



(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)



1-0038529

(51)^{2019.01} C04B 35/84; F27D 1/00; C04B 35/043

(13) B

(21) 1-2019-04628

(22) 01/02/2018

(86) PCT/JP2018/003333 01/02/2018

(87) WO 2018/155118 30/08/2018

(30) 2017-033126 24/02/2017 JP

(45) 25/01/2024 430

(43) 25/11/2019 380A

(73) JFE Steel Corporation (JP)

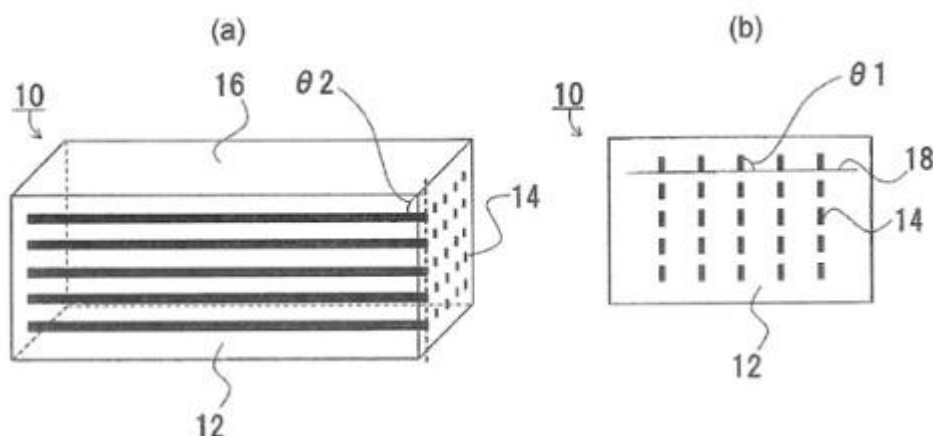
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011, Japan

(72) YOSHIDA Keisuke (JP); MATSUNAGA Hisahiro (JP); HAMA Yoichiro (JP).

(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) VẬT LIỆU CHỊU LỬA CHỨA GRAPHIT VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT VẬT LIỆU CHỊU LỬA CHỨA GRAPHIT

(57) Sáng chế đề cập đến vật liệu chịu lửa chứa graphit có độ bền uốn và năng lượng nứt gãy cao hơn so với các vật liệu chịu lửa đã được biết đến và phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa này. Vật liệu chịu lửa chứa graphit có hàm lượng graphit nằm trong khoảng từ 1% đến 80% theo khối lượng. Bó sợi được tạo thành từ 1000 đến 300000 sợi cacbon với đường kính sợi nằm trong khoảng từ 1 đến 45 μ m/sợi, có độ dài là dài 100mm hoặc lớn hơn và được đặt bên trong vật liệu chịu lửa chứa graphit để tạo ra vật liệu này.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến vật liệu chịu lửa chứa graphit (than chì), mà trong đó có đặt các bó sợi cacbon và phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Thiết bị (bể tinh luyện, bể chuyển, v.v..) được sử dụng trong quy trình luyện sắt hoặc quy trình luyện thép trong xưởng luyện thép có lớp lót làm bằng vật liệu chịu lửa chứa graphit để chịu được việc sử dụng nó ở nhiệt độ cao trong khoảng thời gian dài. Vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit được sử dụng trong lò chuyển trong quy trình tinh luyện. Toa xe chuyên dụng và thùng rót kim loại nóng được sử dụng trong quy trình xử lý sơ bộ kim loại nóng được lót bằng vật liệu chịu lửa cacbon cacbua nhôm oxit-silic. Các vật liệu chịu lửa chứa graphit này được sử dụng ở các điều kiện rất khắc nghiệt, bao gồm các tác động cơ khí do việc nạp liệu, mài mòn do khuấy thép nóng chảy và xỉ nóng chảy, xói mòn xỉ bởi xỉ nóng chảy, và thay đổi nhiệt độ đột ngột trong vận hành. Do đó, việc sử dụng các vật liệu chịu lửa chứa graphit bền lâu mà có thể chịu được các điều kiện khắc nghiệt là mong muốn để có được sự vận hành ổn định.

Tài liệu sáng chế 1 bộc lộ, là kỹ thuật để cải thiện tuổi thọ của vật liệu chịu lửa, vật liệu chịu lửa mà trong đó bó sợi độ bền cao dạng thanh hoặc dạng mạng lưới được làm tăng độ cứng bằng nhựa tổng hợp hoặc tương tự và được đặt mà không có sự biến dạng của bó sợi độ bền cao. Tài liệu này nêu rằng, việc đặt bó sợi độ bền cao ở trong vật liệu chịu lửa mà không biến dạng có thể cải thiện độ bền cơ học và khả năng chống nứt vỡ của vật liệu chịu lửa. Tài liệu sáng chế 2 bộc lộ vật liệu chịu lửa chứa graphit trong đó bó đơn hướng, bó đôi, hoặc vải được làm bằng sợi có độ bền kéo cao được liên kết vào một phần hoặc toàn bộ bề mặt của vật liệu chịu lửa với chất gắn dính chịu nhiệt. Tài liệu này nêu rằng, bó đơn hướng, bó đôi, hoặc vải được làm bằng sợi có độ bền kéo cao được liên kết vào một phần hoặc toàn bộ bề mặt của vật liệu chịu lửa chứa graphit có thể cải thiện độ bền kéo, làm giảm xuất hiện đứt gãy hoặc rạn nứt, và nhờ đó kéo dài tuổi thọ của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

Danh sách tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp Patent Nhật Bản số 2005-320196

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn yêu cầu cấp Patent Nhật Bản số 2007-106618

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Sợi cacbon được đặt trong các vật liệu chịu lửa đã được bộc lộ trong Tài liệu sáng chế 1 và Tài liệu sáng chế 2 có độ dài là 90mm hoặc nhỏ hơn, và các vật liệu chịu lửa này không đủ độ bền để làm các vật liệu chịu lửa được sử dụng trong lò chuyển hoặc tương tự mà được tiếp xúc với các điều kiện khắc nghiệt. Để giải quyết vấn đề này, mục đích của sáng chế là đề xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit mà có độ bền uốn cao hơn và đòi hỏi năng lượng lớn hơn khi cần phá hủy (dưới đây được gọi là "năng lượng đứt gãy") so với các vật liệu chịu lửa đã được biết đến và đề xuất phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit này.

Giải pháp kỹ thuật

Sáng chế có các dấu hiệu kỹ thuật sau để giải quyết các vấn đề còn tồn tại hiện nay.

(1) Vật liệu chịu lửa chứa graphit với hàm lượng graphit nằm trong khoảng từ 1% đến 80% theo khối lượng, chứa bó sợi cacbon có độ dài 100mm hoặc lớn hơn được đặt trong đó, bó sợi cacbon được tạo thành từ 1000 đến 300000 sợi cacbon với đường kính sợi nằm trong khoảng từ 1 đến 45 μ m/sợi.

(2) Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo mục (1), trong đó bó sợi cacbon được tạo thành từ 1000 đến 60000 sợi cacbon.

(3) Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo mục (1) hoặc (2), chứa nguyên liệu thô magie oxit cấu thành từ 20% đến 99% theo khối lượng của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

(4) Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo mục (1) hoặc (2), chứa nguyên liệu thô nhôm oxit cấu thành từ 10% đến 95% theo khối lượng của vật liệu chịu lửa chứa graphit và nguyên liệu thô silic cacbua cấu thành 1% theo khối lượng của vật liệu chịu lửa chứa graphit hoặc lớn hơn.

(5) Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo mục (4), còn chứa nguyên liệu thô silic oxit cấu thành từ 1% đến 50% theo khối lượng của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

(6) Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo mục (1) hoặc (2), bao gồm phế liệu chịu lửa cấu thành từ 10% đến 90% theo khối lượng của vật liệu chịu lửa chứa graphit, phế liệu chịu lửa là vật liệu chịu lửa đã qua sử dụng được nghiền nhỏ.

(7) Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (6), trong đó bó sợi cacbon được hình thành bằng cách liên kết có sử dụng ít nhất một chất gắn dính được chọn từ nhựa phenolic, keo nhôm oxit, keo silic oxit, dầu hắc ín, và nhựa than đá.

(8) Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (6), trong đó bó sợi cacbon được tạo ra bằng cách liên kết có sử dụng ít nhất một chất gắn dính được chọn từ nhựa phenolic, nhựa epoxy, nhựa melamin, nhựa ure, nhựa alkyt, nhựa polyeste chưa no, polyuretan, polyimit rắn nhiệt, keo nhôm oxit, keo silic oxit, keo ziricon oxit, keo crom oxit, keo titan oxit, keo magie oxit, keo canxi oxit, keo ytri oxit, dầu hắc ín, nhựa than đá, và hồ tinh bột.

(9) Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (8), còn chứa sợi cacbon ngắn cấu thành từ 0,10% đến 10% theo khối lượng dựa trên 100% khối lượng vật liệu chịu lửa chứa graphit, sợi cacbon ngắn có đường kính sợi nằm trong khoảng từ 1 đến 45 μ m/sợi, độ dài sợi bằng 1mm hoặc nhỏ hơn, và tỷ lệ của độ dài sợi so với đường kính sợi (độ dài sợi/đường kính sợi) nằm trong khoảng từ 2 đến 1000.

(10) Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit, mà trong đó có đặt các bó sợi cacbon, thành phần graphit cấu thành từ 1% đến 80% theo khối lượng, phương pháp này bao gồm: bước tạo bó để bó các sợi cacbon với nhau nhằm tạo ra bó sợi cacbon; bước trộn để trộn nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa với graphit để tạo ra nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit; bước ép để ép nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit trong đó có đặt bó sợi cacbon để tạo ra sản phẩm ép; và bước làm khô để làm khô sản phẩm ép, trong đó bước tạo bó bao gồm việc bó từ 1000 đến 300000 sợi cacbon với đường kính sợi nằm trong khoảng từ 1 đến 45 μ m/sợi với nhau để tạo ra bó sợi cacbon có độ dài 100mm hoặc lớn hơn.

(11) Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit theo mục (10), trong đó bước tạo bó bao gồm việc bó từ 1000 đến 60000 sợi cacbon.

