



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

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

(11)



1-0037384

(51)⁷ **B64B 1/58; B32B 27/08; B32B 27/12; B32B 27/28; B32B 27/36; B32B 5/02; B32B 7/04; B32B 7/12; B32B 27/06; B32B 27/30** (13) **B**

(21) 1-2019-02676

(22) 23/10/2017

(86) PCT/EP2017/077009 23/10/2017

(87) WO 2018/077806 03/05/2018

(30) 62/411,764 24/10/2016 US

(45) 27/11/2023 428

(43) 26/08/2019 377A

(73) SCEYE SA (CH)

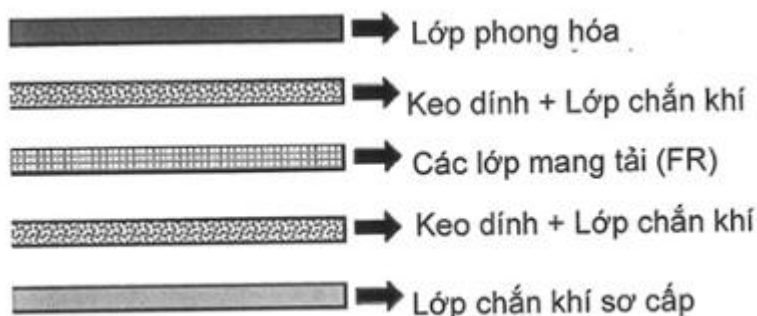
Place Saint-Francois 1, 1003 Lausanne, Switzerland

(72) VESTERGAARD FRANDSEN, Mikkel (DK); KIM, David (US); BRADFORD, Philip David (US); SEYAM, Abdel-Fattah Mohamed (US); VALLABH, Rahul (IN); LI, Ang (CN).

(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG NHẹ HƠN KHÔNG KHÍ VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT VẬT LIỆU DẠNG TẤM NHIỀU LỚP DÙNG CHO PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG NHẹ HƠN KHÔNG KHÍ

(57) Sáng chế đề cập đến phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí bao gồm vỏ bằng vật liệu dạng tấm nhiều lớp với lớp sợi tăng cứng, dùng cho ví dụ Zylon®, và màng rệu Etylen Vinyl thứ nhất và màng rệu Etylen Vinyl tùy ý thứ hai được gắn dính nóng chảy vào lớp sợi. Lớp phong hóa bảo vệ các sợi chống lại sự lão hóa do tia cực tím (UV).



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí có vỏ, tấm nhiều lớp dùng cho vỏ này và phương pháp sản xuất tấm nhiều lớp này. Đặc biệt, sáng chế đề cập đến tấm nhiều lớp đa chức năng có lớp sợi tăng cứng và lớp màng chắn khí.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí có vỏ mềm dẻo mà được nạp khí, tiêu biểu là Heli. Trong trường hợp phương tiện giao thông không có kết cấu khung bên trong, nó cũng được gọi là phương tiện giao thông trên không, ở đó hình dạng của phương tiện giao thông trên không, tiêu biểu có dạng thon dài, được duy trì nhờ áp suất bên trong. Vỏ phải được làm bằng tấm nhiều lớp mà đủ ổn định để không nổ và cũng có chức năng làm lớp chắn khí, tiêu biểu là Heli (He) bên trong vỏ.

Vật liệu vỏ dùng cho các phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí độ cao lớn cần đáp ứng một số yêu cầu. Phương tiện này phải có trọng lượng nhẹ trong lúc tại cùng thời điểm tạo ra độ ổn định cơ học. Phương tiện này phải kháng hóa chất khí quyển xâm thực ở độ cao lớn, đặc biệt là lượng ozon trong không khí. Phương tiện này cũng phải chịu được tia tử ngoại (UV) và ổn định và mềm dẻo ở nhiệt độ cao và thấp. Mặc dù vậy, các vật liệu là đã biết đối với mỗi một trong số các yêu cầu này, tổ hợp của chúng ám chỉ thách thức nghiêm ngặt cho sự phát triển của vỏ.

Patent Mỹ số 7.354.636 ban đầu được cấp cho Lavan và các đồng tác giả, sau đó chuyển nhượng cho Lockheed Martin Corporation, bộc lộ tấm nhiều lớp có một lớp sợi polyme tinh thể lỏng, ví dụ Vectran®, lớp polyimide (PI) được bám chặt vào lớp sợi polyme tinh thể lỏng; và lớp polyvinyliden florua (PVDF) được bám chặt vào lớp PI. Các lớp được bám chặt vào nhau bằng keo dính polyuretan (PU). Các tấm nhiều lớp liền kề có thể được bám chặt vào nhau nhờ băng phủ PVDF ở các bề mặt ngoài và băng kết cấu trên các bề mặt trong. Băng kết cấu gồm có lớp sợi polyme tinh thể lỏng và lớp PI để đảm bảo tính toàn vẹn của phương tiện giao thông. Vật liệu thay thế khác có thể gồm có lớp sợi polyme tinh thể lỏng và lớp PVDF được bố trí trên cả hai mặt

của lớp sợi polyme tinh thể lỏng. Trọng lượng là khoảng 5 aoxo/yard (thước anh) vuông (170 g/m^2). Độ bền kéo là khoảng 240 cân anh (lbs)/insơ, tương ứng với 420 N/cm.

Thấy rằng sức chứa tải trọng được liên quan trực tiếp đến trọng lượng của vỏ, mong muốn là giảm trọng lượng trong lúc giữ hoặc tăng đều độ bền.

Tỷ lệ trọng lượng với độ bền tốt hơn được phát hiện trong bài báo “Tear propagation of a High-performance Airship Envelope Material” được công bố bởi Maekawa và Yoshino ở tạp chí về Thiết bị bay Tập 45, Số 5, từ tháng 9 đến tháng 10 năm 2008. Vật liệu được bộc lộ có trọng lượng là 157 g/m^2 và độ bền kéo là 997 N/cm. Tấm nhiều lớp bao gồm các sợi Zylon® dùng cho cốt vải này. Zylon® là tên nhãn hiệu của Toyobo Corporation dùng cho polyme tinh thể lỏng dễ tan dạng thanh cứng. Chi tiết hơn, đó là polyoxazol tinh thể lỏng rắn nhiệt, poly(p-phenylen-2,6-benzobisoxazol), cũng được gọi là PBO.

Zylon® (PBO) có độ bền cụ thể cao so với các sợi có tính năng cao bán trên thị trường. Sợi Zylon® cũng có sức chịu giãn dài do rão cao và do đó hữu ích để tăng cứng sợi (FR) trong vật liệu dạng tấm nhiều lớp. Tuy nhiên, PBO cũng đã biết là rất dễ bị thoái hóa quang không chỉ bởi tia tử ngoại, mà còn bởi ánh sáng nhìn thấy. Sự có mặt của độ ẩm và oxy cũng được thấy là gia tốc sự phân hủy quang. Vì các lý do này, bất kể các lợi ích rõ ràng xét về độ bền cao và độ rão thấp, các thách thức khác cũng đặt ra cùng với vật liệu sợi này khi được sử dụng cho các khí cầu tầng bình lưu.

Vật liệu vỏ khác được bộc lộ trong các Patent Mỹ số US 6.074.722 ban đầu được cấp cho Cuccias và các đồng tác giả, sau đó được chuyển nhượng cho Lockheed Martin, trong đó tấm nhiều lớp được làm bằng lớp sợi được tạo lớp thành vật liệu chất dẻo nhựa. Lớp sợi hoặc là vật liệu dệt hoặc nhiều lớp của vật liệu dạng tơ đơn hướng. Các tấm dạng lớp với các vải dệt dùng cho khí cầu cũng được bộc lộ trong US 7.713.890 ban đầu cấp cho Vogt và các đồng tác giả, sau đó chuyển nhượng cho Milliken & Company. Sự tích hợp của các chi tiết điện tử ở lớp vỏ được bộc lộ bởi Liggett và các đồng tác giả, sau đó chuyển nhượng cho Lockheed Martin Corporation.

Các vật liệu vỏ khác nhau được thảo luận trong bài viết “Material challenges for Lighter-Than-Air Systems in High Altitude Applications” bởi Zhai và Euler, do Viện

Hàng không và Du hành vũ trụ Hoa Kỳ công bố ở Hội nghị Hàng không, Công nghệ, Tích hợp và Vận hành lần thứ 5 của AIAA (ATIO) từ ngày 26 đến ngày 28 tháng 9 năm 2005, Arlington California. Bài viết này thảo luận về các vật liệu khác nhau dùng làm các vật liệu khí cầu nhẹ hơn không khí, cụ thể các vật liệu dùng làm lớp giữ khí cũng như để làm lớp kết cấu dẹt đỡ tải, mà lấy đi tải trọng/ứng suất. Các lớp này được gắn kết với nhau nhờ lớp keo dính. Sự gắn kết bằng keo dính được mô tả dựa vào polyuretan, epoxy và acrylic. Đối với lớp giữ khí, bài viết nêu ra tính mềm dẻo ở thấp là tham số quan trọng nhất trong số các tính chất mong muốn khác nhau, mà cũng gồm tính thấm khí thấp, trọng lượng tối thiểu, khả năng gắn kết tốt, sức chịu ăn mòn, và sức chịu ozon. Trong bảng 5 của bài viết này, rượu Etylen Vinyl Copolyme (EVOH) được nêu là có độ mềm dẻo ở nhiệt độ thấp kém, chỉ ra rằng EVOH là không thích hợp làm khí cầu hoặc vật liệu vỏ dùng cho các khinh khí cầu nhẹ hơn không khí ở các nhiệt độ thấp, mà tiêu biểu được thấy ở các độ cao lớn. Vì lý do rõ ràng này, bài viết này nêu thay cho polyolefin, polyuretan, cao su etylen propylen dien monome (EPDM), và cao su silicon làm các vật liệu polyme hứa hẹn nhất đối với lớp giữ khí.

Mặc dù, bài viết của Zhai và Euler chỉ ra EVOH là không hữu dụng đối với khinh khí cầu độ cao lớn, các chỉ báo phát hiện là EVOH là hữu dụng khi được sử dụng ở lớp kẹp cùng với các polyuretan, mà cũng được gọi là vật liệu hứa hẹn trong bài viết này. Tài liệu tham khảo liên quan đến tập tài liệu bán hàng của Eval Europe NV, công ty con của Kuraray Co. Ltd., tệp tài liệu này được phát hiện ở trang internet <http://eval-america.com/media/15453/eval%20industrial%20application.pdf>. Trong tập tài liệu này, độ mềm dẻo lớn và các lớp chắn khí tốt được nêu ngoài tính thích hợp ở các điều kiện khí quyển giá lạnh cho kết cấu màng được đồng ép dẹt, ở đó chất dẻo EVOH (Eval™) được kẹp giữa các lớp polyuretan dẻo nhiệt (TPU), sự kẹp tóm lại được mô tả là TPU/Eval™/TPU. Một trong các sử dụng được đề xuất của màng kẹp này là vật liệu dùng để điều khiển tầng bình lưu. Tài liệu này chỉ ra rằng sự kẹp EVOH giữa hai màng TPU khắc phục được các nhược điểm của độ mềm dẻo ở nhiệt độ thấp kém của chính EVOH. Tuy nhiên, để làm vật liệu vỏ trọng lượng nhẹ, mà hầu như để nâng cao một cách phù hợp dung lượng của khí cầu, sự kẹp EVOH giữa các lớp TPU có bất lợi là thêm trọng lượng của vỏ mà không tối ưu hóa độ bền của vật liệu vỏ cuối cùng.

Do đó, giải pháp tối ưu cho vật liệu vỏ chưa được phát hiện. Kết luận là, mặc dù, một số đề xuất được phát hiện trong giải pháp kỹ thuật đã biết dùng làm các vỏ khinh khí cầu, vẫn có nhu cầu ổn định để cải thiện và tối ưu hóa.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, mục đích của sáng chế là đề xuất để sự cải thiện so với giải pháp kỹ thuật đã biết. Mục đích nữa của sáng chế là đề xuất phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí có vỏ được cải thiện. Cụ thể, vỏ gồm tám nhiều lớp được cải thiện được tối ưu hóa liên quan đến trọng lượng tương ứng với độ bền cũng như độ thấm khí tối thiểu. Các mục đích này đạt được bởi phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí có vỏ bao gồm tám nhiều lớp như được mô tả chi tiết hơn trong phần mô tả sau đây.

Các chữ viết tắt sau đây được sử dụng:

ypi (sợi/inso), 1 inso = 2,54 cm, 1 ypi = 1/(2,54) sợi/cm

tpi (vòng xoắn/inso); tpm (vòng xoắn/m); 1 tpi=39 tpm

gsm (g/m²)

sqm (m²)

UV-Vis là sự phân hủy do phong hóa dưới tác dụng của tia tử ngoại (UV) và/hoặc ánh sáng nhìn thấy

Tám nhiều lớp dùng cho vỏ bao gồm vật liệu dạng tám nhiều lớp làm lớp chắn khí và kết cấu đỡ tải, tám nhiều lớp bao gồm lớp sợi tăng cứng và rượu Etylen Vinyl (Ethylene Vinyl Alcohol) (EVOH) thứ nhất, màng được gắn kết nóng chảy lên lớp sợi ở một mặt của lớp sợi, trong đó EVOH được tiếp xúc trực tiếp với lớp sợi tăng cứng.

Thuật ngữ “tiếp xúc trực tiếp” ám chỉ rằng không có lớp vật liệu khác được đặt giữa lớp EVOH và lớp sợi. Cụ thể, màng EVOH không được tạo ra là một phần của màng composit, ở đó EVOH được kẹp giữa hai lớp TPU trước khi gắn dính nóng chảy nó lên lớp sợi.

Tùy ý, tám nhiều lớp bao gồm màng EVOH thứ hai được gắn dính nóng chảy vào lớp sợi ở phía đối diện của lớp sợi, trong đó cũng EVOH của màng EVOH thứ hai được tiếp xúc trực tiếp với lớp sợi tăng cứng. Trong trường hợp này, lớp sợi tăng cứng được kẹp giữa màng thứ nhất và thứ hai được làm bằng rượu Etylen Vinyl (EVOH), mà được nóng chảy thành lớp sợi trên cả hai mặt.

EVOH có tính thấm khí rất thấp dùng cho Heli, mà là hữu hiệu cao. Đây là sự ổn định tia tử ngoại (UV) và sức chịu ozon. Hơn nữa, nó có thể gắn kín nhờ nhiệt. Đề cập của giải pháp kỹ thuật đã biết về độ mềm dẻo ở nhiệt độ thấp kém không được nhìn thấy qua thử nghiệm dưới dạng vấn đề mà được sử dụng một mình hoặc khi được sử dụng trong các tấm nhiều lớp mà được tạo ra có EVOH làm lớp chắn khí.

Đối với vật liệu vỏ, màng EVOH thứ nhất được gắn dính nóng chảy lên và ít nhất một phần lên lớp sợi từ một mặt, và tùy ý màng EVOH thứ hai được gắn dính nóng chảy lên và ít nhất một phần lên lớp sợi từ mặt đối diện của lớp sợi. Gắn kết nóng chảy này đạt được bằng cách ép nóng các lớp với nhau. Lấy ví dụ, nhiệt độ nằm trong khoảng từ 175 đến 180°C là hữu dụng. Trong tấm nhiều lớp như được mô tả trong các đoạn sau đây, màng EVOH không chỉ đóng vai trò làm keo dính gắn để liên kết các lớp với nhau, nhưng cũng tác động làm lớp chắn khí. Bởi vậy, tấm này đóng vai trò làm lớp đa chức.

Để đề xuất độ bền cao và trọng lượng như của lớp tăng cứng sợi (FR), các sợi bằng tinh thể lỏng là ứng viên tốt, ví dụ Poly [p-phenylen-2, 6-benzobisoxazol], PBO. Các sợi này được đưa ra trên thị trường làm các sợi Zylon®, như được giải thích rõ trong phần mở đầu.

Để tối ưu hóa độ bền và/hoặc tính đồng nhất, trong một số trường hợp, có lợi là gồm có ít nhất một trong các sợi xoắn, các sợi định cỡ và các sợi mà cả hai được định cỡ và xoắn. Tùy ý, các sợi được định cỡ hỗ trợ cho liên kết bs giữa các lớp, đặc biệt nếu vật liệu định cỡ có thể tương thích với lớp keo dính. Các ví dụ về vật liệu được định cỡ là các sợi poly-vinyl-axetat (PVA) nhất định. Ví dụ khác là các sợi được bán dưới tên thương mại Exceval. Ví dụ sự định cỡ các sợi đạt được bằng cách phủ vật liệu định cỡ làm ống xe hoàn thiện thành các sợi.

Tác nhân định cỡ phù hợp là rượu polyvinyl. Tác nhân này có bán trên thị trường, ví dụ từ công ty Nhật Bản Kuraray® Co, Ltd. Rượu polyvinyl cải biến kỵ nước với tên thương mại Exceval™ từ Kuraray® cũng được sử dụng trong thử nghiệm với kết quả tốt. Các tác nhân định cỡ này trên cơ sở rượu polyvinyl là đàn hồi, sức chịu hóa chất cao và rất cuộc tương thích với EVOH. Cũng được thể hiện trong thực nghiệm là rượu polyvinyl được gia cường sợi Zylon®. Nó cũng tạo ra lớp bám dính tốt hơn giữa vải và EVOH.

