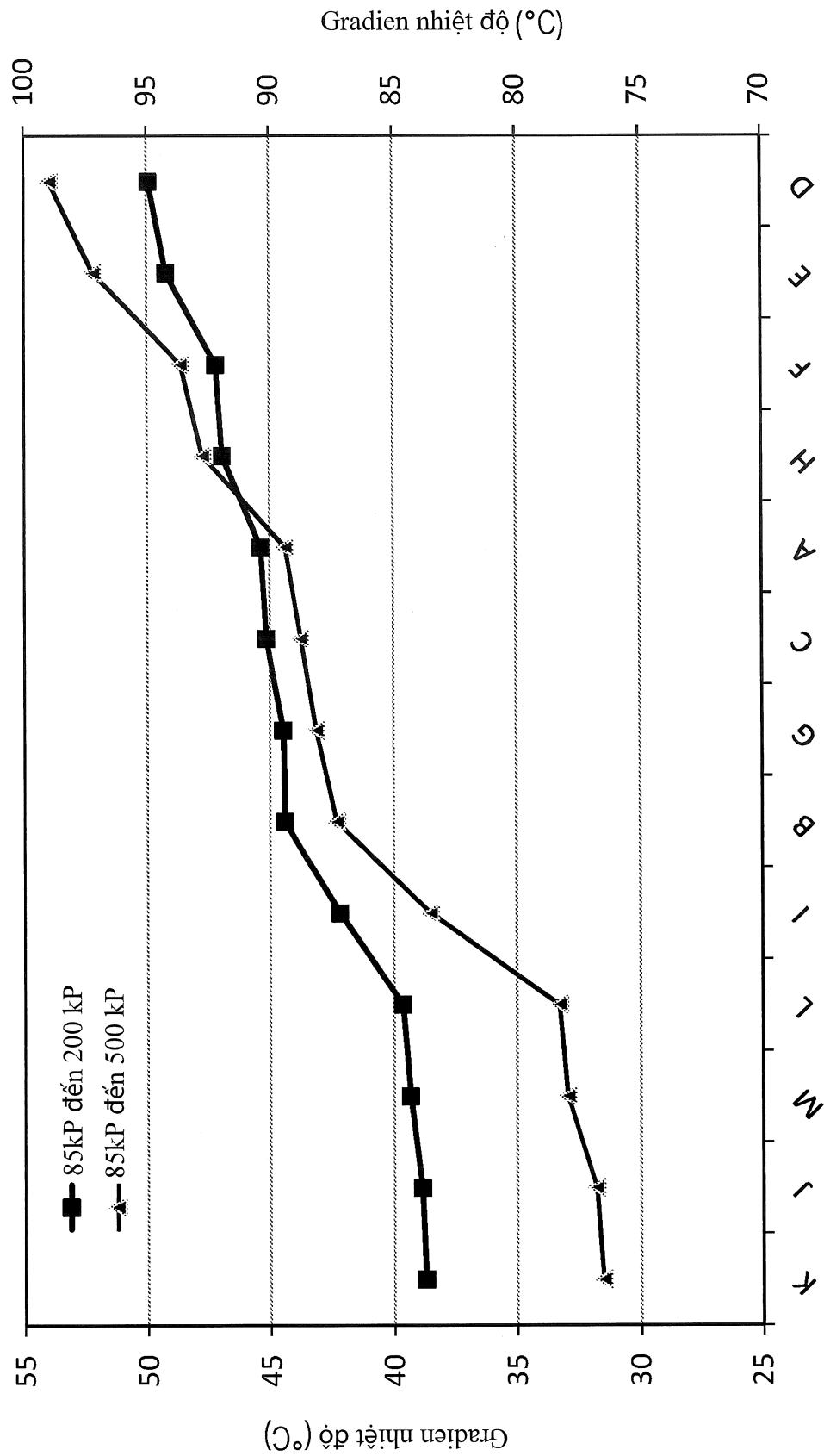


FIG. 3