(12) Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit theo mục (10) hoặc (11), trong đó nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa là nguyên liệu thô magie oxit, và bước trộn bao gồm việc bổ sung nguyên liệu thô magie oxit với lượng nằm trong khoảng từ 20% đến 99% theo khối lượng.

(13) Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit theo mục (10) hoặc (11), trong đó nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa bao gồm nguyên liệu thô nhôm oxit và nguyên liệu thô silic cacbua, và bước trộn bao gồm việc bổ sung nguyên liệu thô nhôm oxit với lượng nằm trong khoảng từ 10% đến 95% theo khối lượng và bổ sung nguyên liệu thô silic cacbua với lượng là 1% theo khối lượng hoặc lớn hơn.

(14) Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit theo mục (13), trong đó nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa bao gồm nguyên liệu thô nhôm oxit, nguyên liệu thô silic cacbua, và nguyên liệu thô silic oxit, bước trộn bao gồm việc bổ sung nguyên liệu thô nhôm oxit với lượng nằm trong khoảng từ 10% đến 95% theo khối lượng, bổ sung nguyên liệu thô silic cacbua với lượng là 1% theo khối lượng hoặc lớn hơn, và bổ sung nguyên liệu thô silic oxit với lượng nằm trong khoảng từ 1% đến 50% theo khối lượng.

(15) Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit theo mục (10) hoặc (11), trong đó nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa là phế liệu chịu lửa, mà đó là vật liệu chịu lửa đã qua sử dụng được nghiền nhỏ, và bước trộn bao gồm việc bổ sung phế liệu chịu lửa với lượng nằm trong khoảng từ 10% đến 90% theo khối lượng.

(16) Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit theo mục bất kỳ trong số các mục từ (10) đến (15), trong đó bước tạo bó bao gồm việc liên kết các sợi cacbon bằng ít nhất một chất gắn dính được chọn từ nhựa phenolic, keo nhôm oxit, keo silic oxit, dầu hắc ín, và nhựa than đá.

(17) Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit theo mục bất kỳ trong số các mục từ (10) đến (15), trong đó bước tạo bó bao gồm việc liên kết sợi cacbon bằng ít nhất một chất gắn dính được chọn từ nhựa phenolic, nhựa epoxy, nhựa melamin, nhựa ure, nhựa alkyl, nhựa polyeste chưa no, polyuretan, polyimide rắn nhiệt, keo nhôm oxit, keo silic oxit, keo zircon oxit, keo crom oxit, keo titan oxit, keo magie oxit, keo canxi oxit, keo ytri oxit, dầu hắc ín, nhựa than đá, và hồ tinh bột.

(18) Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit theo mục bất kỳ trong số các mục từ (10) đến (17), phương pháp này còn bao gồm, trước bước ép, bước nhào trộn để nhào trộn nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit; và bước nạp để nạp nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit đã nhào trộn và bó sợi cacbon vào khuôn dùng để ép nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

(19) Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit theo mục (18), trong đó bước nạp bao gồm việc nạp nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit vào 5% theo thể tích của khuôn hoặc nhiều hơn, sau đó đặt bó sợi cacbon ở các khoảng cách bằng 3mm hoặc lớn hơn, và thực hiện lặp lại việc nạp và đặt để nạp nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit và bó sợi cacbon vào khuôn.

(20) Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit theo mục bất kỳ trong số các mục từ (10) đến (17), phương pháp này còn bao gồm, trước bước ép, bước nhào trộn để nhào trộn nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit; và bước nạp để nạp nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit đã nhào trộn và bó sợi cacbon vào bình ép dùng để ép nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit, trong đó bước ép bao gồm việc tác dụng áp lực vào bình ép nhờ môi trường áp suất để tạo ra sản phẩm ép.

(21) Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit theo mục bất kỳ trong số các mục từ (10) đến (20), trong đó bước trộn bao gồm việc bổ sung sợi cacbon ngắn với lượng nằm trong khoảng từ 0,10% đến 10% theo khối lượng dựa trên 100% theo khối lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit, sợi cacbon ngắn có đường kính sợi nằm trong khoảng từ 1 đến 45 μ m, độ dài sợi bằng 1mm hoặc nhỏ hơn, và tỷ lệ của độ dài sợi so với đường kính sợi (độ dài sợi/đường kính sợi) nằm trong khoảng từ 2 đến 1000.

Hiệu quả có lợi của sáng chế

Vật liệu chịu lửa chứa graphit với độ bền uốn và năng lượng đứt gãy cao hơn so với các vật liệu loại này đã có từ trước đó có thể được sản xuất ra bằng cách đặt bó sợi cacbon có độ dài 100mm hoặc lớn hơn ở trong vật liệu chịu lửa chứa graphit. Ví dụ, việc sử dụng vật liệu chịu lửa chứa graphit này với độ bền uốn và năng lượng đứt gãy cao hơn để làm vật liệu chịu lửa cho lò chuyển chứa graphit cho phép vận hành lò chuyển ổn định và có thể kéo dài tuổi thọ của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 bao gồm hình phối cảnh và hình nhìn từ bên cạnh của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 theo phương án của sáng chế.

Fig.2 là hình phối cảnh của bó sợi cacbon 14.

Fig.3 là hình phối cảnh ở dạng sơ đồ của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 được sử dụng làm vật liệu chịu lửa cho lò chuyên.

Fig.4 bao gồm hình phối cảnh và hình nhìn từ bên cạnh của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 mà trong đó góc θ_2 giữa hướng vuông góc với bề mặt ép 16 của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 và hướng dọc theo chiều dài L1 của bó sợi cacbon 14 bằng 45 độ.

Fig.5 bao gồm hình phối cảnh và hình nhìn từ bên cạnh của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 trong đó góc θ_2 giữa hướng vuông góc với bề mặt ép 16 của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 và hướng dọc theo chiều dài L1 của bó sợi cacbon 14 bằng 135 độ.

Fig.6 là lưu đồ của quá trình sản xuất vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 theo phương án của sáng chế.

Fig.7 bao gồm các hình vẽ giải thích cho phương pháp ép CIP.

Fig.8 bao gồm các hình vẽ mặt cắt ngang ở dạng sơ đồ của thử nghiệm xói mòn trong lò cảm ứng cao tần 50.

Fig.9 là đường cong dịch chuyển tải trọng thu được bằng phương pháp thử nghiệm độ bền uốn ba điểm.

Fig.10 bao gồm các hình vẽ mặt cắt ngang ở dạng sơ đồ minh họa các góc nạp bó sợi cacbon trong các ví dụ từ 9-1 đến 9-3.

Fig.11 là mặt cắt ngang ở dạng sơ đồ của trạng thái ép bằng thiết bị ép CIP.

Fig.12 bao gồm các hình vẽ mặt cắt ngang ở dạng sơ đồ minh họa các góc nạp bó sợi cacbon trong các Ví dụ từ 10-1 đến 10-3.

Fig.13 là mặt cắt ngang ở dạng sơ đồ của trạng thái ép bằng thiết bị ép CIP.

Mô tả chi tiết sáng chế

Vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit được sử dụng để làm lớp lót của lò chuyển được sử dụng ở các điều kiện rất khắc nghiệt, bao gồm các tác động cơ khí do việc nạp liệu, mài mòn do khuấy thép nóng chảy và xỉ nóng chảy, xói mòn bởi xỉ nóng chảy, và thay đổi nhiệt độ đột ngột trong quá trình vận hành của lò chuyển. Do đó, cần phải sử dụng vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit mà có thể chịu được các điều kiện khắc nghiệt này để có được vận hành ổn định. Tương tự, vật liệu chịu lửa cacbon cacbua nhôm oxit-silic được sử dụng để làm lớp lót cho bể xử lý sơ bộ sắt nóng chảy, như là toa xe chuyên dụng hoặc thùng rót kim loại nóng, còn được sử dụng ở các điều kiện rất khắc nghiệt. Do đó, vật liệu chịu lửa cacbon cacbua nhôm oxit-silic bền lâu mà có thể chịu được các điều kiện này được ưu tiên sử dụng.

Các tác giả sáng chế đã hoàn thiện sáng chế nhờ phát hiện ra rằng, việc đặt bó sợi cacbon có độ dài 100mm hoặc lớn hơn bao gồm từ 1000 đến 300000 sợi cacbon với đường kính sợi nằm trong khoảng từ 1 đến 45 μ m/sợi ở trong vật liệu chịu lửa chứa graphit có thể cải thiện độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa chứa graphit so với các vật liệu chịu lửa chứa graphit đã được biết đến. Sáng chế được mô tả chi tiết hơn nữa ở dưới đây với ví dụ về vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit theo một phương án của sáng chế.

Fig.1 bao gồm hình phối cảnh và hình nhìn từ bên cạnh của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 theo phương án của sáng chế. Fig.1(a) là hình phối cảnh của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10, và Fig.1(b) là hình nhìn từ bên cạnh của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10. Vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 theo phương án của sáng chế bao gồm nhiều bó sợi cacbon 14 được đặt theo hướng chiều dọc ở trong nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12, mà là hỗn hợp của graphit và nguyên liệu thô magie oxit. Cách này giúp làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10.

Graphit cấu thành từ 1% đến 80% theo khối lượng của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 theo phương án của sáng chế, và nguyên liệu thô magie oxit cấu thành từ 20% đến 99% theo khối lượng của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10. Điều này có thể ngăn ngừa việc nứt vật liệu chịu lửa bị gây ra bởi sự nứt vỡ do nhiệt và cải thiện khả năng khả năng chống xói mòn bởi xỉ lò chuyển. Ngược lại, hàm lượng graphit nhỏ hơn 1% theo khối lượng dẫn đến việc nứt vật liệu chịu lửa chứa graphit bị gây ra bởi sự nứt

vỡ do nhiệt và dẫn đến giảm khả năng chống nứt một cách đáng kể. Hàm lượng nguyên liệu thô magie oxit nhỏ hơn 20% theo khối lượng dẫn đến làm giảm khả năng chống xói mòn bởi xỉ lò chuyển và dẫn đến tăng xói mòn.