Ví dụ, tập hợp thứ nhất của các sợi trong lớp sợi, tùy ý các sợi bằng tinh thể lỏng, được xoắn, trong khi đó tập hợp thứ hai của sợi trong lớp sợi, tùy ý các sợi bằng tinh thể lỏng, không được xoắn.

Theo một số phương án, hai tập hợp sợi được bố trí theo các hướng khác nhau. Ví dụ, tập hợp thứ nhất của các sợi định hướng theo hướng thứ nhất được xoắn và tập hợp thứ hai của sợi định hướng theo hướng thứ hai không được xoắn. Ví dụ, hướng thứ nhất và hai có góc giữa các hướng ít nhất 30° , ví dụ 45° , tùy ý vuông góc. Có thể đạt được các kết quả tốt với các sợi xoắn mà có lượng vòng xoắn nằm trong khoảng từ 30 đến 50 vòng xoắn/m.

Cả hai lớp sợi cân bằng hoặc không cân bằng là hữu dụng tiềm tàng. Theo một số phương án, các sợi trong tập hợp thứ hai của sợi ít nhất hai lần dày hơn tập hợp thứ nhất của sợi. Theo một số phương án, tập hợp thứ nhất của sợi có mật độ sợi thứ nhất và tập hợp thứ hai của sợi có mật độ sợi thứ hai khác với mật độ sợi thứ nhất bởi ít nhất một trong hai yếu tố.

Đối với phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí, khi trọng lượng là quan trọng, thì các kết quả thực nghiệm thu được cho lớp sợi có trọng lượng nằm trong khoảng từ 40 g/m^2 đến 70 g/m^2 .

Ví dụ, độ dày của lớp EVOH nằm trong khoảng từ 10 micrômet đến 20 micrômet.

Có lợi là, tấm nhiều lớp bao gồm phong hóa đa chức được gắn dính nóng chảy vào lớp EVOH thứ nhất, trong đó lớp phong hóa bao gồm lớp polyme phủ kim loại, có một lớp kim loại chỉ ở một mặt, hoặc theo cách khác, ở cả hai mặt của lớp polyme. Trong trường hợp mà lớp phong hóa chỉ có một lớp kim loại, có lợi là được định hướng với lớp kim loại về phía EVOH và được gắn dính nóng chảy lên lớp màng EVOH thứ nhất. Cách này, lớp này được bảo vệ bởi polyme hướng ra ngoài, ví dụ polyimide, của lớp phong hóa. Lớp phong hóa này phải bảo vệ vỏ chống lại ozon phản ứng và hóa chất khác tấn công cũng như lớp sợi tăng cứng bảo vệ chống lại sự phát xạ tia tử ngoại (UV). Như được thảo luận từ đầu, PBO, ví dụ Zylon® phân hủy rất nhanh trong ánh sáng tử ngoại (UV). Ngoài ra, nó có chức năng làm lớp chắn khí phụ. Ứng viên tốt làm polyme trong lớp phong hóa là polyimide (PI). Ví dụ về vật liệu thay thế

khác nhằm mục đích này, là polyvinyl florua (PVF). Ví dụ, độ dày của lớp phong hóa nằm trong khoảng từ 10 micrômet đến 20 micrômet.

Nó chỉ ra rằng, lớp polyme hướng ra ngoài cũng là hữu dụng để tạo ra các đường nối mạnh giữa các tấm nhiều lớp liền kề.

Mặc dù, EVOH là lớp chắn khí tốt, độ kín khí có thể được cải thiện bằng cách bổ sung lớp chắn khí phủ kim loại vào tấm nhiều lớp ở mặt bên trong của vỏ, mà đối diện với lớp phong hóa. Nhằm mục đích này, lớp chắn khí đã phủ kim loại tùy ý được gắn dính nóng chảy lên màng EVOH thứ hai. Ứng viên làm lớp polyme phủ kim loại là polyetylen terephtalat (PET); ví dụ PET lớp có độ dày nằm trong khoảng từ micrômet 4 đến 8 micrômet.

Trong các thực nghiệm, như cũng sẽ thể hiện được một cách chi tiết hơn bên dưới, mà độ kín khí và tấm nhiều lớp ổn định có thể được tạo ra có trọng lượng nằm trong khoảng từ 90 g/m² đến 110 g/m² (gsm). Ví dụ, tỷ lệ độ bền với trọng lượng cho tấm nhiều lớp được phát hiện trong thực nghiệm là trên 890 kNm/kg.

Theo một số phương án, lớp sợi là lớp dệt có sợi dọc và sợi ngang. Đối với khi cầu thon dài, độ bền cần thiết theo chiều ngang của vỏ là cao hơn theo chiều dọc. Theo đó, sợi dọc và sợi ngang, tùy ý, có các tơ sợi có độ dày và/hoặc mật độ khác nhau. Khi sử dụng lớp sợi không gấp nếp, lớp sợi này bao gồm các lớp với các tơ sợi theo một hướng, các lớp khác nhau có các hướng tơ sợi khác nhau, ví dụ các hướng vuông góc. Cũng trong trường hợp này, các tơ sợi theo một hướng có lợi là dày hơn và/hoặc đặc hơn theo hướng thứ hai để tối ưu hóa độ bền mà không tăng trọng lượng không cần thiết.

Đã phát hiện rằng cả hai kết cấu cân bằng và không cân bằng là hữu dụng. Việc chọn các kết cấu cân bằng hoặc không cân bằng phụ thuộc vào mục đích. Ví dụ có thể mong muốn là có độ bền cao hơn theo một hướng so với nhau. Điều này có liên quan đến độ ổn định hình dạng của vỏ cũng như giảm đến mức tối thiểu trọng lượng, khi kết cấu không cân bằng điển hình có tiềm năng cao hơn đối với các tỷ lệ độ bền/trọng lượng tối ưu hóa, thấy rằng lực tác dụng lên vải do dạng vỏ thon dài khác nhau theo chiều ngang với chiều dọc.

Như xuất hiện từ phần trên, tấm nhiều lớp gồm có một số lớp, tổ hợp của chúng

là đa chức. Chức năng của chúng bao gồm sự bảo vệ chống lại sự phát xạ tia tử ngoại (UV), ánh sáng nhìn thấy, ozon, oxy vạch đơn và nhiệt. Lớp ngoài cùng cũng tạo ra sự quản lý nhiệt có độ phát xạ thấp.

Đối với các phạm vi giữa các giá trị thứ nhất và thứ hai, các giá trị thứ nhất và thứ hai tùy ý được bao gồm.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sáng chế sẽ được giải thích chi tiết hơn dựa vào các hình vẽ, trong đó:

Fig.1 minh họa là phác họa nguyên lý cho tấm nhiều lớp của vật liệu vỏ;

Fig.2 minh họa phác họa nguyên lý thay thế cho tấm nhiều lớp của vật liệu vỏ;

Fig.3 minh họa lớp tái tăng cứng sợi (FR) a) 2 lớp chéo không gấp nếp và b) dệt; c) 3 lớp không gấp nếp;

Fig.4a là hình vẽ dưới dạng sơ đồ thể hiện nguyên mẫu P3 và Fig.4b là các ảnh lấy từ bên ngoài và bên trong;

Fig.5a là hình vẽ dưới dạng sơ đồ thể hiện nguyên mẫu P4 và Fig.5b là các ảnh lấy từ bên ngoài và bên trong;

Fig.6a là hình vẽ dưới dạng sơ đồ thể hiện nguyên mẫu P9 và Fig.6b là các ảnh lấy từ bên ngoài và bên trong;

Fig.7a là hình vẽ dưới dạng sơ đồ thể hiện nguyên mẫu P10 và Fig.7b là các ảnh lấy từ bên ngoài và bên trong;

Fig.8 là hình vẽ so sánh độ bền và trọng lượng của các nguyên mẫu tấm nhiều lớp mới và các vật liệu dạng tấm nhiều lớp được phát triển trong các nghiên cứu khác;

Fig.9 là hình vẽ so sánh tỷ lệ của độ bền với trọng lượng của các nguyên mẫu tấm nhiều lớp mới và các vật liệu dạng tấm nhiều lớp được phát triển trong các nghiên cứu khác;

Fig.10 là hình vẽ so sánh độ bền kéo của các nguyên mẫu trước và sau khi tiếp xúc với nhiệt và phong hóa cao của UV-Vis;

Fig.11 là hình vẽ thể hiện tổn thất độ bền sau khi tiếp xúc với nhiệt và phong hóa cao của UV-Vis;

Fig.12 là hình vẽ sơ đồ của mẫu xe cát khe trượt;

Fig.13 là hình vẽ đường cong mở rộng tải của nguyên mẫu P4 chịu tải trọng không đổi là 1250 N;

Fig.14 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện nguyên mẫu P12;

Fig.15 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện nguyên mẫu P13;

Fig.16 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện nguyên mẫu P14;

Fig.17 minh họa các phép đo DMA được thực hiện đối với a) màng EVOH, b) màng Mylar, c) màng PI, d) sợi dọc của nguyên mẫu P4.

Mô tả chi tiết sáng chế

Để tạo ra tấm dạng lớp làm vật liệu vỏ mỏng và trọng lượng nhẹ, mà ở cùng thời điểm là kín khí, chịu tia tử ngoại (UV), chịu nhiệt, và chịu hóa chất, đặc biệt chống lại oxy vạch đơn và ozon, sơ đồ cơ bản sau đây được sử dụng, mà được lấy ví dụ trên Fig.1. Lớp sợi tái tăng cứng (FR) đỡ tải được kẹp giữa hai lớp keo dính, được sử dụng để gắn kết FR với các lớp khác nữa, ví dụ, lớp vỏ ngoài, trong lớp được gọi là lớp phong hóa sau đây, và lớp vỏ trong tiềm năng làm lớp chắn khí. Cụ thể, các lớp keo dính là các kết cấu dưới dạng lớp chắn khí hiệu quả có tính thấm khí thấp. Ví dụ, các lớp keo dính là các lớp chắn khí chính sao cho tổng tính thấm khí của các lớp keo dính nhỏ hơn tính thấm khí của các lớp còn lại. Tổ hợp các chức năng của độ kết dính và tính thấm khí thấp là độc đáo. Ngược lại với điều này, trong giải pháp kỹ thuật đã biết, có các lớp chắn khí chính cụ thể khác với các lớp keo dính, trong đó các lớp chắn khí chính có tính thấm khí thấp hơn các lớp keo dính. Theo ngữ cảnh này, tính thấm khí liên quan đến khí bên trong vỏ, tiêu biểu là khí heli hoặc khí hydro.

Lấy ví dụ, được mô tả chi tiết hơn trên Fig.1, lớp mang tải dạng sợi được kẹp giữa hai lớp EVOH, mà không chỉ làm việc dưới dạng các lớp chắn khí, nhưng cũng được sử dụng đóng vai trò làm keo dính dùng cho các lớp tiềm năng khác, đặc biệt lớp vỏ ngoài, trong lớp được gọi là phong hóa sau đây, và lớp vỏ trong tiềm năng làm lớp chắn khí nữa. Các chức năng nữa của các lớp, đặc biệt lớp phong hóa là bảo vệ chống lại sự phát xạ tia tử ngoại (UV), ánh sáng nhìn thấy, ozon, oxy vạch đơn và nhiệt.

Mặc dù, hai lớp màng EVOH được sử dụng trong quá trình tối ưu hóa, tin rằng một lớp EVOH được gắn dính nóng chảy vào lớp sợi cũng sẽ có lợi hơn các hệ thống tấm nhiều lớp của giải pháp kỹ thuật đã biết.

Biến thể của thiết kế trên Fig.1 được thể hiện trên Fig.2. Trong trường hợp này, vật liệu dạng tấm nhiều lớp không có bất kỳ một lớp chắn khí sơ bộ bên trong riêng biệt. Mặc dù bề mặt bên trong của tấm nhiều lớp được phủ kim loại sau khi tạo hình tấm nhiều lớp. Việc sử dụng EVOH làm vật liệu dính có tính thấm khí thấp và phủ kim loại bề mặt bên trong thu được các tính chất của lớp chắn khí rất tốt của vật liệu dạng tấm nhiều lớp. Sự loại bỏ lớp chắn khí giảm toàn bộ trọng lượng của tấm nhiều lớp, trong lúc độ bền kéo của tấm nhiều lớp không bị ảnh hưởng.

Trong phần mô tả sau đây, các vật liệu cũng như các phương pháp sản xuất được thảo luận liên quan đến các thực nghiệm mà được thực hiện trong việc tối ưu hóa vỏ gồm vật liệu dạng tấm nhiều lớp.

Lựa chọn sợi

Để tối ưu hóa đồng thời trọng lượng thấp và độ bền cao, các sợi độ bền cao được sử dụng một cách có lợi. Ví dụ về các vật liệu có lợi làm lớp mang tải dạng sợi được phát hiện trong PBO tinh thể (các sợi polyoxazol, poly(p-phenylen-2,6-benzobisoxazol tinh thể), đặc biệt mang nhãn hiệu Zylon® do các sợi này có độ bền rất cao và mô đun cụ thể trong số các sợi tính năng cao bán trên thị trường. Sợi này cũng có sức chịu giãn dài do rão cao. Sợi Zylon® do đó được chọn để tăng cường sợi trong vật liệu dạng tấm nhiều lớp được sử dụng trong các thực nghiệm. Tuy nhiên, đã biết là PBO rất dễ bị thoái hóa quang. Sự có mặt của ẩm và oxy gia tốc sự phân hủy quang là nguyên nhân vì sao lại có cơ cấu bảo vệ.

Đối với lớp sợi tăng cường, cả hai kết cấu cân bằng và không cân bằng có thể được sử dụng. Theo một số phương án, kết cấu không cân bằng được chọn để tạo ra độ bền khác nhau được yêu cầu theo chiều dọc và vòng của khinh khí cầu LTA.

Sợi Zylon® với lượng sợi 99 đonie, 150 đonie, và 250 đonie được tạo ra bởi Toyobo Co., Ltd. Sợi được cấp, mà có 0 vòng xoắn (không xoắn), được thử nghiệm độ bền kéo của chúng. Các độ bền kéo trung bình của các sợi không xoắn 99 đonie và 250 đonie lần lượt là 35,5 gf/đonie (4,8% cv; cv=hệ số biến đổi) và 34,9 gf/đonie (3,0% cv). Nhận biết thực tế là việc bổ sung độ xoắn tối ưu (yếu tố xoắn) vào sợi tạo ra độ bền kéo cao nhất của nó, một loạt thử nghiệm được tiến hành để xác định yếu tố xoắn tối ưu và độ bền kéo cao nhất tương ứng có thể đạt được ở sợi Zylon® 99 đonie và 250

đonie. Yếu tố xoắn (TF), mà phụ thuộc vào cả hai vòng xoắn (vòng xoắn/insơ, tpi; vòng xoắn/m, tpm; 1 tpi=39 tpm), và lượng sợi được tính toán sử dụng công thức $TF = 0,124 \cdot tpi \cdot dtex^{0,5}$ trong đó dtex là đơn vị tính, cũng được gọi là mật độ tuyến tính của sợi (1 đonie bằng 0,9 dtex).

Sợi với 99 đonie (110 dtex) và 250 đonie (278 dtex) được xoắn với vòng xoắn khác nhau (tpi, tpm) và được thử nghiệm độ bền kéo của chúng. Các kết quả được nêu trong bảng 1 thể hiện rằng độ bền kéo của cả sợi 99 đonie lẫn 250 đonie là cao nhất đối với yếu tố xoắn là 10 tương ứng với 7,69 tpi (hoặc 303 vòng xoắn/m, tpm) trước sợi 99 đonie và 4,84 tpi (hoặc 190 tpm) đối với sợi 250 đonie.

Yếu tố xoắn	Lượng sợi, đonie	Vòng trên insơ, tpi	Độ bền, gf/đonie		Tải trọng đỉnh @ của ứng suất	
			Trung bình	Cv%	Trung bình	Cv%
10,00	99	7,69	40,6	3,3	3,9	9,6
13,21	99	10,16	39,9	3,1	3,8	2,1
9,19	250	4,45	37,5	2,7	3,6	~0
10,00	250	4,84	39,0	1,5	3,7	3,0
11,55	250	5,59	38,0	3,5	3,7	3,7
13,13	250	6,35	38,9	1,4	3,8	~0

Bảng 1

Kết cấu của sợi tăng cứng

Trong các thực nghiệm, đối với các lớp mang tải, một số nguyên tắc được áp dụng. Một nguyên tắc là lớp sợi tăng cứng bằng 2 sợi đặt chéo nhau không gấp nếp như được minh họa trên Fig.3a và lớp kia là lớp sợi tăng cứng dệt như được minh họa trên Fig.3b. Nguyên tắc thứ ba là chéo $90/\pm 45^\circ$ được minh họa trên Fig.3c.

Lựa chọn màng để tạo lớp

EVOH (Ethylene Vinyl alcohol copolymer) có tính thấm rất thấp so với khí, đặc biệt là He, mà là tại sao nó là ứng viên tốt làm lớp keo dính.

Ứng viên tốt làm lớp phong hóa ngoài chống lại khí quyển bên ngoài được thấy trong PI (polyimide), mặc dù các polyme khác cũng khả thi, ví dụ polyvinyl florua (PVF). Có lợi là, lớp phong hóa ngoài được phủ kim loại, để tổng khứ phát xạ và nhiệt. Để bảo vệ kim loại chống lại các tác hại, lớp phủ bằng kim loại được hướng vào bên

trong, mà ở giữa polyme của lớp phong hóa và EVOH. Cách này, polyme bảo vệ kim loại chống lại môi trường ăn mòn ở tầng bình lưu.

Theo cách khác, lớp phong hóa được phủ kim loại trên cả hai mặt. Nếu lớp phong hóa được phủ kim loại trên cả hai mặt hoặc có mặt phủ kim loại lộ ra môi trường ăn mòn, thì lớp này được bảo vệ một cách có lợi bởi lớp phủ chịu ăn mòn.

Theo một số phương án, lớp chắn khí bên trong được bổ sung vào mặt đối diện của nhiều lớp so với lớp phong hóa, ở đó lớp chắn khí bên trong là màng polyetylen terephthalat (PET) phủ kim loại, ví dụ Mylar®.

Sự tạo lớp được thực hiện đối với các tấm nhiều lớp có kích thước 7,5 in x 7,5 in (19cm x 19cm) dưới áp lực ở 285 psi = 1965 kPa giữa hai tấm nhôm tĩnh với nhiệt độ nằm trong khoảng từ 175 đến 178°C trong thời gian 15 phút, đầu mút trên của khoảng nhiệt độ thể hiện các kết quả tạo lớp tốt nhất. Các mẫu này là để sử dụng cho các loại thử nghiệm khác nhau như được mô tả sau đây.

Tuy nhiên, có thể có các tổ hợp khác nhau của nhiệt độ và thời gian dừng. Theo các thử nghiệm khác, áp lực thấp và thời gian dừng ngắn ở nhiệt độ cao trong khoảng từ 180°C đến 200°C là thành công. Ví dụ, nhiệt độ của 196°C được sử dụng trong thời gian 2 giây ở áp lực là 60 psi = 414 kPa.

Các phép đo độ bền

Các phép đo độ bền kéo được thực hiện theo phương pháp thử nghiệm tiêu chuẩn đối với lực kéo đứt và giãn dãn vải dệt kim (phương pháp dải) ASTM D5035. Các giá trị độ bền kéo được thông báo theo các đơn vị là N/cm và gf/đơn vị (mN/tex = 88,3 gf/den). Độ bền kéo theo N/cm thể hiện độ bền mẫu/đơn vị độ rộng là cm. Độ bền kéo theo gf/đơn vị thể hiện độ bền mẫu/toàn bộ đơn vị của sợi theo hướng tải. Độ bền kéo theo gf/đơn vị được sử dụng làm số liệu chuẩn hóa để xác định bao nhiêu độ bền sợi được biến dịch thành độ bền sợi tăng cứng được tạo lớp/không được tạo lớp.

Đối với các kết cấu không cân bằng, như được giải thích trong phần mô tả chi tiết sau đây, các độ bền kéo ước tính (được tính trên cơ sở độ bền sợi và các tham số kết cấu sợi tăng cứng) lần lượt là 1033 N/cm và 516 N/cm theo các hướng sợi dọc và sợi ngang. Nói chung, độ bền kéo theo hướng sợi dọc của tất cả các mẫu (trừ các sợi tăng cứng dệt được tạo lớp) được phát hiện là gần 1000 N/cm, trong lúc sợi ngang của

tất cả các mẫu được phát hiện là lớn hơn 500 N/cm. Các giá trị tham số tương ứng theo thuật ngữ gf/den nằm trong khoảng từ 31 đến 35.

Các thử nghiệm cũng được thực hiện đối với các kết cấu vải cân bằng dựa vào sợi Zylon® trong vải. Sợi Zylon® có số vòng xoắn thấp (3 tpi-5 tpi) là 99 đơn vị và có mật độ từ 46 ypi đến 50 ypi xấp xỉ từ 18 sợi/cm đến 20 sợi/cm) được sử dụng cho cả hai sợi dọc và sợi ngang theo kiểu dệt phẳng. Sợi Zylon® được định cỡ bằng rượu pol-vinyl. Các độ bền kéo được đo nằm trong khoảng từ 520 N/cm đến 615 N/cm theo hướng sợi dọc và từ 28 gf/den đến 34 gf/den theo hướng sợi ngang, và độ giãn dài khi đứt từ 2,9% đến 3,2%. Các kết quả này cũng rất tốt nhằm mục đích này, thấy rằng đây là các giá trị đối với vải và không phải toàn bộ tấm nhiều lớp. Chi tiết hơn, dữ liệu sau đây được đo.

Tóm lại, đã chứng minh rằng cả kết cấu cân bằng lẫn không cân bằng của sợi độ bền cao là rất hữu dụng.

Các ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1 – P3

Fig.4a thể hiện phương án cụ thể của phác họa nguyên lý trên Fig.2. Ở bên trái trên hình vẽ, trọng lượng của mỗi lớp được thể hiện theo đơn vị là g/m² (gsm), và độ dày theo micrômet được thể hiện ở bên phải. Các ảnh của các tấm nhiều lớp tạo thành được thể hiện trên Fig.4b.

Thiết kế dạng sơ đồ của nguyên mẫu tấm nhiều lớp này, trong thử nghiệm P3, bao gồm vải không gấp nếp vải không xếp nếp (hai lớp) không uốn không cân bằng là sợi tăng cứng. Vải có 250 đơn vị sợi Zylon® theo các hướng 90° và 0°. Trọng lượng cơ bản của vải là 48 gsm có mật độ sợi là 30 ypi (30 sợi/inch xấp xỉ là 12 sợi/cm) theo hướng 90° và 15 ypi xấp xỉ 6 sợi/cm) theo hướng 0°, do vậy, thu được nhiều độ bền theo hướng 90° hơn theo hướng 0°. Thiết kế nguyên mẫu gồm có ba lớp của màng EVOH mà tạo ra sự kết dính và các tính chất của lớp chắn khí rất tốt. Trọng lượng ước tính đo được của nguyên mẫu tấm nhiều lớp này lần lượt được phát hiện là 111 gsm và 109 gsm.

Ví dụ 2 – P4

Fig.5a thể hiện phương án cụ thể của phác họa nguyên lý trên Fig.1. Ở bên trái

trên hình vẽ, trọng lượng của mỗi lớp được thể hiện theo đơn vị là g/m^2 (gsm), và độ dày được thể hiện ở bên phải. Các ảnh của các tấm nhiều lớp tạo thành được thể hiện trên Fig.5b.

Thiết kế dạng sơ đồ của nguyên mẫu tấm nhiều lớp này, trong thử nghiệm P4, bao gồm vải không gấp nếp hai lớp chéo không cân bằng như sợi tăng cứng. Vải có sợi 250 đonie PBO theo các chiều dọc và ngang. Trọng lượng cơ bản của vải này là 48 gsm có mật độ sợi là 30 ypi xấp xỉ 12 sợi/cm) theo hướng 90° và 15 ypi xấp xỉ 6 sợi/cm) theo hướng 0° . Để đạt được trọng lượng của tấm nhiều lớp nhỏ hơn, thiết kế sử dụng hai lớp của màng EVOH và lớp đáy của màng PET phủ kim loại trọng lượng nhẹ (Mylar®) mà đóng vai trò làm lớp chắn khí. Trọng lượng ước tính và đo được của nguyên mẫu tấm nhiều lớp này là 103 gsm.

Ví dụ 3 – P9

Fig.6a thể hiện phương án cụ thể của phác họa nguyên lý trên Fig.1. Ở bên trái trên hình vẽ, trọng lượng của mỗi lớp được thể hiện theo đơn vị là g/m^2 (gsm), và độ dày được thể hiện ở bên phải. Các ảnh của các tấm nhiều lớp tạo thành được thể hiện trên Fig.6b.

Thiết kế dạng sơ đồ của nguyên mẫu tấm nhiều lớp này, trong thử nghiệm P9, bao gồm vải dệt không cân bằng như sợi tăng cứng. Sợi dệt lần lượt có sợi Zylon® 99 đonie với vòng xoắn 40 tpm theo chiều dọc và sợi Zylon® 250 đonie không xoắn theo chiều ngang. Trọng lượng cơ bản của vải là 50 gsm có mật độ sợi là 40 ypi (xấp xỉ 16 sợi/cm) theo chiều dọc và 30 ypi xấp xỉ 12 sợi/cm) theo chiều ngang. Nguyên mẫu tương tự P4, lớp đáy là màng PET phủ kim loại trọng lượng nhẹ (Mylar®) đóng vai trò làm lớp chắn khí sơ cấp. Mặc dù nhiệt độ tạo lớp là 175°C tạo thành sự kết dính thỏa đáng giữa các lớp, nhưng sự gia tăng nhiệt độ tạo lớp tới 178°C nâng cao sự kết dính giữa các lớp. Trọng lượng ước tính và đo được của nguyên mẫu tấm nhiều lớp này được phát hiện là 105 gsm.

Ví dụ 4 – P10

Fig.7a thể hiện phương án cụ thể của phác họa nguyên lý trên Fig.1. Ở bên trái trên hình vẽ, trọng lượng của mỗi lớp được thể hiện theo đơn vị là g/m^2 (gsm), và độ dày được thể hiện ở bên phải. Các ảnh của các tấm nhiều lớp tạo thành được thể hiện

trên Fig.7b.

Thiết kế dạng sơ đồ của nguyên mẫu tấm nhiều lớp này, trong thử nghiệm P10, bao gồm vải dệt không cân bằng như sợi tăng cứng. Không giống như nguyên mẫu P9, nguyên mẫu P10 sử dụng vải dệt có sợi Zylon® 99 đan chéo với số vòng xoắn 40 tpm lần lượt theo chiều dọc và không xoắn sợi Zylon® 99 đan chéo theo chiều ngang. Trọng lượng cơ bản của vải là 50 gsm có mật độ sợi là 40 ypi (xấp xỉ 16 sợi/cm) theo chiều dọc và 75 ypi (30 sợi/cm) theo chiều ngang. Ypi (sợi/inch) theo chiều ngang sợi được mong muốn là tạo ra kết cấu vải ổn định hơn có kết cấu bề mặt nhẵn hơn. Theo các mòn ban đầu, nhiệt độ tạo lớp là 175°C được sử dụng, tuy nhiên, điều này dẫn đến chất lượng tạo lớp kém với sự kết dính yếu của màng PI phủ kim loại. Gia tăng nhiệt độ tạo lớp đến 178°C cải thiện chất lượng tạo lớp, nhưng sự kết dính là không tốt như nguyên mẫu P9 nhưng vẫn thỏa mãn. Trọng lượng ước tính và đo được của nguyên mẫu tấm nhiều lớp này được phát hiện là 105 gsm.

Tính năng của lớp chắn khí

Các kết quả thử nghiệm tính thấm khí của Heli (bảng 2) thể hiện rằng, trong lúc cả hai nguyên mẫu tấm nhiều lớp P3 và P4 có tính thấm khí Heli thấp hơn nhiều so với giá trị đích là 132 cc/m².day.atm, nguyên mẫu tấm nhiều lớp P4 có tính thấm Heli thấp đáng kể so với tính thấm của nguyên mẫu P3. Tính thấm của nguyên mẫu P4 góp phần vào sự có mặt của lớp Mylar® mà việc phủ kim loại cũng làm giảm toàn bộ trọng lượng của nguyên mẫu P4.

Nguyên mẫu tấm nhiều lớp	Trọng lượng của tấm nhiều lớp <i>gsm</i>	Tính thấm khí (He), <i>cc/m².day.atm</i>
P3	109	23
P4	103	8

Bảng 2

Miễn là các sơ đồ giống nhau, giá trị tính thấm heli của các nguyên mẫu P9 và P10 được mong đợi là giống như giá trị tính thấm heli của nguyên mẫu P4, mà so với tính kín khí được ưa chuộng hơn so với P3.

Độ bền của tấm nhiều lớp

Hướng sợi dọc và sợi ngang độ bền kéo của nguyên mẫu tấm nhiều lớp P4, P9, và P10 được thể hiện trên bảng 3. Độ bền kéo của một mẫu của nguyên mẫu P3 được phát hiện là 1086 N/cm.

Nguyên mẫu tấm nhiều lớp	Trọng lượng của tấm nhiều lớp, <i>gsm</i>	Độ bền kéo, <i>N/cm</i>				Độ bền kéo, <i>gf/denier</i>				Độ giãn dài% @ đứt			
		Dọc		Ngang		Dọc		Ngang		Dọc		Ngang	
		Trung bình	Cv %	Trung bình	Cv %	Trung bình	Cv %	Trung bình	Cv %	Trung bình	Cv %	Trung bình	Cv %
P4	103	945,4	5,5	507,8	709	32,1	5,7	35,3	5,0	3,17	7,3	2,91	5,0
P9	105	486,9	6,0	970,8	3,7	32,0	5,5	32,9	4,5	3,01	7,8	3,29	8,8
P10	105	476,8	-	956,4	-	30,7	-	33,3	-	2,68	-	3,41	-

Bảng 3

Các độ bền kéo ước tính, được tính toán dựa vào độ bền sợi và các tham số kết cấu sợi tăng cứng, là 1033 N/cm và 516 N/cm theo hai hướng. Độ bền kéo đo được của các nguyên mẫu hơi thấp hơn các giá trị ước tính. Các độ bền kéo nhỏ hơn so với độ bền kéo ước tính được quy cho việc tạo ra trong thử nghiệm thủ công của nguyên mẫu tấm nhiều lớp mà khiến cho mất sự thẳng hàng hoàn chỉnh của sợi và sức kéo không đồng đều ở sợi. Các khuyết tật này dẫn đến sự chia sẻ tải trọng không đồng nhất trong số các sợi mang tải mà cuối cùng gây ra sự đứt gãy của các mẫu trước khi hoàn thành trong suốt thử nghiệm kéo. Tin rằng các độ bền kéo cải thiện và tương tự với các giá trị theo lý thuyết khi các tấm nhiều lớp được tạo ra ở các nhà máy sản xuất quy mô lớn riêng. Tuy nhiên, nó chỉ ra rằng các giá trị thực nghiệm lệch nhỏ hơn 10% với các giá trị theo lý thuyết, mà là kết quả rất thỏa mãn.

So sánh với các nghiên cứu khác

So sánh độ bền và trọng lượng của các nguyên mẫu tấm nhiều lớp mới và các vật liệu dạng tấm nhiều lớp được phát triển trong các nghiên cứu khác trong tài liệu được thể hiện trên Fig.8. Các tham chiếu được phát hiện ở đầu của phần này liên quan đến bảng 4.

So sánh tỷ lệ độ bền với trọng lượng của tấm nhiều lớp mới với các tấm nhiều lớp được cải tiến bởi các nghiên cứu khác được thể hiện trên Fig.9. Các nguyên mẫu tấm nhiều lớp mới không chỉ nhẹ hơn đáng kể so với các tấm nhiều lớp khác bất kỳ có độ bền kéo tương tự, nhưng cũng mạnh hơn đáng kể so với tấm nhiều lớp bất kỳ có trọng lượng tương tự. Các tỷ lệ của độ bền với trọng lượng của các nguyên mẫu tấm

nhều lớp mới là cao hơn tất cả các tấm nhiều lớp được phát triển trong các nghiên cứu khác.

Như được thấy trong so sánh này, độ bền của các tấm nhiều lớp P3, P4, P9 và P10 là rất cao so với trọng lượng, làm cho chúng phù hợp cao để sử dụng trong các phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí. Tuy nhiên, nó chỉ ra rằng tỷ lệ độ bền với trọng lượng tốt, như được minh họa trên Fig.9, tin là có thể mở rộng các tấm nhiều lớp dày hơn, mà khiến cho các tấm nhiều lớp ví dụ cũng so với các tấm nhiều lớp này có toàn bộ độ bền cao hơn trên Fig.8.