Fig.2 là hình phối cảnh của một trong số các bó sợi cacbon 14. Bó sợi cacbon 14 được hình thành bằng cách bó nhiều sợi cacbon. Bó sợi cacbon 14 có độ dài L1 dài bằng 100mm hoặc lớn hơn, mà là nhỏ hơn hoặc bằng với độ dài của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 theo hướng chiều dọc của bó sợi cacbon 14 được đặt ở trong vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10. Bó sợi cacbon 14 bao gồm từ 1000 đến 300000 sợi cacbon với đường kính sợi nằm trong khoảng từ 1 đến 45 μ m/sợi, các sợi được tạo bó sao cho mật đầu của bó sợi cacbon 14 có độ rộng L2 nằm trong khoảng từ 1,0 đến 20,0mm và độ dày L3 nằm trong khoảng từ 0,001 đến 6,0mm, trong đó L2 dài hơn so với L3.

Như được thể hiện trên đây, theo phương án này, bó sợi cacbon 14 được hình thành bằng cách bó từ 1000 đến 300000 sợi cacbon với đường kính sợi nằm trong khoảng từ 1 đến 45 μ m/sợi. Điều này tạo ra tác dụng ngăn chặn của bó sợi cacbon 14 đối với sự phát triển của vết nứt ở phần mà có đặt bó sợi cacbon 14 và làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10. Ngược lại, khi sợi cacbon có đường kính sợi nhỏ hơn 1 μ m/sợi, và số lượng sợi cacbon là nhỏ hơn 1000, bó sợi cacbon là quá hẹp để có thể ngăn ngừa sự phát triển của đứt gãy và làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy. Khi sợi cacbon có đường kính sợi lớn hơn 45 μ m/sợi, và số lượng sợi cacbon là lớn hơn 300000, bó sợi cacbon quá dày gây vướng giữa các bó sợi cacbon và nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa bị kém đi, do đó gây ra hiện tượng bật lại trong quá trình ép và làm cho khó ép. Bó sợi cacbon 14 có thể được hình thành bằng cách bó từ 1000 đến 60000 sợi cacbon.

Bó sợi cacbon 14 tốt hơn là được hình thành bằng cách liên kết bó sợi cacbon với ít nhất một chất gắn dính được chọn từ nhựa phenolic, nhựa epoxy, nhựa melamin, nhựa ure, nhựa alkyt, nhựa polyeste chưa no, polyuretan, polyimit rắn nhiệt, keo nhôm oxit, keo silic oxit, keo ziricon oxit, keo crom oxit, keo titan oxit, keo magie oxit, keo canxi oxit, keo ytri oxit, dầu hắc ín, nhựa than đá, và hồ tinh bột. Việc liên kết bó sợi cacbon có thể cải thiện độ bám dính giữa các sợi cacbon và độ bám dính giữa các bó sợi cacbon và nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa, làm đặc sản phẩm ép, và nhờ đó làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10.

Độ rộng L2 ở mặt đầu của bó sợi cacbon 14 lớn hơn so với độ dày L3 của mặt đầu. Hình dạng phẳng này với độ rộng L2 ở mặt đầu của bó sợi cacbon 14 là lớn hơn so với độ dày L3 của mặt đầu có thể tác động đến tính dị hướng đối với độ bền uốn của bó sợi cacbon 14. Khi bó sợi cacbon 14 với độ bền uốn dị hướng này được đặt theo một hướng ở trong vật liệu chịu lửa, vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 cũng có độ bền uốn dị hướng.

Vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 theo phương án của sáng chế là vật liệu chịu lửa được sản xuất ra bằng cách tạo hình ép theo hướng vuông góc với bề mặt ép 16. Như được minh họa trên Fig.1, bó sợi cacbon 14 được đặt sao cho hướng chiều dọc của các mặt đầu của bó sợi cacbon 14 là giống nhau và sao cho góc θ_1 giữa bề mặt ép 16 và hướng chiều dọc của từng mặt đầu bằng 90 độ. Trên Fig.1(b), đường chấm 18 là đường song song với bề mặt ép 16 được vẽ để chỉ ra góc θ_1 giữa bề mặt ép 16 và hướng chiều dọc của các mặt đầu của bó sợi cacbon 14.

Khi bó sợi cacbon 14 được đặt theo cách sao cho hướng chiều dọc của các mặt đầu của bó sợi cacbon 14 là giống nhau và sao cho góc θ_1 giữa hướng chiều dọc của từng mặt đầu và bề mặt ép 16 bằng 90 độ, điều này cho phép nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12 dễ dàng đi vào giữa các bó sợi cacbon 14 trong quá trình ép và nhờ đó cải thiện khả năng tạo hình vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10. Hơn nữa, việc đặt bó sợi cacbon 14 sao cho hướng chiều dọc của các mặt đầu là giống nhau cũng tác động đến tính dị hướng đối với độ bền uốn của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10, và việc đặt bó sợi cacbon 14 sao cho góc θ_1 giữa từng hướng chiều dọc và bề mặt ép 16 bằng 90 độ có thể làm tăng độ bền uốn theo hướng chiều dọc của các mặt đầu của bó sợi cacbon 14 so với độ bền uốn theo hướng chiều dọc của các mặt đầu của bó sợi cacbon 14 trong vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10. Mặc dù góc θ_1 giữa hướng chiều dọc và bề mặt ép 16 tốt hơn là bằng 90 độ, góc θ_1 có thể xấp xỉ 90 ± 45 độ khi xét đến độ chính xác trong gia công.

Fig.3 là hình phối cảnh ở dạng sơ đồ của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 được sử dụng làm vật liệu chịu lửa cho lò chuyển. Như được minh họa trên Fig.3, khi vật liệu chịu lửa chứa graphit cacbon magie oxit 10 được sử dụng trong lò chuyển, vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 được đặt sao cho hướng của bề mặt ép 16 dọc theo hướng chu vi của lò chuyển (mũi tên 20 trên Fig.3). Trong trường hợp này, vật liệu chịu

lửa cacbon magie oxit 10 giãn nở và co lại, lặp đi lặp lại do thay đổi nhiệt độ đột ngột trong quá trình vận hành của lò chuyển, vì thế gây ra ứng suất theo hướng chu vi, cụ thể là, theo hướng vuông góc với bề mặt ép 16.

Như được mô tả trên đây, vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 theo phương án của sáng chế có độ bền uốn dị hướng, và độ bền uốn vuông góc với bề mặt ép 16 là cao hơn so với độ bền uốn song song với bề mặt ép 16. Do đó, vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 có bề mặt ép 16 hướng của nó là dọc theo hướng chu vi trong đó ứng suất bị gây ra trong lò chuyển và nhờ đó có độ bền uốn cao chống lại ứng suất bị gây ra trong lò chuyển. Việc đặt vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 với độ bền uốn dị hướng theo phương án của sáng chế sao cho hướng mà độ bền uốn là cao hơn, là hướng ứng suất trong lò chuyển có thể cải thiện tuổi thọ của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10.

Như được minh họa trên Fig.1, vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 theo phương án của sáng chế được đặt sao cho góc θ_2 giữa hướng vuông góc với bề mặt ép 16 của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 và hướng dọc theo chiều dài L1 của bó sợi cacbon 14 bằng 90 độ. Độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 hướng về lực theo hướng vuông góc với bề mặt ép 16 là cao hơn khi bó sợi cacbon 14 được đặt theo cách này hơn là khi bó sợi cacbon 14 được đặt sao cho hướng vuông góc với bề mặt ép 16 là song song với hướng dọc theo chiều dài L1 của bó sợi cacbon 14.

Fig.4 bao gồm hình phối cảnh và hình nhìn từ bên cạnh của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 trong đó góc θ_2 giữa hướng vuông góc với bề mặt ép 16 của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 và hướng dọc theo chiều dài L1 của bó sợi cacbon 14 bằng 45 độ. Fig.5 bao gồm hình phối cảnh và hình nhìn từ bên cạnh của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 trong đó góc θ_2 giữa hướng vuông góc với bề mặt ép 16 của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 và hướng dọc theo chiều dài L1 của bó sợi cacbon 14 bằng 135 độ. Như được minh họa trên các hình vẽ Fig.4 và Fig.5, bó sợi cacbon 14 tốt hơn là được đặt sao cho góc θ_2 giữa hướng vuông góc với bề mặt ép 16 của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 và hướng dọc theo chiều dài L1 của bó sợi cacbon 14 nằm trong khoảng từ 45 đến 135 độ. Cách đặt này có thể làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 so với trường hợp mà bó sợi cacbon 14 được đặt sao cho hướng vuông góc với bề mặt ép 16 của vật liệu chịu lửa

cacbon magie oxit 10 song song với hướng dọc theo chiều dài L1 của bó sợi cacbon 14. Mặc dù các bó sợi cacbon 14 song song với nhau và song song với mặt AEHD trên các hình vẽ Fig.4 và Fig.5, nhưng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 được tăng lên miễn là các góc θ_1 và θ_2 nằm trong khoảng từ 45 đến 135 độ ngay cả khi nếu các bó sợi cacbon 14 không song song với nhau.

Vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 theo phương án của sáng chế còn có thể chứa sợi cacbon ngắn cấu thành từ 0,10% đến 10% theo khối lượng dựa trên 100% theo khối lượng của nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12. Sợi cacbon ngắn có đường kính sợi nằm trong khoảng từ 1 đến 45 μ m/sợi, độ dài sợi bằng 1mm hoặc nhỏ hơn, và tỷ lệ của độ dài sợi so với đường kính sợi (độ dài sợi/đường kính sợi) nằm trong khoảng từ 2 đến 1000. Sợi cacbon ngắn hạn chế sự phát triển của đứt gãy trong vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 và nhờ đó làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10.

Fig.6 là lưu đồ của quá trình sản xuất vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 theo phương án của sáng chế. Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 được mô tả dưới đây với sự tham chiếu đến Fig.6. Vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 được sản xuất ra thông qua bước tạo bó sợi cacbon, bước trộn nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12, bước nhào trộn nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12, bước nạp, bước ép, và bước làm khô.