#	Tổ chức/Nghiên cứu	Lưu ý	Mô tả vật liệu	Độ bền N/cm	Trọng lượng,gsm	Tỷ lệ độ bền với trọng lượng, kN.m/kg
A1	Sự cải thiện vật liệu bao độ bền đặc biệt cao ¹	“Z500-100” là sợi Zylon 500 đơnie được sử dụng & 100gsm	Z-500PU-XL	1300	244	533
A2			Z-250-94PU-XL	1240	235	528
A3			Z-250-79PU-XL	1100	226	487
A4			Z-250-47PU-XL	615	193	319
A5			X-250-47PU	610	164	372
A6			X-250-40PU	510	154	331
B1	Sự cải thiện vật liệu bao độ bền đặc biệt cao ¹	B3,B5 được cải thiện, B1, B2, B4 ra khỏi kệ; V: Vectran, PU: Polyuretan, PE: Polyetylen, XL: EVOH, XLA: EVOH kết nhôm	V-PU-XL	610	198	308
B2			V100-31PE-XLA	620	150	413
B3			V-PU-XL	350	111	315
B4			V200-102PU-XLA	1060	274	387
C1	Sự cải thiện vật liệu bao độ bền đặc biệt cao ¹	A1-A6 được cải biến thành tiêu chí này; TA: Tedlar có lắng đọng nhôm, T: Tedlar, Z: Zylon, PUA: Polyuretan với nhôm lắng đọng	TA-Z250-110PU	1327	198	670
C2			T-Z250-110PU	1313	225	584
D1	Z250-110PUA-XLD		1337	163	820	
D2	Z250-110PU-XLD		1350	171	789	
E1	Sự cải thiện vật liệu bao độ bền đặc biệt cao ¹		N30-40PU-XLD	105	78	135
E2			K200-H-MI	450	130	346
E3		V-H-MI	500	104	481	

E4		H: hydrel; MI: Mictron	Z-H-MI	440	117	376
F1	Phát triển vật liệu bao có suất độ bền cao ¹	Các sợi Zylon dày được kẹp bởi hai màng Mylar	Z500-37M	680	161	422
F2			Z1000-74M	1220	198	616
F3			Z1500-111M	1800	236	763
F4			Z1000-44M	770	170	453
F5			Z1500-67M	1090	193	565
F6			Z2000-89M	1400	210	667
G1	Japan Aero-space Exploration Agency (JAXA) 2,3,4	Phủ hợp cho khinh khí cầu vận hành (độ dài tổng thể: 250m)	AL-PVF + PU + Vải Zylon + PU	1310	203	645
H1	Japan Aero-space Exploration Agency (JAXA) 2,3,4	Khinh khí cầu “Technology Demonstrator” (độ dài tổng thể: 150m)	AL-PVF + PU + Vải Zylon + PU	993	157	632
J1	Cubic Tech Corp ⁷	Vải không gấp nếp Zylon nặng	Zylon FR (349gsm)	2833	-	-
J2	Cubic Tech Corp ⁷	Vải không gấp nếp Zylon trung bình	Vectran FR (139gsm)	916	-	-
K1	Kang et al 2006 ⁸	Vải dệt Vectran	Vectran FR (109) + lớp phủ PU + PVF + màng	883	220	401
L1	Gu 2007 ⁹	Lớp bọc khinh khí cầu Lindstrand HALE	Vectran FR	1460	295	495
L2	Gu 2007 ⁹	Lớp bọc khinh khí cầu tầng bình lưu (độ dài tổng thể 200m)	Không áp dụng	1360	210	648
M1	Cao & Gao 2009 ¹⁰	Dệt phẳng Zylon (dọc)	PBO FR (87) + PVF (52) + Pu (25*2) + Lớp phủ PU (5-8)	1013	189	536
		Dệt phẳng Zylon (ngang)		1281		678
N1	Li et al. 2010 ¹¹	Dệt phẳng Zylon (dọc)	PBO 990 Donie PBO (78) + PET (40) + PVF (30) + PU (30)	1578	178	887
		Dệt phẳng Zylon (ngang)		1356		762

Bảng 4

Tham chiếu đến bảng 4:

1. Kamatsu, K, Sano, M. và Kakuta, Y., "Development of High Specific Strength Envelope Material", hội nghị công nghệ, tích hợp, vận hành hàng không AAIA lần thứ ba (ATIO), từ ngày 17 đến 18 tháng 11 năm 2003, Denver, Colorado.
2. Sasaki Y., Eguchi, K, Kono T và Maekawa, S, "Scenario for Development of the SPF Airship Technology Demonstrator", hội thảo hệ thống nền tảng tầng bình lưu lần thứ năm, từ ngày 23 đến ngày 24 tháng 2 năm 2005, Tokyo, Japan.
3. Maekawa S, "On the Design Issue of a Stratospheric Platform Airship Structure" NAL TM-722, phòng thí nghiệm hàng không quốc gia Nhật Bản, tháng 5 năm 2003.
4. Maekawa, S và Yoshino, T, "Tear propagation of a High-Performance Airship Envelope Material", Tạp chí máy bay, 45 (5), từ tháng 9 đến tháng 10 năm 2008.
5. Nkadate, M., Maekawa, S., Maeda .T, Hiyoshi, M., Kitada, T. và Segawa⁶, S. "Reinforcement of an Opening for High Strength and Light Weight Envelop Material Zylon" hội nghị công nghệ hệ thống nhẹ hơn không khí AIAA lần thứ 18, từ ngày 4 đến ngày 7 tháng 5 năm 2009, Seattle, Washington, USA.
6. Nakadate, M., Maekawa, S., Shibasaki, K, Kurose, T. Kitada, T và Segawa, S., "Development of High Strength and Light Weight Envelop Material Zylon" công ước hàng không quốc tế lần thứ 7 năm 2008, Friedrichshafen Germany, từ ngày 9 đến ngày 11 tháng 10 năm 2008.
7. "High Strength-to-Weight Ratio Non-Woven Technical Fabrics for Aerospace Applications" Cubic Tech Corp, năm 2009, Mesa, Arizona.
8. Kang, W, Suh, Y và Woo, K., "Mechanical property characterization of film-fabric laminate for stratospheric airship envelope" các kết cấu composit, 75, pp.151–155, năm 2006.
9. Gu Z., "Research of Stratospheric Airships Skin Material" phục hồi tàu vũ vụ và viễn thám, 28(1), pp.62–66, năm 2007.
10. Cao, X và Gao, C. "Fabrication and Investigation of Envelope Materials for Stratospheric Aircraft with PBO Fabric as Load-carriers" sợi công nghệ cao và ứng dụng, 34(4), pp.0–5, năm 2009.
11. Li B, Xing L, Zhou Z, Jiang S và Chen X., "Study on Mechanical Properties

of High Performance Envelope Materials" kỹ thuật vật liệu, pp.1–5, năm 2010.

Tác dụng của nhiệt và phong hóa ánh sáng nhìn thấy UV-Vis

Các nguyên mẫu tám nhiều lớp P4, P9 và P10 trải qua hai điều kiện phong hóa khác nhau. Theo một điều kiện phong hóa, các nguyên mẫu được cho tiếp xúc với nhiệt trong thời gian 24 giờ trong lò ở nhiệt độ 80°C. Điều kiện phong hóa khác liên quan đến tiếp xúc nhanh với UV và phổ ánh sáng nhìn thấy (UV-Vis) là từ ~275 nm đến 700 nm trong khoảng thời gian 170 giờ (~ 60 ngày tiếp xúc là thời gian thực ở độ cao là 10 km). Các nguyên mẫu được bọc lộ trong Atlas Ci 3000+ Weather-Ometer (www.atlas-mts.com) với mức độ chiếu sáng là 1,1 Watt/m² ở bước sóng ánh sáng là 340nm. Trong suốt quá trình phong hóa UV-Vis, nhiệt độ của các nguyên mẫu được giữ ở nhiệt độ khoảng 80°C. Để phong hóa UV-Vis, các mẫu được lắp trên các khung kim loại và mặt bên trong (mặt Mylar®) của các mẫu được che bằng hai lớp giấy làm thẻ màu đen để ngăn ngừa sự tiếp xúc bất kỳ với mặt bên trong. Các khung sau đó được lắp trên các ray tròn bên trong khoang phong hóa của Atlas Ci 3000+ Weather-Ometer sao cho mặt ngoài của các mẫu quay mặt về phía UV và nguồn ánh sáng nhìn thấy.

Độ bền kéo của các nguyên mẫu sau mỗi lần tiếp xúc phong hóa được thử nghiệm. Tổn thất độ bền tính theo % như được xác định như sau:

$$\text{Tổn thất về độ bền \%} = \frac{\text{Độ bền kéo}_{\text{trước khi tiếp xúc}} - \text{Độ bền kéo}_{\text{sau khi tiếp xúc}}}{\text{Độ bền kéo}_{\text{trước khi tiếp xúc}}} \times 100$$

Công thức này được sử dụng là phép đo để đánh giá sự phân hủy do nhiệt và ánh sáng.

Độ bền kéo trung bình trước và sau khi tiếp xúc với nhiệt và phong hóa UV-Vis được phát hiện theo thống kê là giống nhau (phân tích thống kê được thực hiện sử dụng thử nghiệm t ở mức độ tin cậy là 95%). Do đó, có thể kết luận rằng, có sự phân hủy không đáng kể do sự phong hóa nhiệt và UV-Vis gây ra. Điều này là quan trọng để thông báo rằng các mẫu được thử nghiệm trước và sau khi chịu phong hóa được lấy ra từ các sao chép khác nhau của cùng nguyên mẫu. Do sự tạo thành thủ công các nguyên mẫu, vốn có các biến thể nằm trong bản sao cũng như các biến thể trong số các bản sao khác nhau của cùng nguyên mẫu. Một số các mẫu tiếp xúc với nhiệt thể hiện độ bền

cao so với các mẫu không mong đợi tương ứng mà chỉ ra mạnh đến sự biến đổi của các mẫu trong một mẫu. So sánh đồ họa các độ bền kéo của các nguyên mẫu P4, P9, và P10 trước và sau khi tiếp xúc với nhiệt và phong hóa UV-Vis được thể hiện trên Fig.10.

Tổn thất độ bền % trong các nguyên mẫu P4, P9 và P10 sau khi tiếp xúc với nhiệt và phong hóa cao của UV-Vis được thể hiện trên Fig.11.

Độ bền kéo trung bình trước và sau khi tiếp xúc với nhiệt và phong hóa UV-Vis được phát hiện theo thống kê là giống nhau (phân tích thống kê được thực hiện yêu cầu thử nghiệm t ở mức độ tin cậy là 95%). Do đó có thể kết luận rằng, có sự phân hủy không đáng kể do nhiệt và phong hóa UV-Vis gây ra. Lưu ý quan trọng là, các mẫu được thử nghiệm trước và sau khi chịu phong hóa được lấy từ các bản sao khác nhau của cùng nguyên mẫu. Do sự tạo ra một cách thủ công các nguyên mẫu, vốn có nhiều biến đổi trong các bản sao cũng như các biến đổi trong số các bản sao khác nhau của cùng nguyên mẫu. Một số các mẫu tiếp xúc với nhiệt thể hiện độ bền cao hơn so với các mẫu không tiếp xúc tương ứng mà mạnh mẽ chỉ ra sự biến đổi ở các mẫu bên trong mẫu.

Phép đo độ bền xé

Độ bền xé của nguyên mẫu P4 và P9 được đo sử dụng phương pháp thử nghiệm xé khe cắt MIL-C-21189. Sơ đồ khối của mẫu xé được thể hiện trên Fig.12. Khe cắt 1,25 in (3,18 cm) được tạo ra ở tâm của mẫu vuông góc với hướng thử nghiệm. Các mẫu rộng 4 in (10,16 cm) với độ dài của máy đo thử nghiệm là 3 in (7,62 cm) giữa các rãnh.

Độ bền xé của mẫu được tính toán bằng cách lấy trung bình 5 tải ở đỉnh cao nhất trong suốt thử nghiệm xé. Ba mẫu thử /mẫu được thử nghiệm theo các chiều dọc và ngang. Các kết quả độ bền xé của nguyên mẫu P4 và P9 được thể hiện trên bảng 5.

Nguyên mẫu tám nhiều lớp	Độ bền xé, N			
	Dọc		Ngang	
	Trung bình	cv%	Trung bình	cv%
P4	330,7	9,5	403,5	9,7
P9	290,0	6,6	533,7	5,2

Bảng 5

Lý do đối với độ xé cao theo chiều dọc của nguyên mẫu P4 so với nguyên mẫu P9 là do sự khác nhau về đơn vị sợi dọc được sử dụng để cấu thành hai kết cấu. Trong nguyên mẫu P4, sợi 250 đơn vị được sử dụng, trong lúc trong nguyên mẫu P9, 99 đơn vị được sử dụng. Cũng được thiết lập trong tài liệu này là tải trọng xé gia tăng bằng cách tăng tải trọng làm đứt sợi.

Sức chịu chống co giãn

Mẫu thử rộng 1 in (2,54cm) của nguyên mẫu P4 được cho qua tải trọng không đổi là 1250 N trong khoảng 1 ngày trên khung tải MTS (www.mts.com) với khung tải chạy ở chế độ kiểm soát tải. Độ dài máy đo của mẫu thử nghiệm là 3 in (7,62 mm). Đường cong mở rộng tải của thử nghiệm được thể hiện trên Fig.13. Sau khi kéo dài tức thì 1,6%, mẫu thử P4 thể hiện độ giãn dài rất nhỏ là 0,02%.

Các tấm dạng lớp khác

Fig.14 và Fig.15 thể hiện các phương án trọng lượng nhẹ cụ thể của phác họa nguyên lý trên Fig.2.

Thiết kế dạng sơ đồ của nguyên mẫu tám nhiều lớp, thực nghiệm gọi là P12, được minh họa trên Fig.14 sử dụng vải không gấp nếp chéo không cân bằng hoặc vải dệt không cân bằng làm sợi tăng cứng. Vải 48 gsm được làm bằng PBO sợi. Bề mặt trong của tám nhiều lớp (lớp bám dính) được phủ kim loại sau khi tạo thành tám nhiều lớp. Trọng lượng cơ bản ước tính của nguyên mẫu tám nhiều lớp là 96 gsm.

Sử dụng vải không gấp nếp ba lớp thay thế được mong đợi không chỉ giảm tiếp trọng lượng của sợi tăng cứng, mà còn gia tăng độ bền kéo của tám nhiều lớp. Ví dụ về nguyên mẫu tám nhiều lớp với tăng cứng sợi ba lớp được mô tả bên dưới liên quan đến Fig.15. Thiết kế dạng sơ đồ của nguyên mẫu tám nhiều lớp này, thực nghiệm gọi là P13, được minh họa trên Fig.15, sử dụng vải ba lớp (sợi 250 đơn vị) với 15 ypi xấp xỉ 6 sợi/cm) theo hướng 90°, và 11 ypi xấp xỉ 4 sợi/cm) theo các hướng +/- 45°. Ba nếp gấp được tạo ra như trên Fig.3c. Trọng lượng của sợi tăng cứng bằng 41 gsm. Tương tự với nguyên mẫu P12, bề mặt trong của tám nhiều lớp (lớp bám dính) được phủ kim loại sau quá trình tạo lớp. Tám nhiều lớp có trọng lượng ước tính được mong đợi là 89 gsm. Độ bền kéo ước tính của nguyên mẫu tám nhiều lớp P13 được ước tính là cao hơn 1000 N/cm.

Thiết kế dạng sơ đồ của nguyên mẫu tấm nhiều lớp, thực nghiệm gọi là P14 được minh họa trên Fig.16 sử dụng vải ba lớp (sợi 250 đonie) với 22 ypi xấp xỉ 9 sợi/cm) theo hướng 90° , và 16 ypi xấp xỉ 6 sợi/cm) theo các hướng $\pm 45^\circ$. Trọng lượng của sợi tăng cứng bằng 59 gsm. Ba nếp gấp được tạo ra như trên Fig.3c. Tương tự với nguyên mẫu P12, bề mặt trong của tấm nhiều lớp (lớp bám dính) được phủ kim loại sau quá trình tạo lớp. Tấm nhiều lớp có trọng lượng ước tính được mong đợi là 107 gsm. Độ bền kéo ước tính của nguyên mẫu tấm nhiều lớp P13 được ước tính là cao hơn 1550 N/cm. Tỷ lệ của độ bền với trọng lượng được ước tính là gần bằng 1400 kN.m/Kg, mà là lớn cao hơn tất cả các vật liệu dạng tấm nhiều lớp được phát triển trong các nghiên cứu khác.

Phép đo độ ổn định của nhiệt độ

Phân tích cơ học động (Dynamic Mechanical Analysis - DMA) được tạo ra trên một số mẫu dùng cho phạm vi nhiệt độ lớn để làm rõ xem liệu nhiệt độ thấp có thể trở thành vấn đề đối với độ mềm dẻo của vật liệu hay không. Phạm vi nhiệt độ nằm trong khoảng từ -60°C đến 100°C . Ở khoảng này, môđun tổn thất, liên quan đến các tính chất không có giãn và phát xạ năng lượng, và môđun lưu trữ, liên quan đến các tính chất đàn hồi, được đo theo các đơn vị là MPa bằng thiết bị đo Q800 DMA do TA Instruments, New Castle, DE19720, USA (www.TAInstruments.com) bán trên thị trường. Ngoài ra, tỷ lệ giữa hai tham số cũng được gọi là Tan Delta, được tính toán. Các phép đo được minh họa trên Fig.17a, Fig.17b và Fig.17c, trong đó:

Fig.17a là hình vẽ thể hiện mẫu của màng EVOH có kích thước $20 \times 7 \times 0,0130$ mm,

Fig.17b là hình vẽ thể hiện mẫu của màng Mylar có kích thước $22 \times 7 \times 0,0050$ mm,

Fig.17c là hình vẽ thể hiện mẫu của màng polyimide (PI) có kích thước $23 \times 7 \times 0,0130$ mm,

Fig.17d là hình vẽ thể hiện mẫu của kéo theo chiều dọc 3 P4 có kích thước $19 \times 6 \times 0,1020$ mm.

Các phép đo thể hiện rằng EVOH, Mylar và các màng là ổn định ở các nhiệt độ thấp mà không chỉ báo nhiệt độ thấp yếu. Đối với màng EVOH, đây là bất ngờ xét đến

bài viết của Zhai và Euler được thảo luận trong phần giới thiệu. Đường cong Tan Delta chỉ ra sự dịch chuyển pha, mà đối với các màng ở các nhiệt độ thấp dường như không xuất hiện. Đối với các tấm nhiều lớp của nguyên mẫu P4, không có bằng chứng về sự phân định và không quan sát thấy thiệt hại vật lý. Tin rằng, sự gia nhiệt vải đến nhiệt độ 180°C trong suốt quá trình xử lý các tải dẫn đến liên kết ngang các polyme thành trạng thái cuối cùng của chúng trong vải, đó là lợi thế đối với độ ổn định.

Kết luận

Các vật liệu dạng tấm nhiều lớp trọng lượng nhẹ đối với vỏ của các phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí có độ cao cao được phát triển, phương tiện giao thông này có các tính chất cải thiện. Các nguyên mẫu tấm nhiều lớp mới không chỉ nhẹ hơn đáng kể so với các tấm nhiều lớp trong giải pháp kỹ thuật đã biết có độ bền kéo tương tự, nhưng cũng mạnh hơn đáng kể so với các tấm nhiều lớp trong giải pháp kỹ thuật đã biết có trọng lượng tương tự. Độ bền (tỷ lệ độ bền với trọng lượng) cụ thể của nguyên mẫu tấm nhiều lớp là cao hơn đáng kể so với trạng thái hiện hành trong lĩnh vực. Các nguyên mẫu tấm nhiều lớp cũng có sức chịu phân hủy nhiệt rất tốt, phân hủy quang, sức chịu hóa chất, đặc biệt chống lại oxy vạch đơn và ozon, các tính chất chắn khí rất tốt, và sức chịu chống co giãn rất tốt. Ngoài ra, màng/lớp ngoài cùng cũng cho sự quản trị nhiệt, gồm có tính phát xạ thấp. Theo đó, vật liệu được tạo lớp có các tính chất đa chức ở mức cao. Khái niệm thiết kế tấm nhiều lớp có thể được sử dụng để điều chỉnh các vật liệu dạng tấm nhiều lớp để giảm tới trọng lượng thấp hoặc cao hơn trong lúc duy trì tỷ lệ của độ bền với trọng lượng ở mức lớn.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí bao gồm vỏ, vỏ này bao gồm vật liệu dạng tấm nhiều lớp làm lớp chắn khí và kết cấu đỡ tải, vật liệu dạng tấm nhiều lớp bao gồm lớp sợi tăng cứng và rượu Etylen Vinyl (EVOH), màng được gắn kết nóng chảy vào lớp sợi ở một phía của lớp sợi, trong đó EVOH này tiếp xúc trực tiếp với lớp sợi tăng cứng.
2. Phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí theo điểm 1, trong đó màng EVOH thứ hai được gắn kết nóng chảy vào lớp sợi ở phía đối diện của lớp sợi, trong đó EVOH của màng EVOH thứ hai tiếp xúc trực tiếp với lớp sợi tăng cứng.
3. Phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí theo điểm 1 hoặc điểm 2, trong đó lớp sợi tăng cứng bao gồm các sợi được làm bằng tinh thể lỏng.
4. Phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí theo điểm 3, trong đó tinh thể lỏng là Poly [p-phenylen-2, 6-benzobisoxazol] (PBO).
5. Phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí theo điểm 3 hoặc điểm 4, trong đó ít nhất một số trong số các sợi bằng tinh thể lỏng được xoắn.
6. Phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí theo điểm 5, trong đó các sợi bằng tinh thể lỏng đã xoắn bao gồm vòng xoắn nằm trong khoảng từ 30 đến 50 trên mét.
7. Phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí theo điểm 5 hoặc điểm 6, trong đó lớp sợi bao gồm ít nhất tập hợp sợi thứ nhất và tập hợp sợi thứ hai, trong đó các sợi trong tập hợp sợi thứ nhất được xoắn các sợi bằng tinh thể lỏng và được định hướng theo hướng thứ nhất, và trong đó các sợi trong tập hợp sợi thứ hai là các sợi bằng tinh thể lỏng không được xoắn và được định hướng theo hướng thứ hai mà khác với hướng thứ nhất.
8. Phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí theo điểm 7, trong đó hướng thứ nhất và thứ hai có góc giữa các hướng bằng ít nhất 30° .

9. Phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí theo điểm 7 hoặc điểm 8, trong đó các hướng thứ nhất và thứ hai là vuông góc.
10. Phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 7 đến 9, trong đó tập hợp sợi thứ nhất có mật độ sợi thứ nhất và tập hợp sợi thứ hai có mật độ sợi thứ hai khác với mật độ sợi thứ nhất bởi ít nhất một trong hai yếu tố.
11. Phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí theo điểm bất kỳ nêu trên, trong đó trọng lượng của lớp sợi nằm trong khoảng từ 40 g/m^2 đến 70 g/m^2 .
12. Phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí theo điểm bất kỳ nêu trên, trong đó độ dày của màng EVOH thứ nhất nằm trong khoảng từ 10 micrômet đến 20 micrômet.
13. Phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí theo điểm bất kỳ trong số điểm 2 hoặc điểm phụ thuộc của điểm này, trong đó độ dày của màng EVOH thứ hai nằm trong khoảng từ 10 micrômet đến 20 micrômet.
14. Phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí theo điểm bất kỳ nêu trên, trong đó tám nhiều lớp bao gồm lớp phong hóa được gắn kết nóng chảy vào màng EVOH thứ nhất, trong đó lớp phong hóa này bao gồm màng polyme được mạ kim loại.
15. Phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí theo điểm 14, trong đó màng polyme được mạ kim loại bao gồm lớp kim loại được gắn kết nóng chảy bởi và lên trên lớp màng EVOH thứ nhất.
16. Phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí theo điểm 14 hoặc điểm 15, trong đó độ dày của lớp phong hóa nằm trong khoảng từ 10 micrômet đến 20 micrômet.
17. Phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí theo điểm bất kỳ trong số điểm 2 hoặc điểm phụ thuộc của điểm này trong đó tám nhiều lớp bao gồm lớp chắn khí được mạ kim loại được gắn kết nóng chảy lên trên màng EVOH thứ hai ở phía đối diện của tám nhiều lớp tương ứng với lớp phong hóa.
18. Phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí theo điểm 17, trong đó lớp chắn khí được mạ kim loại bao gồm màng polyme được mạ kim loại mà được gắn kết nóng chảy

vào màng EVOH thứ hai lớp kim loại ở phía đối diện của màng polyme được mạ kim loại tương ứng với màng EVOH thứ hai.

19. Phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí theo điểm 18, trong đó lớp màng polyme được mạ kim loại là polyetylen terephthalat (PET), lớp với độ dày nằm trong khoảng từ 4 micrômet đến 8 micrômet.

20. Phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí theo điểm bất kỳ nêu trên, trong đó tấm nhiều lớp có trọng lượng nằm trong khoảng từ 90 gsm đến 110 gsm.

21. Phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí theo điểm bất kỳ nêu trên, trong đó tỷ lệ độ bền trên trọng lượng đối với tấm nhiều lớp là trên 890 kNm/kg.

22. Phương pháp sản xuất vật liệu dạng tấm nhiều lớp dùng cho phương tiện giao thông nhẹ hơn không khí theo điểm bất kỳ nêu trên, phương pháp này bao gồm bước tạo lớp sợi tăng cứng và màng EVOH thứ nhất ở một phía của lớp sợi và ép nóng các lớp cùng nhau ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 175°C đến 200°C để gắn kết nóng chảy.

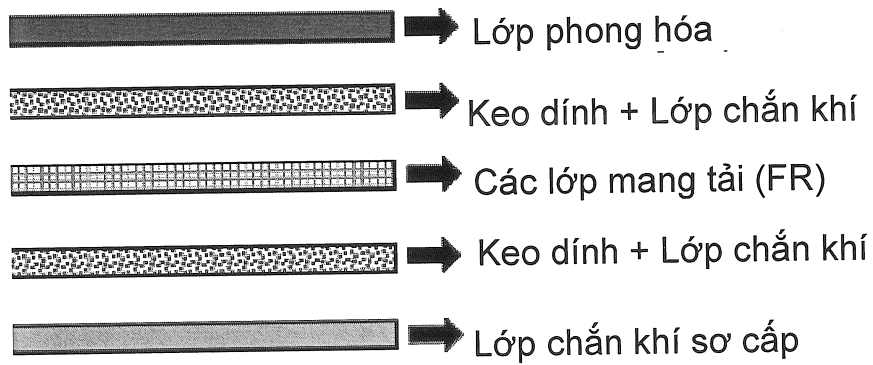
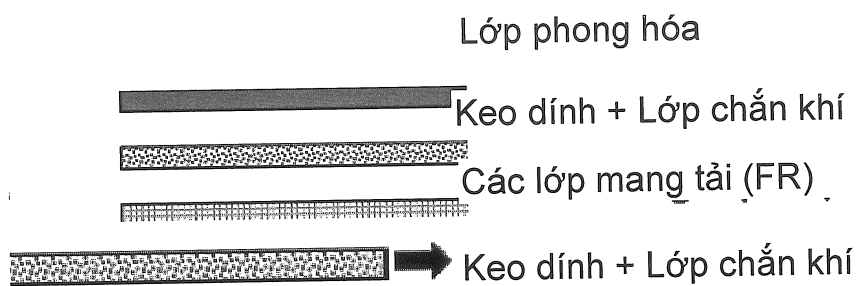


FIG. 1



Bề mặt đáy cần được phủ kim
loại sau khi tạo lớp

FIG. 2

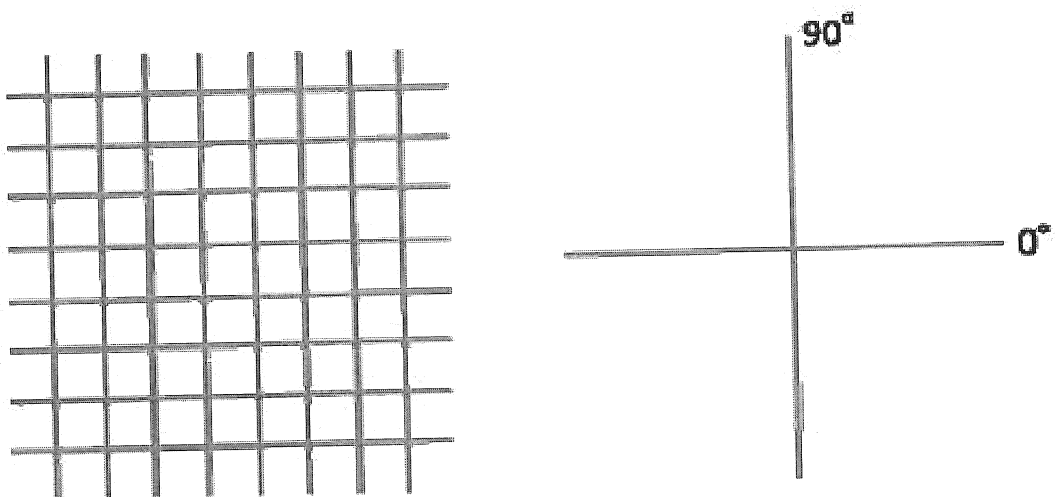


FIG. 3a

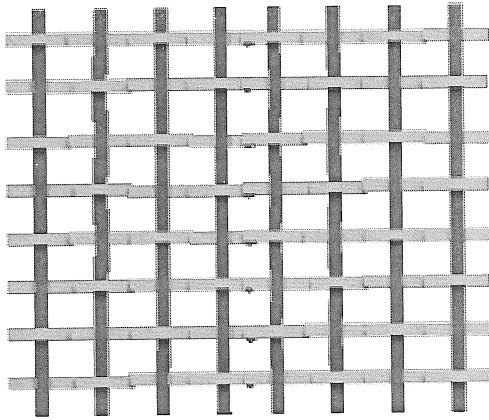


FIG. 3b

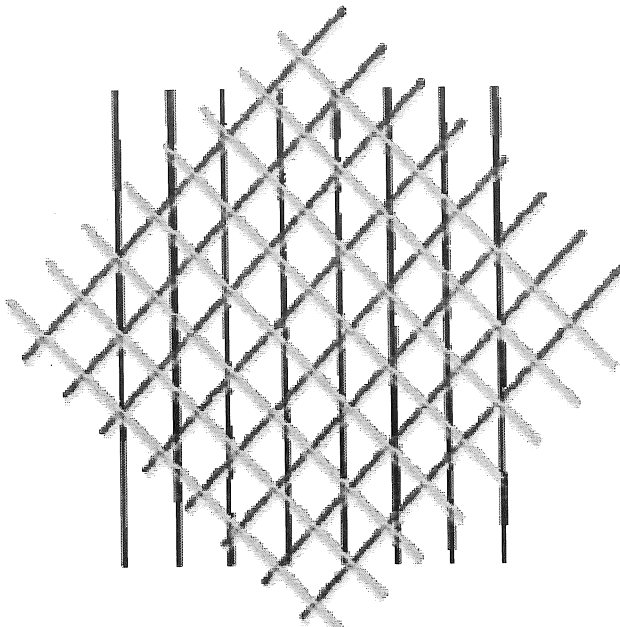
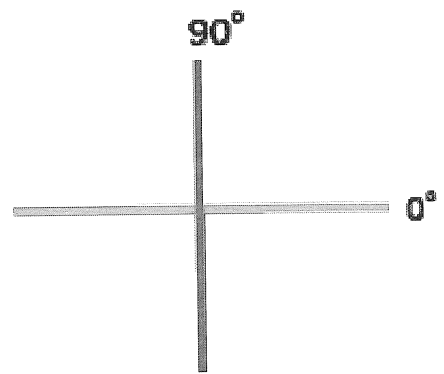
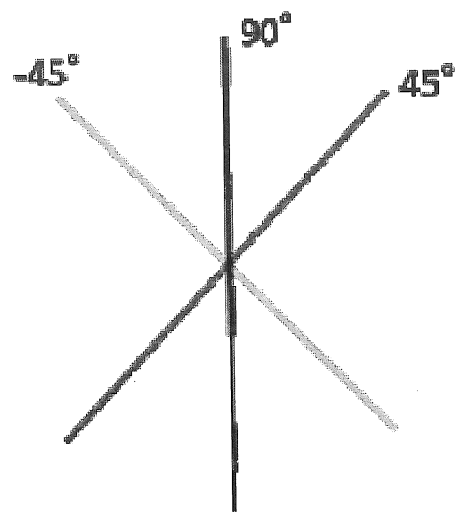