Trong bước tạo bó sợi cacbon (S101), ví dụ, sợi vải cacbon có trên thị trường với sợi cacbon có đường kính khoảng 1 μ m/sợi hoặc lớn hơn và 45 μ m hoặc nhỏ hơn trước tiên được tách sợi để loại đi sợi cacbon dạng dây dài 100mm hoặc lớn hơn. Sợi cacbon có trên thị trường bao gồm sợi cacbon có các hình dạng khác nhau, như là sợi cacbon nhỏ/dạng tơ, dây sợi cacbon, và vải sợi cacbon. Bất kỳ hình dạng trong số các hình dạng sợi cacbon này đều có thể được sử dụng. Về cơ bản, 1000 đến 300000 sợi cacbon dạng dây được tạo bó để tạo ra bó sợi cacbon có độ dài 100mm hoặc lớn hơn. Sau đó nhúng bó sợi cacbon trong chất gắn dính, như là nhựa phenolic, trong khoảng 1 đến 2 phút. Lấy bó sợi cacbon ra khỏi chất gắn dính, như là nhựa phenolic, và làm khô bằng không khí trong 24 giờ hoặc lâu hơn.

Trong bước trộn nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12 (S102), nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12 được tạo ra bằng cách trộn graphite và nguyên liệu thô magie oxit

cùng nhau sao cho hàm lượng graphit của nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12 nằm trong khoảng từ 1% đến 80% theo khối lượng, và hàm lượng nguyên liệu thô magie oxit của nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12 nằm trong khoảng từ 20% đến 99% theo khối lượng. Trong bước trộn, lượng được xác định trước của tác nhân lưu hóa và chất kết dính được bổ sung trên cơ sở tỷ lệ phần trăm ngoài.

Trong bước trộn, ngoài graphit, sợi cacbon ngắn với đường kính sợi nằm trong khoảng từ 1 đến 45 μ m, độ dài sợi bằng 1mm hoặc nhỏ hơn, và tỷ lệ của độ dài sợi so với đường kính sợi (độ dài sợi/đường kính sợi) nằm trong khoảng từ 2 đến 1000 còn có thể được trộn với nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12.

Trong bước nhào trộn nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12 (S103), nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12 được nhào trộn trong máy nhào trộn. Trong bước nạp (S104), 5% theo thể tích khuôn của vật liệu chịu lửa hoặc nhiều hơn được nạp với nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12 đã nhào trộn, và sau đó các bó sợi cacbon 14 được đặt ở các khoảng cách bằng 3mm hoặc lớn hơn. Tiếp theo là, 5% theo thể tích của khuôn hoặc nhiều hơn được nạp với nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12 đã nhào trộn, và sau đó các bó sợi cacbon 14 được đặt ở các khoảng cách bằng 3mm hoặc lớn hơn. Việc nạp nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12 và việc đặt bó sợi cacbon 14 được tiến hành lặp lại để nạp nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12 và bó sợi cacbon 14 vào khuôn.

Do đó, việc đặt các bó sợi cacbon 14 cạnh nhau ở các khoảng cách bằng 3mm hoặc lớn hơn và thực hiện lặp lại việc nạp nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12 và việc đặt bó sợi cacbon để phân phối sợi cacbon bằng phương pháp đặt theo phương ngang và phương thẳng đứng có thể làm tăng diện tích tiếp xúc giữa nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12 và bó sợi cacbon và nhờ đó làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit. Ngược lại, khi bó sợi cacbon được đặt theo cách mà không được phân phối theo phương ngang và phương thẳng đứng, diện tích tiếp xúc giữa nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12 và bó sợi cacbon không thể tăng lên được, và do đó độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 không thể tăng lên được. Bó sợi cacbon 14 tốt hơn là được đặt ở các khoảng cách bằng 100mm hoặc nhỏ hơn. Khi bó sợi cacbon 14 được đặt ở các khoảng cách lớn hơn 100mm, số lượng bó sợi cacbon 14 được đặt là quá nhỏ nên hiệu quả làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy bị giảm xuống.

Sau khi nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12 được nhào trộn trong bước nhào trộn, bó sợi cacbon 14 tốt hơn là được đặt trên nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12 được nhào trộn trong bước nạp. Nếu bước nhào trộn được tiến hành sau khi bó sợi cacbon 14 được đặt, bó sợi cacbon 14 được cắt bởi các dao khuấy của máy nhào trộn, và hiệu quả làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit bị giảm không mong muốn.

Trong bước ép (S105), vật liệu chịu lửa được ép theo hướng vuông góc với bề mặt ép 16 để chuyển hình dạng bên trong của khuôn lên nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12 được nạp vào khuôn, nhờ đó ép sản phẩm cần được ép. Khuôn có thể là khuôn bằng kim loại, gỗ, nhựa tổng hợp, hoặc bằng cao su. Sản phẩm ép được làm khô ở 230°C trong 18 giờ trong bước làm khô (S106) để hoàn thiện vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit 10 mà trong đó bó sợi cacbon 14 được đặt.

Mặc dù nguyên liệu thô magie oxit được sử dụng làm nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa theo phương án này, thay cho nguyên liệu thô magie oxit, nguyên liệu thô nhôm oxit và nguyên liệu thô silic cacbua có thể được sử dụng, hoặc nguyên liệu thô nhôm oxit, nguyên liệu thô silic cacbua, và nguyên liệu thô silic oxit có thể được sử dụng. Khi nguyên liệu thô nhôm oxit và nguyên liệu thô silic cacbua được sử dụng, nguyên liệu thô nhôm oxit có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 10% đến 95% theo khối lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit, và nguyên liệu thô silic cacbua có mặt với lượng là 1% theo khối lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit hoặc lớn hơn. Khi nguyên liệu thô nhôm oxit, nguyên liệu thô silic cacbua, và nguyên liệu thô silic oxit được sử dụng, nguyên liệu thô nhôm oxit có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 10% đến 95% theo khối lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit, nguyên liệu thô silic cacbua có mặt với lượng là 1% theo khối lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit hoặc lớn hơn, và nguyên liệu thô silic oxit có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 1% đến 50% theo khối lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

Nguyên liệu thô nhôm oxit với lượng nằm trong khoảng từ 10% đến 95% theo khối lượng có thể cải thiện khả năng khả năng chống xói mòn cho xỉ đã được xử lý sơ bộ trong sắt nóng chảy và ngăn ngừa việc đứt gãy bị gây ra bởi nứt vỡ/bong tróc do nhiệt. Ngược lại, nguyên liệu thô nhôm oxit với lượng nhỏ hơn 10% theo khối lượng sẽ

dẫn đến điều không mong muốn đó là khả năng khả năng chống xói mòn thấp hơn cho xỉ đã được xử lý sơ bộ trong sắt nóng chảy. Nguyên liệu thô nhôm oxit với lượng lớn hơn 95% theo khối lượng không thể ngăn ngừa việc đứt gãy bị gây ra bởi nứt vỡ/bong tróc do nhiệt và dẫn đến điều không mong muốn đó là giảm độ bền nứt vỡ.

Nguyên liệu thô silic cacbua với lượng khoảng 1% theo khối lượng hoặc lớn hơn có thể ngăn ngừa việc oxy hóa graphit trong không khí và duy trì độ bền nứt vỡ cao cho vật liệu chịu lửa chứa graphit. Ngược lại, nguyên liệu thô silic cacbua với lượng nhỏ hơn 1% theo khối lượng không thể ngăn ngừa việc oxy hóa graphit trong không khí và dẫn đến điều không mong muốn đó là giảm độ bền nứt vỡ của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

Nguyên liệu thô silic oxit với lượng nằm trong khoảng từ 1% đến 50% theo khối lượng có thể tác động đến cả hai là độ bền nứt vỡ cao và khả năng khả năng chống xói mòn cao cho vật liệu chịu lửa chứa graphit. Ngược lại, nguyên liệu thô silic oxit với lượng nhỏ hơn 1% theo khối lượng không thể làm tăng khả năng kháng rạn nứt do sốc nhiệt vì giãn nở nhỏ và không có hình thành đứt gãy nhỏ, dẫn đến điều không mong muốn đó là giảm độ bền nứt vỡ. Nguyên liệu thô silic oxit với lượng lớn hơn 50% theo khối lượng dẫn đến điều không mong muốn đó là giảm rõ rệt khả năng khả năng chống xói mòn.

Do đó, nguyên liệu thô nhôm oxit và nguyên liệu thô silic cacbua, hoặc nguyên liệu thô nhôm oxit, nguyên liệu thô silic cacbua, và nguyên liệu thô silic oxit, được trộn với graphit có thể cải thiện khả năng khả năng chống xói mòn cho xỉ đã được xử lý sơ bộ trong sắt nóng chảy của vật liệu chịu lửa chứa graphit và làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa chứa graphit. Do đó, vật liệu chịu lửa chứa graphit có thể được sử dụng một cách phù hợp làm lớp lót từ vật liệu chịu lửa chứa graphit cho bể xử lý sơ bộ sắt nóng chảy, như là toa xe chuyên dụng và thùng rót kim loại nóng.

Mặc dù nguyên liệu thô magie oxit được sử dụng làm nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa theo phương án này, thay cho nguyên liệu thô magie oxit, nguyên liệu thô nhôm oxit và nguyên liệu thô ziricon oxit có thể được sử dụng. Việc đặt bó sợi cacbon theo phương án của sáng chế trong tấm vật liệu chịu lửa chứa nguyên liệu thô nhôm

oxit, nguyên liệu thô ziricon oxit, và graphit còn có thể làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của tấm vật liệu chịu lửa.

Mặc dù nguyên liệu thô magie oxit được sử dụng làm nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa theo phương án này, thay cho nguyên liệu thô magie oxit, có thể sử dụng phế liệu chịu lửa được sản xuất ra bằng cách nghiền thô vật liệu chịu lửa cacbon cacbua nhôm oxit-silic đã qua sử dụng. Khi phế liệu chịu lửa được sử dụng, phế liệu chịu lửa có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 10% đến 90% theo khối lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit. Loại này có thể đạt tới gần như cùng độ bền nứt vỡ và khả năng chống xói mòn như vật liệu chịu lửa chứa graphit được làm bằng riêng nguyên liệu thô chưa từng được sử dụng.

Mặc dù nguyên liệu thô là phế liệu chịu lửa được tạo thành từ phế liệu chịu lửa có độ tinh khiết thấp hơn so với nguyên liệu thô còn nguyên, nguyên liệu thô còn nguyên với lượng bằng 10% theo khối lượng hoặc lớn hơn của phế liệu chịu lửa có thể ngăn chặn giảm đáng kể về khả năng khả năng chống xói mòn bị gây ra bởi thành phần Al_2O_3 trong nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa. Ngược lại, nguyên liệu thô là phế liệu chịu lửa có mặt với lượng lớn hơn 90% theo khối lượng không thể dẫn đến giảm đáng kể về khả năng khả năng chống xói mòn của thành phần Al_2O_3 trong nguyên liệu thô là phế liệu chịu lửa chứa graphit do lượng nhỏ quá mức của nguyên liệu thô còn nguyên. Nguyên liệu thô là phế liệu chịu lửa có mặt với lượng nhỏ hơn 10% theo khối lượng dẫn đến làm tăng đáng kể về giá thành xử lý của phế liệu chịu lửa làm chất thải công nghiệp do tỷ lệ tái sử dụng vô cùng thấp của phế liệu chịu lửa.

Mặc dù khuôn được nạp với nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit và bó sợi cacbon 14 để hình thành sản phẩm ép theo phương án này, sáng chế không chỉ giới hạn ở phương án này. Ví dụ, sản phẩm ép có thể được hình thành bằng cách ép CIP có sử dụng bình ép được minh họa trên Fig.7. Fig.7 bao gồm các hình vẽ giải thích cho phương pháp ép bằng cách ép CIP. Fig.7(a) minh họa bình ép 36 được nạp với nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12 và bó sợi cacbon 14, và Fig.7(b) minh họa bình ép 36 trong thiết bị ép CIP 38 được nạp môi trường áp suất 40.

Trước tiên là phần mô tả phương pháp nạp nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12 và bó sợi cacbon 14 vào bình ép 36. Trong thành phần đỡ 30 bao gồm kim loại lõi 32, tấm đỡ trên 34, và tấm đỡ dưới 35, bó sợi cacbon 14 kéo dài song song với kim loại lõi

32 giữa tấm đỡ trên 34 và tấm đỡ dưới 35. Thành phần đỡ 30 trong đó bó sợi cacbon 14 kéo dài được đặt trong bình ép 36 được làm bằng cao su. Khoảng trống được hình thành bởi thành phần đỡ 30 và bình ép 36 được nạp với nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12, và cửa bình ép 36 được đóng để làm kín chặt bình ép 36. Bình ép được làm kín chặt 36 được đặt trong thiết bị ép CIP 38 được nạp môi trường áp suất 40, như là nước hoặc dầu, và áp suất nằm trong khoảng từ 49 đến 490 MPa được áp dụng cho môi trường áp suất 40. Điều này cho phép áp suất đồng nhất được áp dụng cho bình ép 36 nhờ môi trường áp suất 40, nhờ đó ép sản phẩm cần được ép. Việc ép CIP được ưu tiên sử dụng để hình thành vật liệu chịu lửa lỗ gió lớn. Độ dài của kim loại lõi 32, đường kính của kim loại lõi 32, kích cỡ của tấm đỡ trên 34 và tấm đỡ dưới 35, và kích cỡ của bình ép 36 có thể được xác định một cách phù hợp theo kích cỡ mong muốn, như là đường kính lỗ gió, của vật liệu chịu lửa lỗ gió. Đối với ép CIP, bình ép 36 tốt hơn là được làm bằng vật liệu cao su.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sáng chế được mô tả cụ thể dưới đây thông qua các ví dụ. Vật liệu chịu lửa chứa graphit chứa, làm tổ hơn, nguyên liệu thô cacbon magie oxit để sử dụng trong lò chuyển được xét nghiệm bằng phương pháp sau. Trước tiên, để nghiên cứu nguyên liệu thô magie oxit và hàm lượng graphit, hàm lượng nguyên liệu thô magie oxit và hàm lượng graphit được thay đổi như được liệt kê trong Bảng 1, và vật liệu chịu lửa chứa graphit được sản xuất ra theo lưu đồ như trên Fig.6. Khả năng khả năng chống xói mòn và độ bền nứt vỡ được đánh giá.

[Bảng 1]

	Cỡ hạt (mm)	Đơn vị	Ví dụ hỗn hợp 1-1	Ví dụ hỗn hợp 1-2	Ví dụ hỗn hợp 1-3	Ví dụ hỗn hợp 1-4	Ví dụ hỗn hợp 1-5	Ví dụ hỗn hợp 1-6	Ví dụ hỗn hợp 1-7	Ví dụ hỗn hợp 1-8	Ví dụ hỗn hợp 1-9
MgO	3 - 5	% theo khối lượng	11,7	11,6	11,2	10,0	9,4	7,1	4,7	2,4	1,2
	lớn hơn hoặc bằng 1 và nhỏ hơn 3		35,1	34,9	33,5	30,0	28,2	21,2	14,1	7,1	3,5
	lớn hơn hoặc bằng 0,3 và nhỏ hơn 1		35,1	34,9	33,5	30,0	28,2	21,2	14,1	7,1	3,5
	sàng cỡ 50 - 200 (lớn hơn hoặc bằng 0,075 và nhỏ hơn 0,3)		17,6	17,5	16,8	15,0	14,1	10,6	7,1	3,5	1,8
Vảy graphit	-	% theo khối lượng (tỷ lệ phần trăm ngoài)	0,5	1,0	5,0	15,0	20,0	40,0	60,0	80,0	90,0
Bột kim loại Si	-		2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Hexamin	-		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Nhựa phenolic	-		3	3	3	3	3	3	3	3	3
Tổng			100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Khả năng chống xói mòn		-	97	98	99	100	103	105	107	109	140
Độ bền nứt vỡ		E ₃ /E ₀	0,10	0,40	0,41	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,45

Khả năng khả năng chống xói mòn được xác định bằng phương pháp phân vùng lớp lót trong lò cảm ứng cao tần được minh họa trên Fig.8.

Fig.8 bao gồm các hình vẽ mặt cắt ngang ở dạng sơ đồ minh họa thử nghiệm xói mòn trong lò cảm ứng cao tần 50. Như được minh họa trên Fig.8, các vật liệu chịu lửa chứa graphit 60 được đặt theo hình trụ trên tấm đáy 54 của lò cảm ứng cao tần 50 được trang bị với cuộn cảm 52. Nhiệt độ thử nghiệm bằng 1500°C, và thời gian giữ nhiệt độ bằng 4 giờ. Sắt nóng chảy 56 hoặc xỉ tổng hợp 58 với thành phần được liệt kê trong Bảng 2 được rót vào trong lò cảm ứng cao tần 50 mỗi giờ. Sau khi làm mát, đo lượng xói mòn. Khả năng khả năng chống xói mòn trong Bảng 1 được chỉ ra bởi chỉ số xói mòn trong đó lượng xói mòn của ví dụ hỗn hợp 1-3 được cài đặt ở 100. Do đó, chỉ số xói mòn nhỏ hơn 100 nghĩa là sao cho lượng xói mòn là nhỏ hơn so với mà của ví dụ hỗn hợp 1-3, và chỉ số xói mòn lớn hơn 100 nghĩa là sao cho lượng xói mòn là lớn hơn so với lượng xói mòn của ví dụ hỗn hợp 1-3.

[Bảng 2]

Thành phần xỉ (% theo khối lượng)		
CaO	SiO ₂	FeO
30	40	30

Đối với độ bền nứt vỡ, modun đàn hồi động E_0 theo hướng chiều dọc của mẫu thử nghiệm 40 x 40 x 200mm được xác định bằng phương pháp xung siêu âm được đặc trưng hóa trong Tiêu chuẩn công nghiệp của Nhật Bản (JIS) R 1605. Thử nghiệm nứt vỡ/bong tróc được tạo thành từ chu trình gia nhiệt ở 1500°C trong 10 phút, làm mát nước trong 5 phút, và làm mát không khí trong 10 phút được tiến hành ba lần. Tiếp theo là, modun đàn hồi động E_3 được đo lần nữa. Tỷ lệ thay đổi về modun đàn hồi động E_3/E_0 dẫn đến từ thử nghiệm được xác định để đánh giá độ bền nứt vỡ. Tỷ lệ nhỏ hơn về việc thay đổi trong modun đàn hồi động E_3/E_0 nghĩa là độ bền nứt vỡ thấp hơn.

Bảng 1 thể hiện rằng, các ví dụ hỗn hợp từ 1-2 đến 1-8 với hàm lượng graphit nằm trong khoảng từ 1% đến 80% theo khối lượng và hàm lượng nguyên liệu thô magie oxit nằm trong khoảng từ 20% đến 99% theo khối lượng có độ khả năng chống xói mòn và độ bền nứt vỡ không đổi. Ngược lại, ví dụ hỗn hợp 1-1 với hàm lượng graphit bằng 0,5% theo khối lượng có độ bền nứt vỡ giảm rõ rệt, và ví dụ hỗn hợp 1-9 với hàm lượng nguyên liệu thô magie oxit bằng 10,0% theo khối lượng có khả năng khả năng chống xói mòn giảm rõ rệt. Các kết quả này thể hiện rằng, khi nguyên liệu thô magie oxit được

sử dụng làm nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa, hàm lượng graphit nằm trong khoảng từ 1% đến 80% theo khối lượng và hàm lượng nguyên liệu thô magie oxit nằm trong khoảng từ 20% đến 99% theo khối lượng dẫn đến cả hai là khả năng khả năng chống xói mòn cao và độ bền nứt vỡ cao cho vật liệu chịu lửa chứa graphit.

Tiếp theo là phần mô tả hiệu quả của độ dài bó sợi cacbon đối với độ bền uốn, độ bền vỡ, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của vật liệu chịu lửa chứa graphit. Bảng 3 thể hiện các điều kiện sản xuất và các kết quả đánh giá của các vật liệu chịu lửa chứa graphit được thử nghiệm.