FIG. 3c



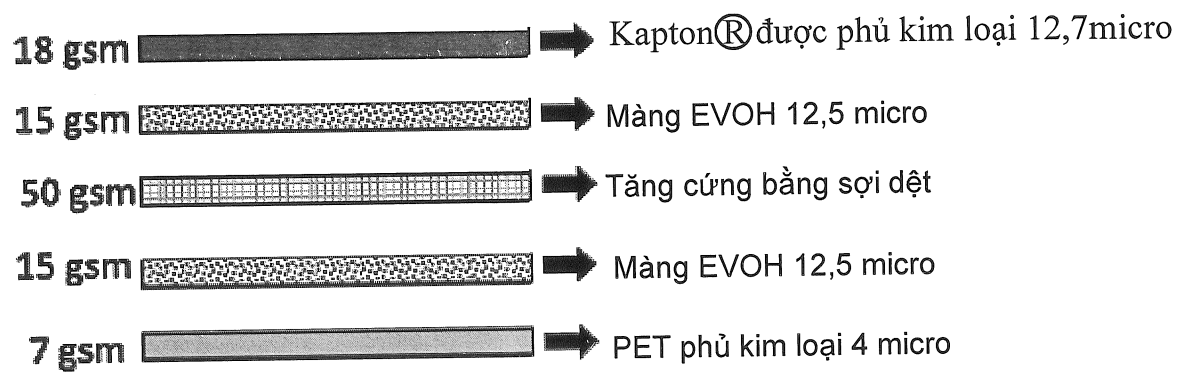


FIG. 4a

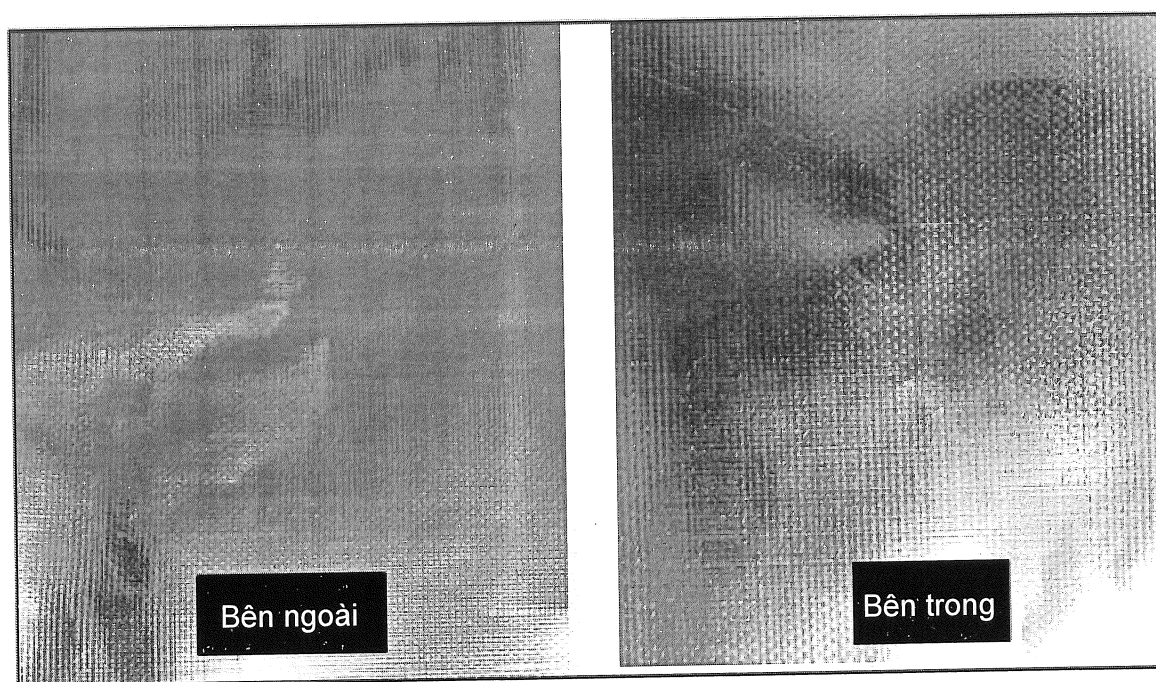


FIG. 4b

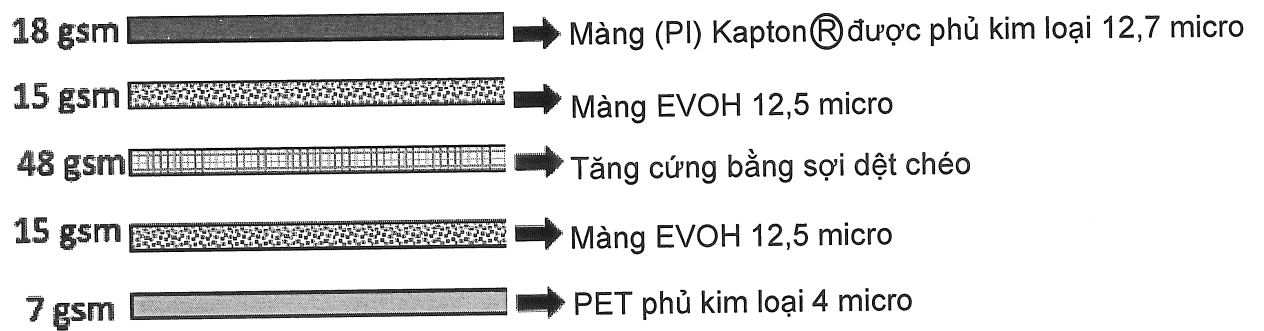


FIG. 5a

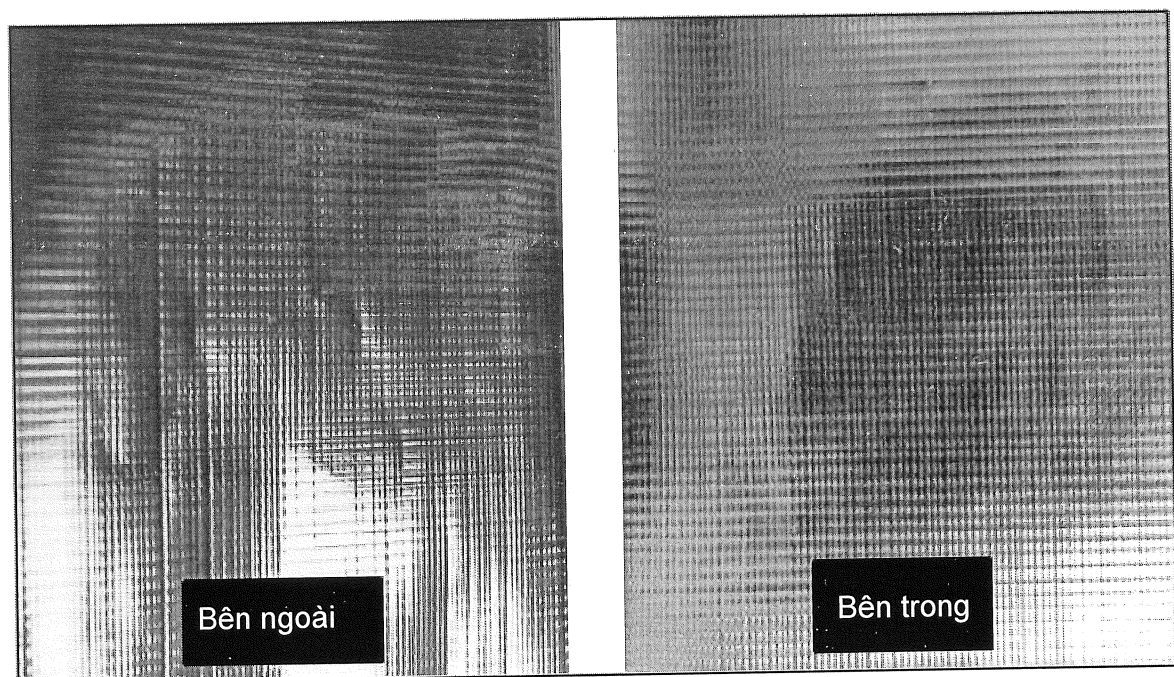


FIG. 5b

- 18 gsm  → Màng (PI) Kapton® được phủ kim loại 12,7 micro
- 15 gsm  → Màng EVOH 12,5 micro
- 50 gsm  → Tăng cứng bằng sợi dệt
- 15 gsm  → Màng EVOH 12,5 micro
- 7 gsm  → PET phủ kim loại 4 micro