[Bảng 3]

		Đơn vị	Ví dụ so sánh 2-1	Ví dụ 2- 1	Ví dụ 2-2	Ví dụ 2-3	Ví dụ 2- 4	Ví dụ 2-5	Ví dụ 2- 6	Ví dụ 2-7
Sợi cacbon	Độ dài	mm	90	100	100	200	400	600	800	1000
	Dạng sợi	µm/sợi	0,8	1	1			7		
	Đường kính		990	990	1.000			12.000		
	Số lượng sợi được bó	sợi								
	Xử lý sơ bộ									
	Liên kết nhựa phenolic									
	Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp ban đầu so với thể tích khuôn	% theo thể tích				10				
	Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp lần thứ hai và sau đó so với thể tích khuôn	% theo thể tích				15				
	Góc đặt bó sợi cacbon (θ2)	°				90				
	Khoảng cách giữa các bó sợi cacbon	mm				5				
Lập lại việc nạp nguyên liệu thô và việc đặt bó sợi cacbon						Có				
Thời điểm đặt bó sợi cacbon										
Độ bền uốn		MPa	7,0	18,4	18,5	18,6	18,7	19,0	18,8	12,5
Năng lượng đứt gãy		kJ/m ²	0,8	19	20	21	21	22	23	23
Khả năng chống xói mòn		-	100	100	100	101	101	101	101	101
Độ bền nứt vỡ		E ₃ /E ₀	0,35	0,49	0,50	0,51	0,51	0,53	0,52	0,51

Như được thể hiện trong Bảng 3, khi 990 đến 12000 sợi cacbon với đường kính sợi nằm trong khoảng từ 0,8 đến 7 μ m/sợi được tạo bó sao cho bó sợi cacbon 14 có mặt đầu phẳng, mặt đầu của bó sợi cacbon 14 có độ rộng nằm trong khoảng từ 1,0 đến 20,0mm và độ dày nằm trong khoảng từ 0,001 đến 10,0mm. Sản phẩm Torayca (nhãn hiệu đã được đăng ký) mã số CK6261C là sản phẩm của Toray Industries, Inc. được tách sợi và được sử dụng làm sợi cacbon theo sáng chế. Bó sợi cacbon được cắt đến độ dài 90, 100, 200, 400, 600, 800, hoặc 1000mm. Để cải thiện độ bám dính giữa các sợi cacbon và độ bám dính giữa các bó sợi cacbon và nguyên liệu thô cacbon magie oxit, nhúng các bó sợi cacbon trong nhựa phenolic trong 1 phút để bám dính chặt vào nhựa phenolic, và sau đó nạp liệu các bó sợi cacbon và nguyên liệu thô cacbon magie oxit này bằng phương pháp sau.

Phần dưới của khuôn đối với vật liệu chịu lửa có kích cỡ 1000mm theo hướng chiều dọc, 300mm theo phương ngang, và 90mm theo chiều cao được nạp với lượng nguyên liệu thô cacbon magie oxit 10% theo thể tích của khuôn. Bó sợi cacbon được đặt ở các khoảng cách bằng 5mm sao cho góc θ_2 giữa hướng vuông góc với bề mặt ép và hướng dọc theo chiều dài L1 của bó sợi cacbon bằng 90 độ. Nguyên liệu thô cacbon magie oxit với which khuôn được nạp was nguyên liệu thô cacbon magie oxit của ví dụ hỗn hợp 1-5 được liệt kê trong Bảng 1.

Việc nạp với nguyên liệu thô cacbon magie oxit và việc đặt bó sợi cacbon được tiến hành lặp lại để nạp vào khuôn với nguyên liệu thô cacbon magie oxit và bó sợi cacbon. Sau khi hoàn thiện việc nạp, tiến hành ép và làm khô theo lưu đồ như trên Fig.6 để tạo ra các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 2-1 đến 2-7 và Ví dụ so sánh 2-1. Độ bền uốn, năng lượng đứt gãy, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của các vật liệu chịu lửa chứa graphit được xác định.

Độ bền uốn của vật liệu chịu lửa chứa graphit được xác định bằng phương pháp thử nghiệm độ bền uốn ba điểm theo Tiêu chuẩn công nghiệp của Nhật Bản (JIS) R 2213. Mẫu thử nghiệm có kích cỡ bằng 40 x 40 x 140mm, khoảng cách tâm đến tâm was 100mm, và tốc độ nạp bằng 0,5mm/phút.

Fig.9 là đường cong dịch chuyển tải trọng thu được bằng phương pháp thử nghiệm độ bền uốn ba điểm. Năng lượng đứt gãy có thể được tính từ đường cong dịch chuyển tải trọng thu được bằng phương pháp thử nghiệm độ bền uốn ba điểm. Việc

chuyển vị của giá trị đỉnh thứ nhất trên đường cong dịch chuyển tải trọng được lấy làm vị trí tham chiếu, và diện tích giữa vị trí tham chiếu và vị trí được chuyển vị bằng 1mm từ vị trí tham chiếu được tính làm năng lượng đứt gãy.

Như được thể hiện trong Bảng 3, các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 2-1 đến 2-7 chứa bó sợi cacbon có độ dài 100mm hoặc lớn hơn có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy rất cao. Ngược lại, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ so sánh 2-1 chứa bó sợi cacbon có độ dài nhỏ hơn 100mm có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy thấp hơn so với các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 2-1 đến 2-7. Đạt được hiệu quả này có thể là bởi vì vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ so sánh 2-1 có chứa bó sợi cacbon ngắn và do đó không có tác dụng ngăn chặn của bó sợi cacbon đối với sự phát triển của đứt gãy như trong vật liệu chịu lửa chứa graphit. Các kết quả này thể hiện rằng, độ dài bằng sợi cacbon bằng 100mm hoặc lớn hơn để làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

Tiếp theo là phần mô tả hiệu quả của đường kính sợi cacbon và số lượng bó sợi cacbon đối với độ bền uốn, độ bền vỡ, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của vật liệu chịu lửa chứa graphit. Bảng 4 thể hiện các điều kiện sản xuất và các kết quả đánh giá của các vật liệu chịu lửa chứa graphit được thử nghiệm.

[Bảng 4]

Sợi carbon	Dạng sợi	Độ dài	Đơn vị	Ví dụ so sánh 3-1	Ví dụ 3-1	Ví dụ 3-2	Ví dụ 2-5	Ví dụ 3-3	Ví dụ 3-4	Ví dụ 3-5	Ví dụ so sánh 3-2
		Đường kính	µm/sợi	1	1	1	7	23	45	45	50
		Số lượng sợi được bó	sợi	900	1.000	10.000	12.000	30.000	60.000	300.000	400.000
	Xử lý sơ bộ	Liên kết nhựa phenolic		Hoàn thiện							
	Phương pháp nạp liệu	Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp ban đầu so với thể tích khuôn	% theo thể tích	10							
		Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp lần thứ hai và sau đó so với thể tích khuôn	% theo thể tích	15							
		Góc đặt bó sợi carbon (θ2)	°	90							
		Khoảng cách giữa các bó sợi carbon	mm	5							
		Lắp lại việc nạp nguyên liệu thô và việc đặt bó sợi carbon		Có							
	Thời điểm đặt bó sợi carbon		Sau khi nhào trộn nguyên liệu thô								
Độ bền uốn		MPa	11,5	17,9	18,5	19,0	18,8	18,7	19,0	Khó để hình thành	
Năng lượng đứt gãy		kJ/m ²	10	20	21	22	22	22	22		
Khả năng chống xói mòn		-	102	102	101	101	101	101	101	101	
Độ bền nứt vỡ		E ₃ /E ₀	0,45	0,52	0,51	0,53	0,52	0,51	0,54		

Khó để
hình thành

Như được thể hiện trong Bảng 4, các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 3-1 đến 3-5 và các ví dụ so sánh 3-1 và 3-2 là các vật liệu chịu lửa chứa graphit trong đó mỗi bó sợi cacbon được tạo thành từ 900, 1000, 10000, 12000, 30000, 60000, 300000, hoặc 400000 sợi cacbon với độ dài là 600mm và đường kính sợi bằng 1, 7, 23, 45, hoặc 50 μ m/sợi được đặt. Các thành phần nguyên liệu thô của các vật liệu chịu lửa chứa graphit này là giống như các thành phần nguyên liệu thô trong ví dụ hỗn hợp 1-5, và kích cỡ của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit là giống như kích cỡ của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit trong Ví dụ 2-1. Độ bền uốn, năng lượng đứt gãy, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 3-1 đến 3-5 và các ví dụ so sánh 3-1 và 3-2 được xác định.

Như được thể hiện trong Bảng 4, các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 3-1 đến 3-5 và Ví dụ 2-5 chứa các bó sợi cacbon mỗi bó được tạo thành từ 1000 đến 300000 sợi cacbon với đường kính sợi nằm trong khoảng từ 1 đến 45 μ m/sợi có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy cao. Ngược lại, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo ví dụ so sánh 3-1 chứa các bó sợi cacbon mỗi bó được tạo thành từ là nhỏ hơn 1000 sợi cacbon với đường kính sợi nhỏ hơn 1 μ m/sợi có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy thấp hơn so với các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 2-5 và các Ví dụ từ 3-1 đến 3-5. Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo ví dụ so sánh 3-2 chứa các bó sợi cacbon mỗi bó được tạo thành từ lớn hơn 300000, tốt hơn là 400000, sợi cacbon với đường kính sợi lớn hơn 45 μ m/sợi, cụ thể là 50 μ m/sợi, trải qua cán mỏng trong quá trình ép và khó ép được do bó sợi cacbon nhô ra từ bề mặt bên của vật liệu chịu lửa chứa graphit. Có điều này có thể là bởi vì bó sợi cacbon là quá dày để mắc nối được với nguyên liệu thô cacbon magie oxit và bị gây ra bật lò xo/bật lại trong quá trình ép. Các kết quả này thể hiện rằng, mỗi bó sợi cacbon được tạo thành từ 1000 đến 300000 sợi cacbon với đường kính sợi nằm trong khoảng từ 1 đến 45 μ m/sợi có thể được sử dụng để làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

Tiếp theo là phần mô tả hiệu quả của việc có hoặc không có bám dính trong bó sợi cacbon đối với độ bền uốn, độ bền vỡ, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của vật liệu chịu lửa chứa graphit. Bảng 5 thể hiện các điều kiện sản xuất và các kết quả đánh giá của các vật liệu chịu lửa chứa graphit được thử nghiệm.