FIG. 6a

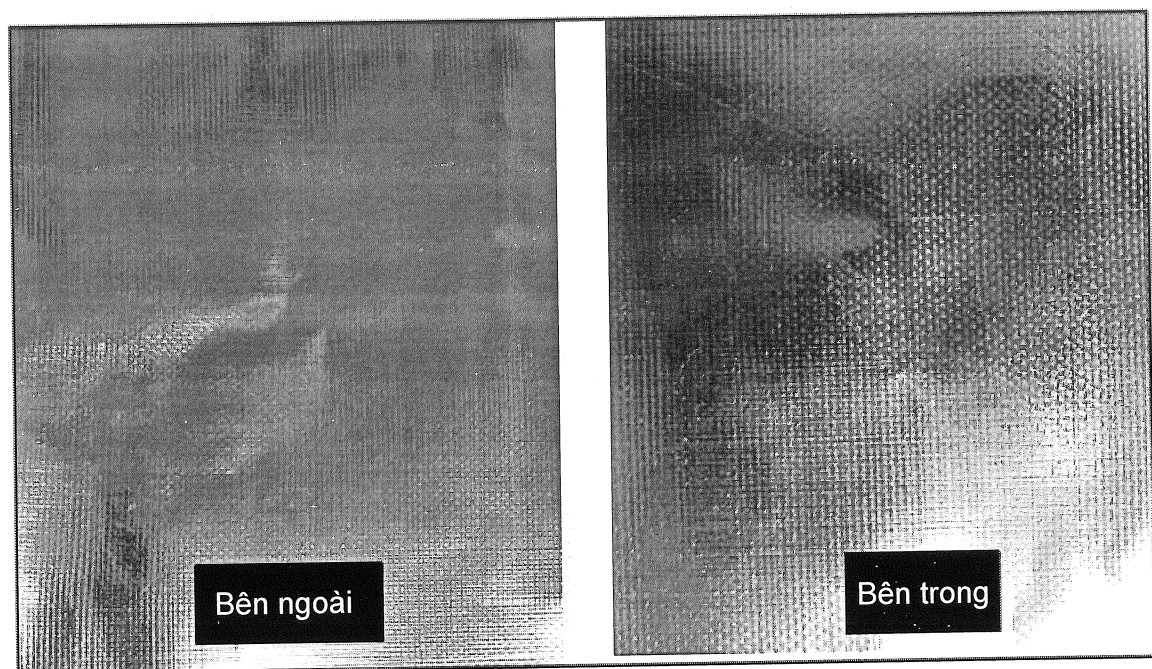


FIG. 6b

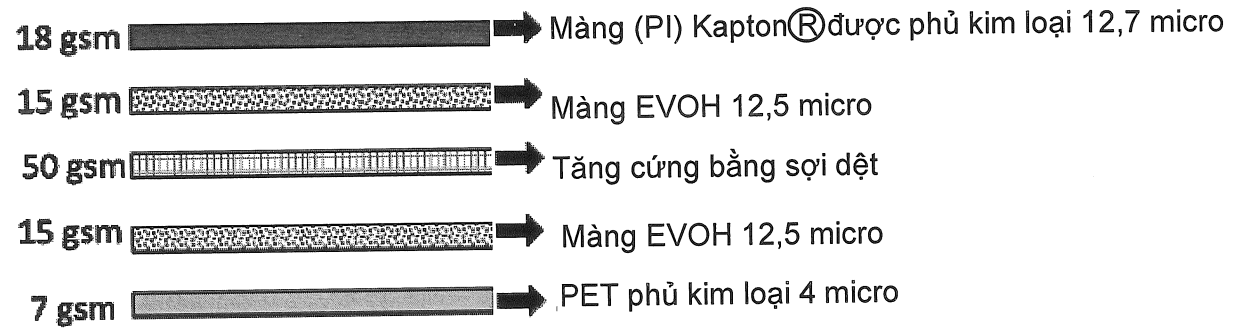


FIG. 7a

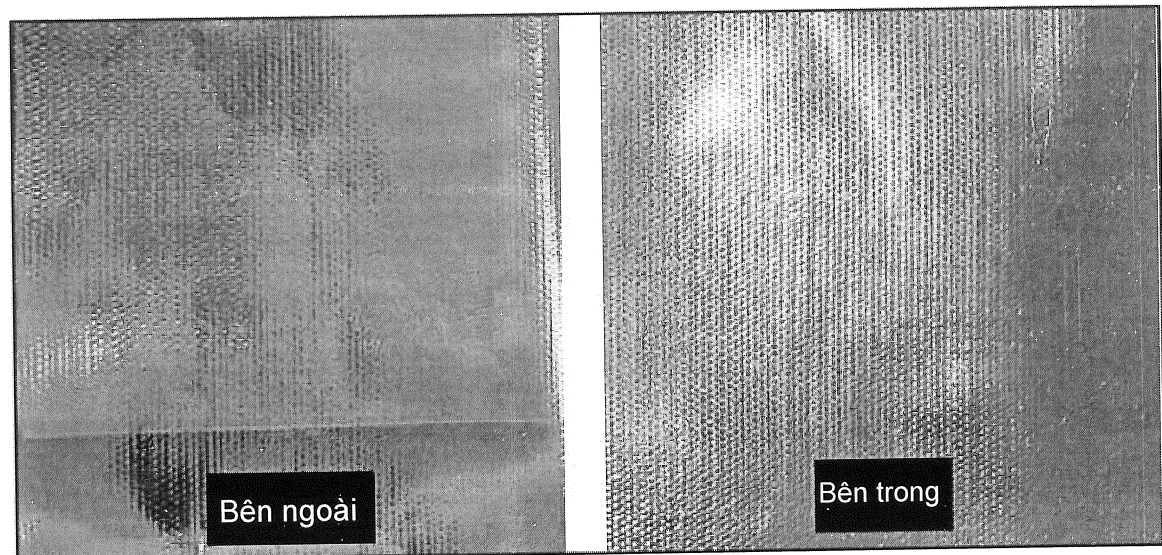


FIG. 7b

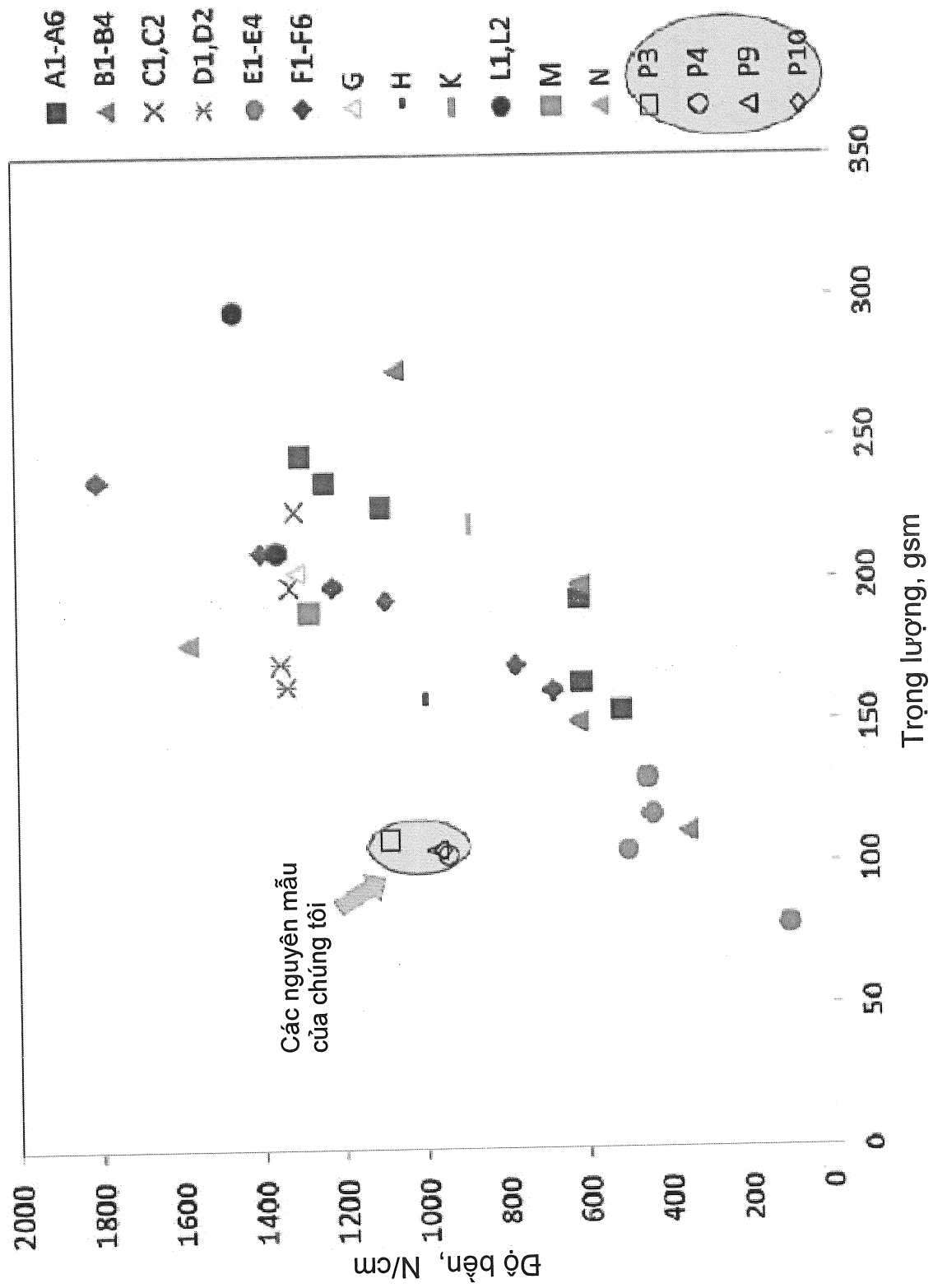


FIG. 8

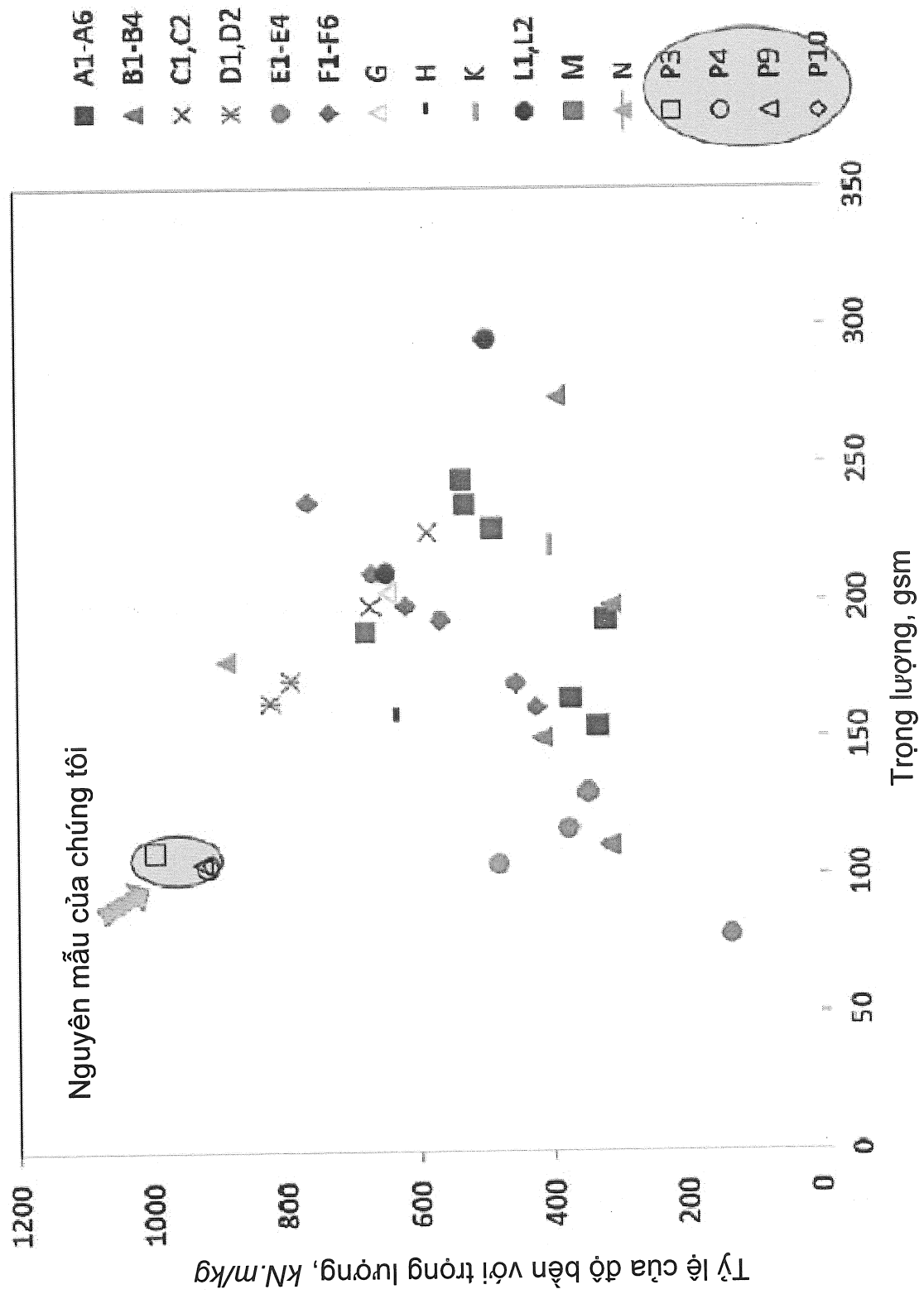


FIG. 9

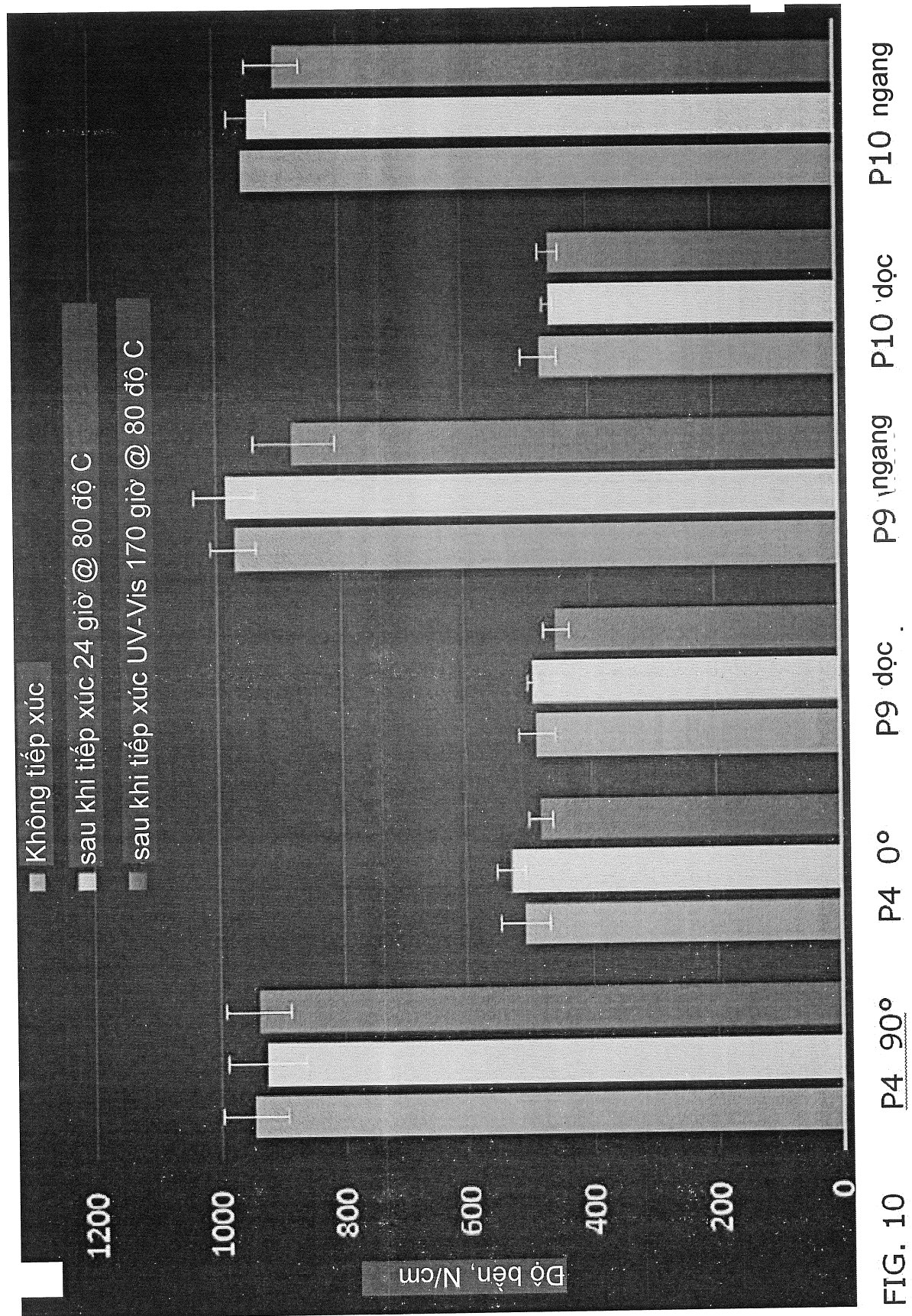


FIG. 10

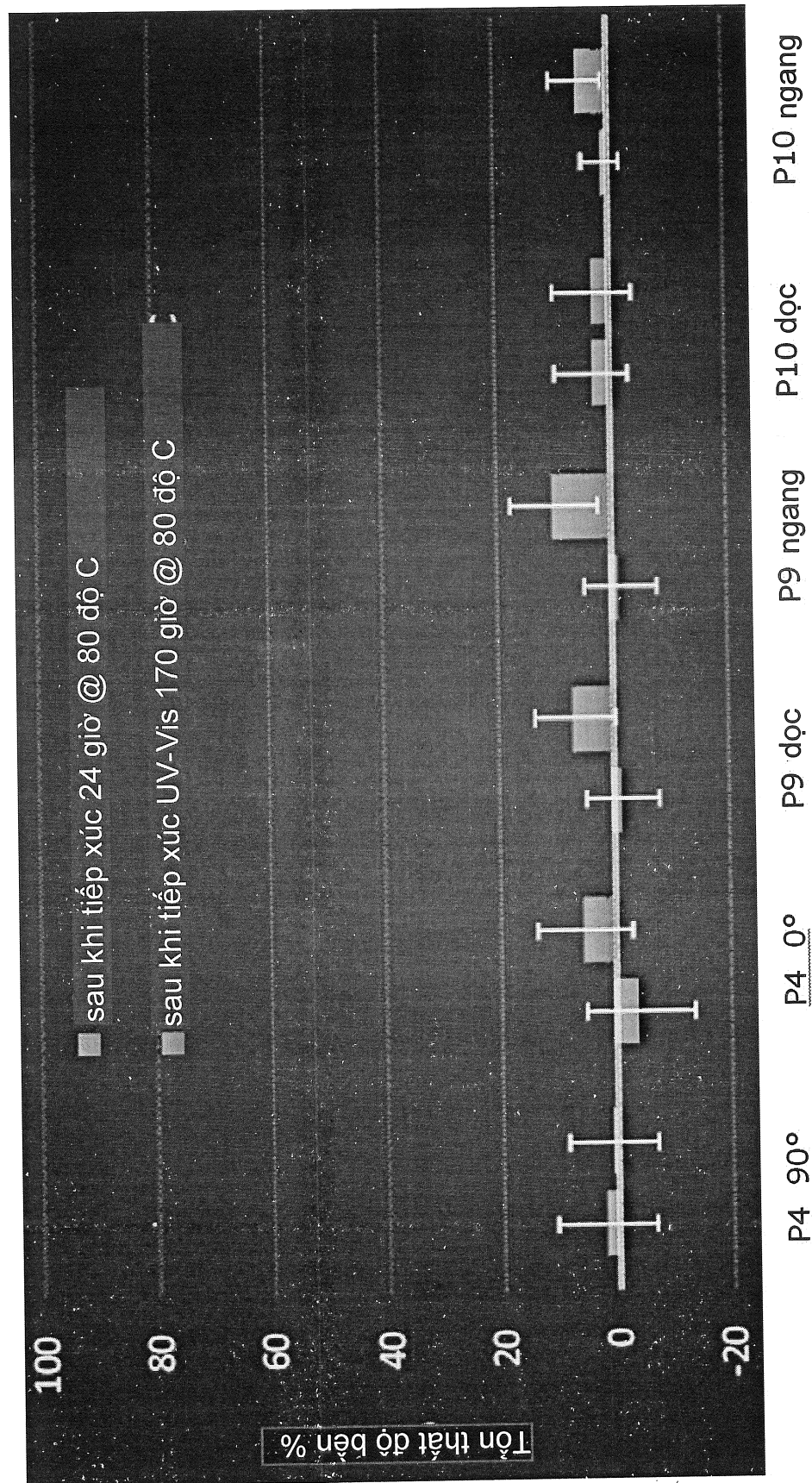


FIG 11

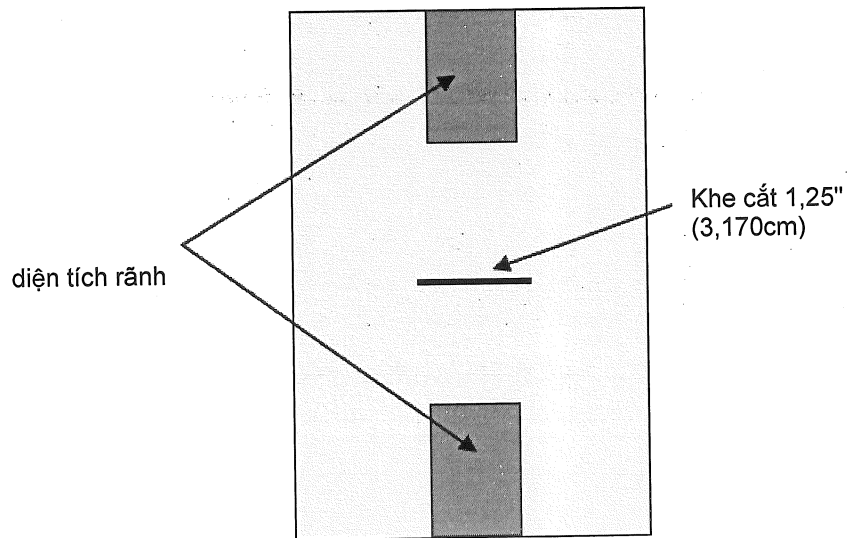


FIG. 12