[Bảng 5]

	Đơn vị	Ví dụ	Ví dụ	Ví dụ	Ví dụ	Ví dụ	Ví dụ	Ví dụ	Ví dụ	Ví dụ	Ví dụ	Ví dụ	Ví dụ
		2-5	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5	4-6	4-7	4-8	4-9	4-10	4-11
Sợi cacbon	Độ dài	600											
	Đường kính	7											
	Số lượng sợi được bó	12.000											
	Nhựa phenolic	O	-	-	-	-	-	O	O	O	O	O	-
	Keo nhôm oxit	-	O	-	-	-	-	O	-	-	-	-	-
	Keo silic oxit	-	-	O	-	-	-	-	O	-	-	-	-
	Dầu hắc ín	-	-	-	O	-	-	-	-	O	-	-	-
	nhựa than đá	-	-	-	-	O	-	-	-	-	O	-	-
	Hồ tinh bột	-	-	-	-	-	O	-	-	-	-	O	-
	Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp ban đầu so với thể tích khuôn	10											
	Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp lần thứ hai và sau đó so với thể tích khuôn	15											
Phương pháp nạp liệu	Góc đặt bó sợi cacbon (°)	90											
	Khoảng cách giữa các bó sợi cacbon	5											
	Lắp lại việc nạp nguyên liệu thô và việc đặt bó sợi cacbon	Có											
	Thời điểm đặt bó sợi cacbon	Sau khi nhào trộn nguyên liệu thô											
	Độ bền uốn	19,0	19,1	18,9	18,6	18,4	18,5	19,4	19,4	19,3	19,3	19,3	12,4
Khả năng chống xói mòn	Năng lượng đứt gãy	22	22	21	20	20	20	24	24	23	23	23	10
	Độ bền đứt gãy	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101
	Độ bền nứt vỡ	0,53	0,52	0,54	0,51	0,50	0,51	0,56	0,56	0,55	0,55	0,55	0,45

Như được thể hiện trong Bảng 5, các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các ví dụ từ 4-1 đến 4-11 là các vật liệu chịu lửa chứa graphit trong đó mỗi bó sợi cacbon được tạo thành từ 12000 sợi cacbon có độ dài 600mm và đường kính 7 μ m/sợi được liên kết vào nhau bởi việc sử dụng nhựa phenolic, keo nhôm oxit, keo silic oxit, dầu hắc ín, nhựa than đá, hoặc hồ tinh bột làm chất gắn dính hoặc bó sợi cacbon từng được tạo thành từ sợi cacbon không được liên kết vào nhau được đặt. Các thành phần nguyên liệu thô của các vật liệu chịu lửa chứa graphit này là giống như các thành phần trong ví dụ hỗn hợp 1-5, kích cỡ của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit là giống như kích cỡ của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit trong Ví dụ 2-1, và phương pháp sản xuất là giống như phương pháp được mô tả trong Bảng 3. Độ bền uốn, năng lượng đứt gãy, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các ví dụ từ 4-1 đến 4-11 được xác định.

Như được thể hiện trong Bảng 5, các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các ví dụ 2-5 và 4-1 đến 4-5 chứa bó sợi cacbon được liên kết bởi nhựa phenolic, keo nhôm oxit, keo silic oxit, dầu hắc ín, nhựa than đá, hoặc hồ tinh bột có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy cao. Các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các ví dụ từ 4-6 đến 4-10 chứa bó sợi cacbon được liên kết bởi nhựa phenolic và keo nhôm oxit, nhựa phenolic và keo silic oxit, nhựa phenolic và dầu hắc ín, nhựa phenolic và nhựa than đá, hoặc nhựa phenolic và hồ tinh bột có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy cao.

Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 4-11 chứa bó sợi cacbon mà không có liên kết có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy thấp hơn so với các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 2-5 và các ví dụ từ 4-1 đến 4-10. Có điều này có thể là bởi vì từng bó sợi cacbon với liên kết đã cải thiện độ bám dính giữa các sợi cacbon và độ bám dính giữa các bó sợi cacbon và nguyên liệu thô cacbon magie oxit. Các kết quả này thể hiện rằng, sợi cacbon tốt hơn là được liên kết vào nhau bởi việc sử dụng ít nhất một chất gắn dính được chọn từ nhựa phenolic, keo nhôm oxit, keo silic oxit, dầu hắc ín, nhựa than đá, và hồ tinh bột để hình thành bó sợi cacbon để làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa chứa graphit. Đã cân nhắc được rằng, cùng tác dụng có thể đạt được nhờ sử dụng nhựa epoxy, nhựa melamin, nhựa ure, nhựa alkyt, nhựa polyeste chưa no, polyuretan, polyimide rắn nhiệt, keo ziricon oxit, keo crom oxit, keo titan oxit, keo magie oxit, keo canxi oxit, hoặc keo ytri oxit, mà tương tự với chất gắn dính nêu trên đây.

Tiếp theo là phần mô tả hiệu quả của việc nghiền bó sợi cacbon đối với độ bền uốn, độ bền vỡ, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của vật liệu chịu lửa chứa graphit. Bảng 6 thể hiện các điều kiện sản xuất và các kết quả đánh giá của các vật liệu chịu lửa chứa graphit được thử nghiệm.

[Bảng 6]

			Đơn vị	Ví dụ 5-1	Ví dụ 2-5	Ví dụ 5-2	Ví dụ 5-3
Sợi cacbon	Dạng sợi	Độ dài	mm	600			
		Đường kính	µm/sợi	7			
		Số lượng sợi được bó	sợi	12.000			
	Xử lý sơ bộ	Liên kết nhựa phenolic		Hoàn thiện			
	Phương pháp nạp liệu	Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp ban đầu so với thể tích khuôn	% theo thể tích	10			
		Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp lần thứ hai và sau đó so với thể tích khuôn	% theo thể tích	15			
		Góc đặt bó sợi cacbon (θ2)	°	45	90	135	0
		Khoảng cách giữa các bó sợi cacbon	mm	5			
		Lắp lại việc nạp nguyên liệu thô và việc đặt bó sợi cacbon		Có			
		Thời điểm đặt bó sợi cacbon		Sau khi nhào trộn nguyên liệu thô			
Độ bền uốn			MPa	18,0	19,0	18,1	12,2
Năng lượng đứt gãy			kJ/m ²	20	22	21	11
Khả năng chống xói mòn			-	101	101	101	101
Độ bền nứt vỡ			E ₃ /E ₀	0,51	0,53	0,52	0,46

Như được thể hiện trong Bảng 6, các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các ví dụ từ 5-1 đến 5-3 là các vật liệu chịu lửa chứa graphit trong đó mỗi bó sợi cacbon được tạo thành từ 12000 sợi cacbon có độ dài 600mm và đường kính $7\mu\text{m/sợi}$ được đặt ở góc θ_2 bằng 0, 45, 90, hoặc 135 độ so với hướng cắt ngang qua các vật liệu chịu lửa chứa graphit. Các thành phần nguyên liệu thô của các vật liệu chịu lửa chứa graphit này là giống như các thành phần trong ví dụ hỗn hợp 1-5, kích cỡ của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit là giống như kích cỡ của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit trong Ví dụ 2-1, và phương pháp sản xuất là giống như phương pháp được mô tả trong Bảng 3.

Vật liệu chịu lửa chứa graphit trong đó bó sợi cacbon được đặt ở góc θ_2 bằng 90 độ so với hướng cắt ngang qua vật liệu chịu lửa chứa graphit tương ứng với vật liệu chịu lửa chứa graphit được minh họa trên Fig.1. Vật liệu chịu lửa chứa graphit trong đó bó sợi cacbon được đặt ở góc θ_2 bằng 45 độ tương ứng với vật liệu chịu lửa chứa graphit được minh họa trên Fig.4. Vật liệu chịu lửa chứa graphit trong đó bó sợi cacbon được đặt ở góc θ_2 bằng 135 độ tương ứng với vật liệu chịu lửa chứa graphit được minh họa trên Fig.5. Độ bền uốn, năng lượng đứt gãy, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các ví dụ từ 5-1 đến 5-3 được xác định.

Như được thể hiện trong Bảng 6, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 2-5 trong đó bó sợi cacbon được đặt ở góc θ_2 bằng 90 độ so với hướng cắt ngang qua, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 5-1 trong đó bó sợi cacbon được đặt ở góc θ_2 bằng 45 độ so với hướng cắt ngang qua, và vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 5-2 trong đó bó sợi cacbon được đặt ở góc θ_2 bằng 135 độ so với hướng cắt ngang qua có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy cao. Ngược lại, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 5-3 trong đó bó sợi cacbon được đặt ở góc θ_2 bằng 0 độ so với hướng cắt ngang qua có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy thấp hơn so với các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 2-5 và các ví dụ 5-1 và 5-2. Các kết quả này thể hiện rằng, bó sợi cacbon tốt hơn là được đặt ở góc θ_2 nằm trong khoảng từ 45 đến 135 độ so với hướng cắt ngang qua vật liệu chịu lửa chứa graphit để làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

Tiếp theo là phần mô tả hiệu quả của các khoảng cách của bó sợi cacbon đối với độ bền uốn, độ bền vỡ, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của vật liệu chịu lửa chứa graphit. Bảng 7 thể hiện các điều kiện sản xuất và các kết quả đánh giá của các vật liệu chịu lửa chứa graphit được thử nghiệm.