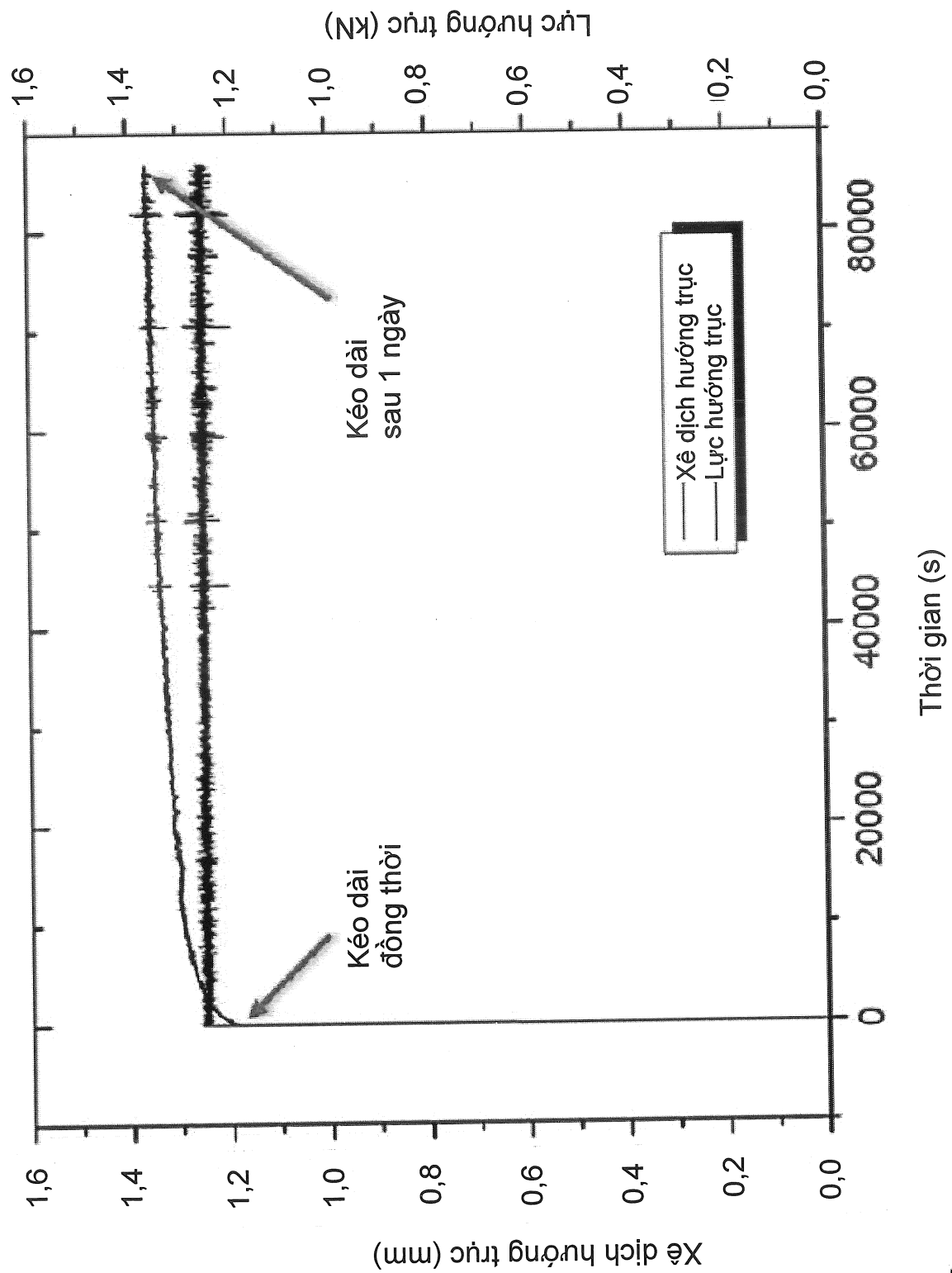


FIG. 13

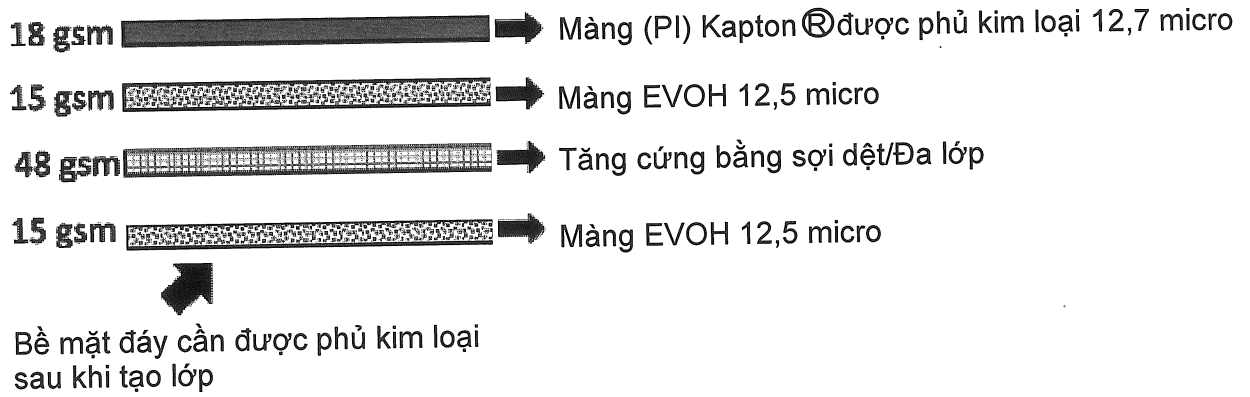


FIG. 14

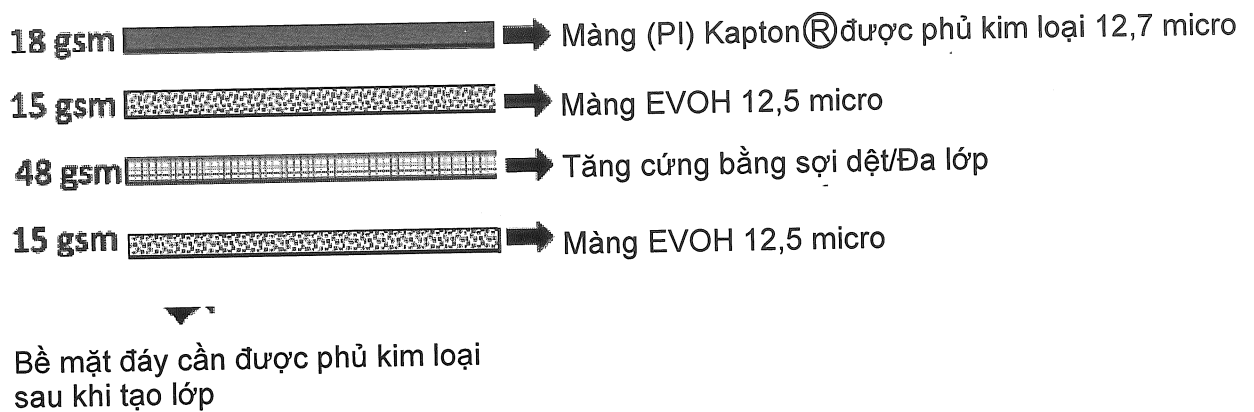


FIG. 15

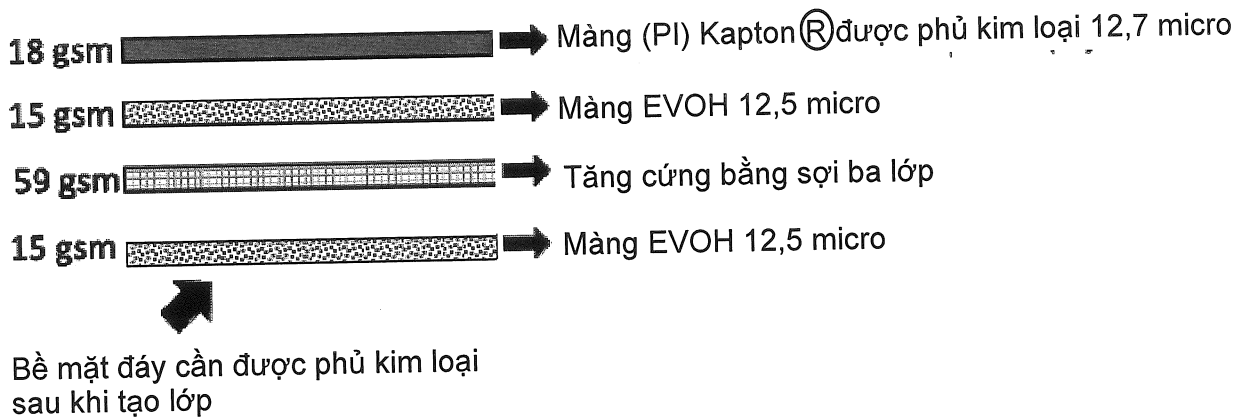


FIG. 16

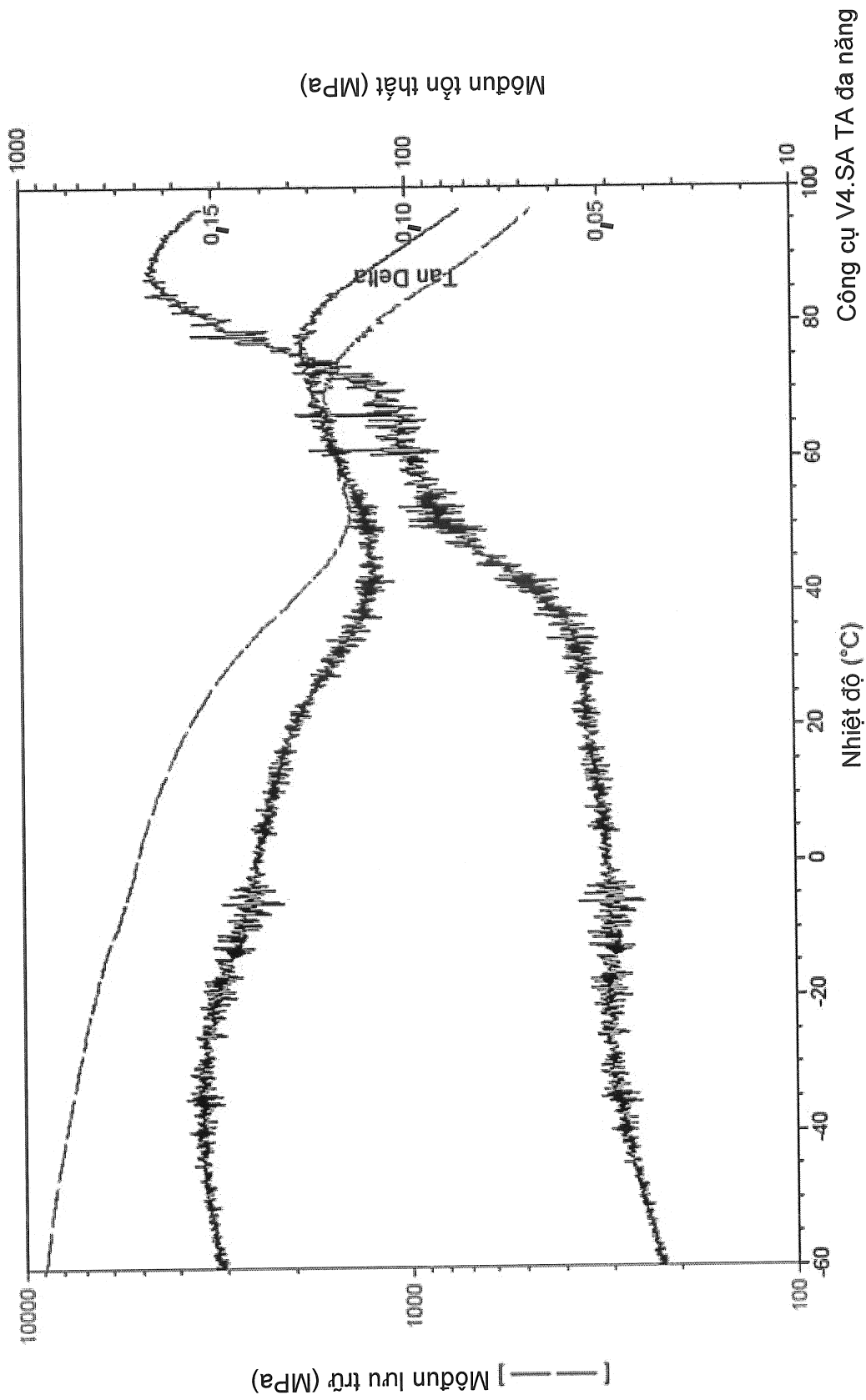


FIG. 17a

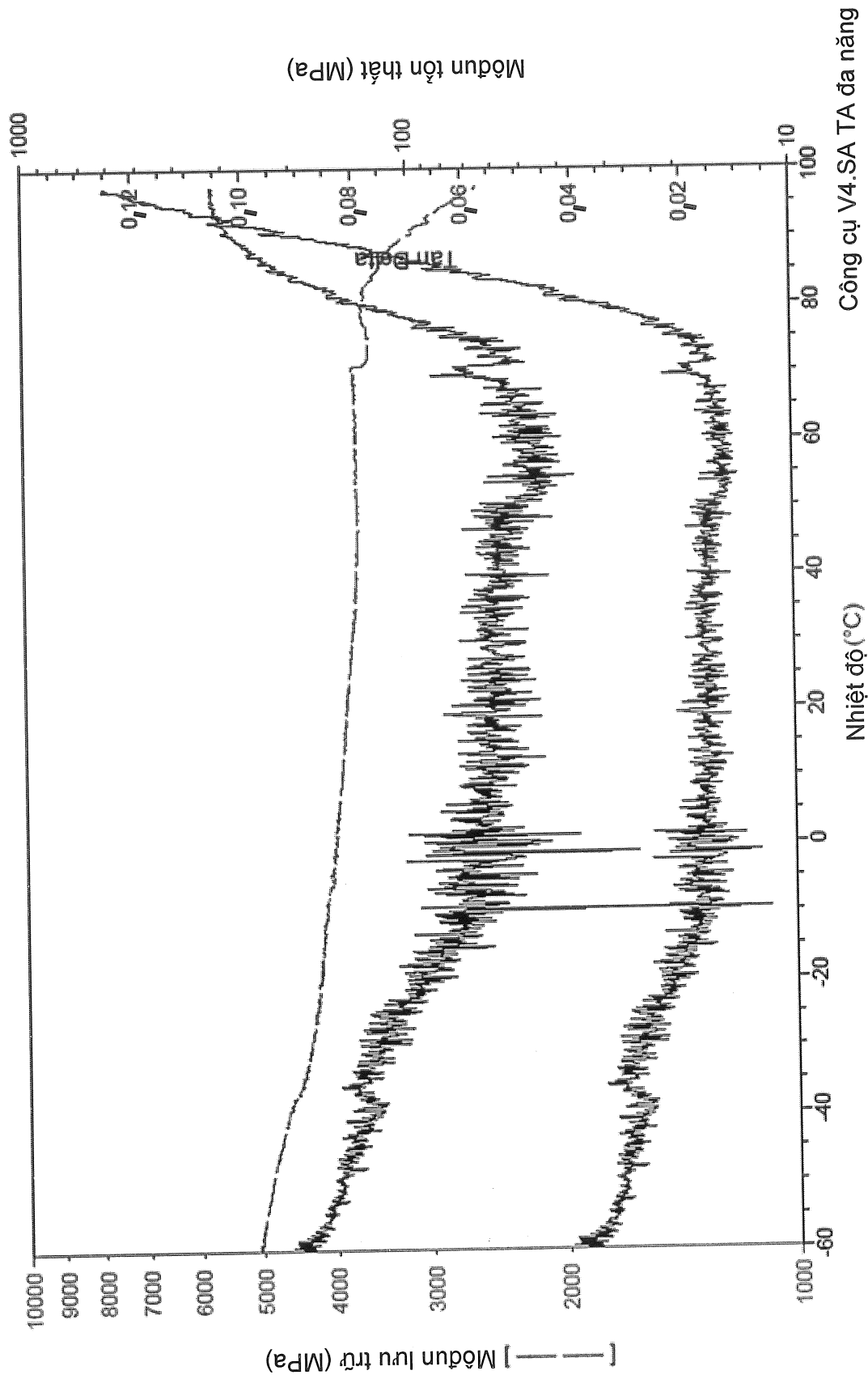


FIG. 17b

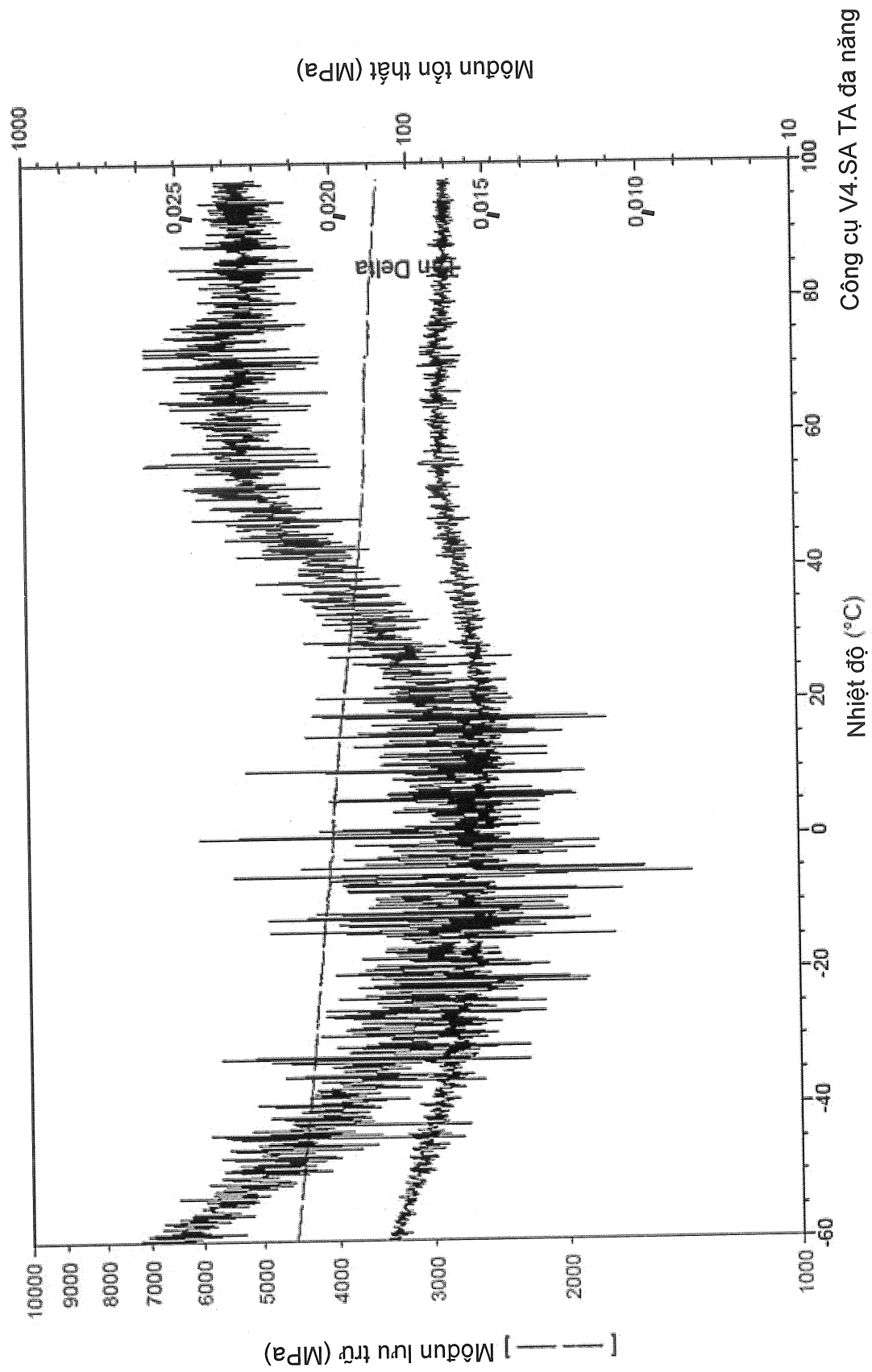


FIG. 17c

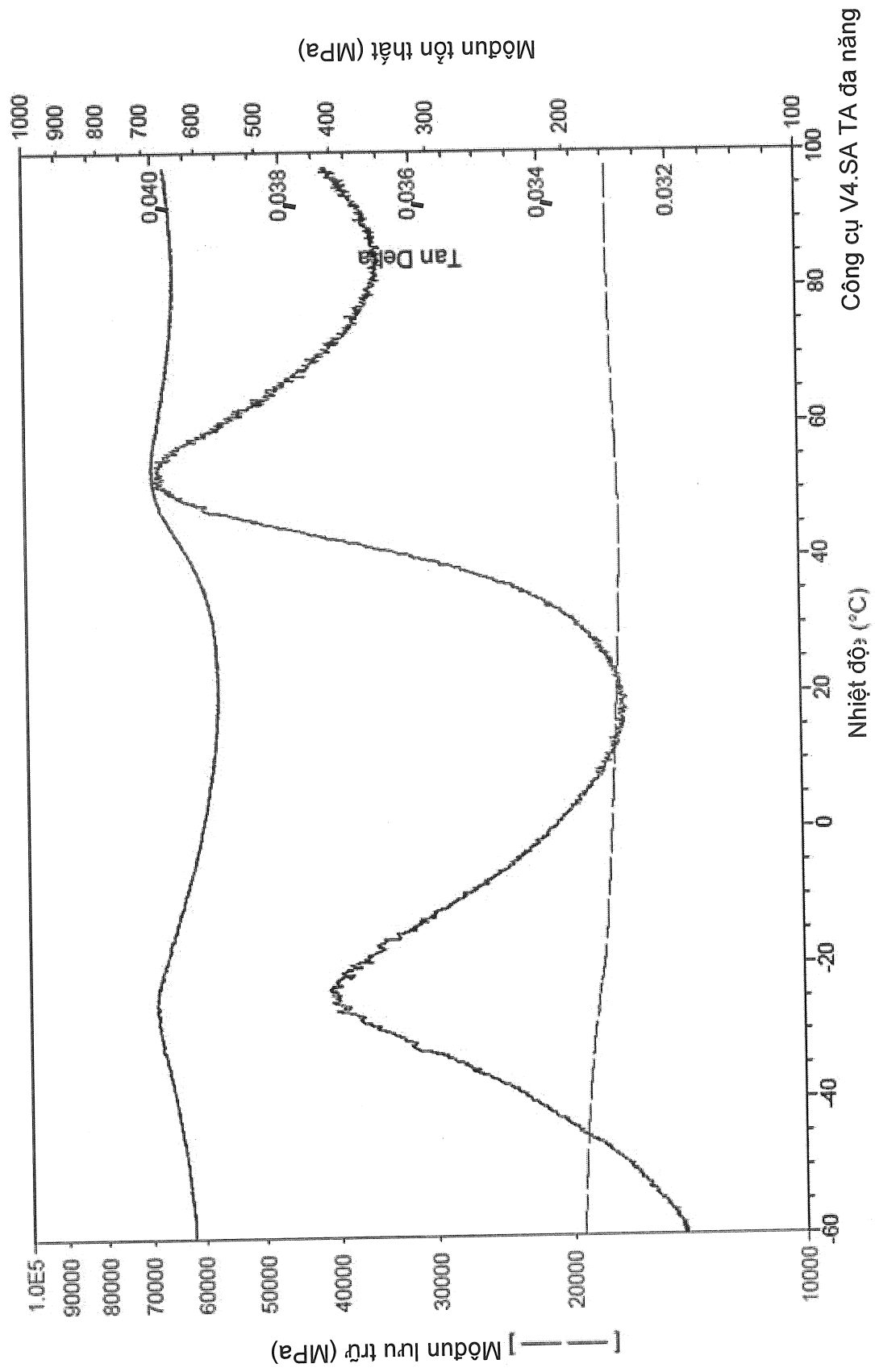


FIG. 17d