[Bảng 7]

			Đơn vị	Ví dụ 6-1	Ví dụ 6-2	Ví dụ 6-3	Ví dụ 6-4
Sợi cacbon	Dạng sợi	Độ dài	mm	600			
		Đường kính	$\mu\text{m/sợi}$	7			
		Số lượng sợi được bó	sợi	12.000			
	Xử lý sơ bộ	Liên kết nhựa phenolic		Hoàn thiện			
	Phương pháp nạp liệu	Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp ban đầu so với thể tích khuôn	% theo thể tích	10			
		Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp lần thứ hai và sau đó so với thể tích khuôn	% theo thể tích	15			
		Góc đặt bó sợi cacbon (θ_2)	°	90			
		Khoảng cách giữa các bó sợi cacbon	mm	3	30	100	1
		Lắp lại việc nạp nguyên liệu thô và việc đặt bó sợi cacbon		Có			
		Thời điểm đặt bó sợi cacbon		Sau khi nhào trộn nguyên liệu thô			
	Độ bền uốn		MPa	19,5	18,1	18,0	10,8
	Năng lượng đứt gãy		kJ/m^2	23	21	20	10
	Khả năng chống xói mòn		-	101	101	101	107
	Độ bền nứt vỡ		E_3/E_0	0,57	0,53	0,51	0,43

Như được thể hiện trong Bảng 7, các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các ví dụ từ 6-1 đến 6-4 là các vật liệu chịu lửa chứa graphit trong đó mỗi bó sợi cacbon được tạo thành từ 12000 sợi cacbon có độ dài 600mm và đường kính $7\mu\text{m/sợi}$ được đặt ở các khoảng cách bằng 1, 3, 30, hoặc 100mm. Các thành phần nguyên liệu thô của các vật liệu chịu lửa chứa graphit này là giống như các thành phần nguyên liệu thô của các vật liệu chịu lửa trong ví dụ hỗn hợp 1-5, kích cỡ của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit là giống như kích cỡ của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit trong Ví dụ 2-1, và phương pháp sản xuất là giống như phương pháp được mô tả trong Bảng 3. Độ bền uốn, năng lượng đứt gãy, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các ví dụ từ 6-1 đến 6-4 được xác định.

Như được thể hiện trong Bảng 7, các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các ví dụ 6-1 và 6-2 trong đó bó sợi cacbon được đặt ở các khoảng cách bằng 3 hoặc 30mm có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy hơi cao hơn so với vật liệu chịu lửa chứa graphit theo

Ví dụ 6-3 trong đó bó sợi cacbon được đặt ở các khoảng cách bằng 100mm. Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 6-4 trong đó bó sợi cacbon được đặt ở các khoảng cách bằng 1mm có xu hướng trải qua cán mỏng trong quá trình ép do vượt quá các khoảng cách hẹp giữa các bó sợi cacbon. Do đó, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 6-4 có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy giảm cũng như khả năng khả năng chống xói mòn giảm và độ bền nứt vỡ/bong tróc. Độ bền uốn và năng lượng đứt gãy trong trường hợp nơi sao cho khoảng cách giữa các bó sợi cacbon bằng 100mm hơi nhỏ hơn nhưng hầu như là giống như các khoảng cách trong trường hợp nơi sao cho khoảng cách giữa các bó sợi cacbon nằm trong khoảng từ 3 đến 30mm. Các kết quả này thể hiện rằng, khoảng cách giữa các bó sợi cacbon tốt hơn là có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 3 đến 100mm, tốt hơn là có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 3 đến 30mm, để làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

Tiếp theo là phần mô tả hiệu quả của các khoảng cách của bó sợi cacbon theo hướng ép đối với độ bền uốn, độ bền vỡ, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của vật liệu chịu lửa chứa graphit. Bảng 8 thể hiện các điều kiện sản xuất và các kết quả đánh giá của các vật liệu chịu lửa chứa graphit được thử nghiệm.

[Bảng 8]

			Đơn vị	Ví dụ 2-5	Ví dụ 7-1
Sợi cacbon	Dạng sợi	Độ dài	mm	600	
		Đường kính	µm/sợi	7	
		Số lượng sợi được bó	sợi	12.000	
	Xử lý sơ bộ	Liên kết nhựa phenolic		Hoàn thiện	
	Phương pháp nạp liệu	Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp ban đầu so với thể tích khuôn	% theo thể tích	10	
		Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp lần thứ hai và sau đó so với thể tích khuôn	% theo thể tích	15	
		Góc đặt bó sợi cacbon (θ2)	°	90	
		Khoảng cách giữa các bó sợi cacbon	mm	5	
		Lặp lại việc nạp nguyên liệu thô và việc đặt bó sợi cacbon		Có	không
	Thời điểm đặt bó sợi cacbon			Sau khi nhào trộn nguyên liệu thô	
Độ bền uốn			MPa	19,0	12,9
Năng lượng đứt gãy			kJ/m ²	22	12
Khả năng chống xói mòn			-	101	102
Độ bền nứt vỡ			E ₃ /E ₀	0,53	0,47

Như được thể hiện trong Bảng 8, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 7-1 là vật liệu chịu lửa chứa graphit trong đó mỗi bó sợi cacbon được tạo thành từ 12000 sợi cacbon có độ dài 600mm và đường kính $7\mu\text{m}$ /sợi được đặt trong lớp đơn thay cho nạp với nguyên liệu thô cacbon magie oxit và việc đặt bó sợi cacbon được tiến hành lặp lại. Các thành phần nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa này là giống như các thành phần trong ví dụ hỗn hợp 1-5, và kích cỡ của vật liệu chịu lửa chứa graphit là giống như kích cỡ của vật liệu chịu lửa chứa graphit trong Ví dụ 2-1. Độ bền uốn, năng lượng đứt gãy, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của vật liệu chịu lửa chứa graphit được xác định.

Như được thể hiện trong Bảng 8, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 2-5 trong đó bó sợi cacbon được tạo lớp có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy cao. Ngược lại, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 7-1 trong đó bó sợi cacbon được đặt trong lớp đơn có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy thấp hơn. Các kết quả này thể hiện rằng, bó sợi cacbon tốt hơn là được tạo lớp bằng cách thực hiện lặp lại việc nạp với nguyên liệu thô cacbon magie oxit và sau đó đặt bó sợi cacbon để làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

Tiếp theo là phần mô tả hiệu quả của thời điểm đặt bó sợi cacbon đối với độ bền uốn, độ bền vỡ, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của vật liệu chịu lửa chứa graphit. Bảng 9 thể hiện các điều kiện sản xuất và các kết quả đánh giá của các vật liệu chịu lửa chứa graphit được thử nghiệm.

[Bảng 9]

			Đơn vị	Ví dụ 8-1	Ví dụ 8-2
Sợi cacbon	Dạng sợi	Độ dài	mm	1,200	
		Đường kính	µm/sợi	7	
		Số lượng sợi được bó	sợi	24.000	
	Xử lý sơ bộ	Liên kết nhựa phenolic		Hoàn thiện	
	Phương pháp nạp liệu	Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp ban đầu so với thể tích khuôn	% theo thể tích	10	
		Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp lần thứ hai và sau đó so với thể tích khuôn	% theo thể tích	15	
		Góc đặt bó sợi cacbon (θ2)	°	90	90
		Khoảng cách giữa các bó sợi cacbon	mm	5	
		Lặp lại việc nạp nguyên liệu thô và việc đặt bó sợi cacbon		Có	
	Thời điểm đặt bó sợi cacbon			Sau khi nhào trộn nguyên liệu thô	Trước khi nhào trộn nguyên liệu thô
Độ bền uốn			MPa	24,7	14,8
Năng lượng đứt gãy			kJ/m ²	48	29
Khả năng chống xói mòn			-	101	101
Độ bền nứt vỡ			E ₃ /E ₀	0,70	0,50

Như được thể hiện trong Bảng 9, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 8-1 là vật liệu chịu lửa chứa graphit được sản xuất ra bằng cách đặt mỗi bó sợi cacbon được tạo thành từ 24000 sợi cacbon có độ dài 1200mm và đường kính $7\mu\text{m/sợi}$ trên nguyên liệu thô cacbon magie oxit sau khi nhào trộn. Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 8-2 là vật liệu chịu lửa chứa graphit được sản xuất ra bằng cách đặt cùng bó sợi cacbon trên nguyên liệu thô cacbon magie oxit trước khi nhào trộn và nhào trộn tiếp theo nguyên liệu thô cacbon magie oxit. Các thành phần nguyên liệu thô của các vật liệu chịu lửa chứa graphit này là giống như các thành phần trong ví dụ hỗn hợp 1-5, và kích cỡ của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit là giống như kích cỡ của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit trong Ví dụ 2-1. Độ bền uốn, năng lượng đứt gãy, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các ví dụ 8-1 và 8-2 được xác định.

Như được thể hiện trong Bảng 9, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 8-1 trong đó bó sợi cacbon được đặt trên nguyên liệu thô cacbon magie oxit sau khi nhào trộn có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy cao. Ngược lại, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 8-2 trong đó bó sợi cacbon được trộn trước khi nhào trộn và được nhào trộn tiếp theo có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy thấp hơn so với vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 8-1. Có điều này có thể là bởi vì nhào trộn sau khi đặt bó sợi cacbon làm cho bó sợi cacbon bị cắt bởi các dao khuấy trong quá trình nhào trộn, và làm giảm về độ dài sợi dẫn đến tác dụng nhỏ hơn trong việc ngăn chặn của bó sợi cacbon đối với sự phát triển của đứt gãy. Các kết quả này thể hiện rằng, bó sợi cacbon tốt hơn là được đặt trên nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa sau khi nhào trộn nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa và trước bước ép để làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

Tiếp theo là phần mô tả hiệu quả của việc tạo góc của bó sợi cacbon so với hướng cắt ngang qua đối với độ bền uốn, độ bền vỡ, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của vật liệu chịu lửa chứa graphit được sản xuất ra bằng cách ép CIP. Bảng 10 thể hiện các điều kiện sản xuất và các kết quả đánh giá của các vật liệu chịu lửa chứa graphit được thử nghiệm.

[Bảng 10]

			Đơn vị	Ví dụ 9-1	Ví dụ 9-2	Ví dụ 9-3	Ví dụ 9-4
Sợi cacbon	Dạng sợi	Độ dài	mm	800			
		Đường kính	$\mu\text{m}/\text{sợi}$	7			
		Số lượng sợi được bó	sợi	24.000			
	Xử lý sơ bộ	Liên kết nhựa phenolic		Hoàn thiện			
	Phương pháp nạp liệu	Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp ban đầu so với thể tích khuôn	% theo thể tích	10			
		Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp lần thứ hai và sau đó so với thể tích khuôn	% theo thể tích	15			
		Góc đặt bó sợi cacbon (θ_3)	$^\circ$	45	90	135	5
		Khoảng cách giữa các bó sợi cacbon	mm	5			
		Lắp lại việc nạp nguyên liệu thô và việc đặt bó sợi cacbon		Có			
		Thời điểm đặt bó sợi cacbon		Sau khi nhào trộn nguyên liệu thô			
	Độ bền uốn		MPa	23,0	23,8	23,1	16,7
	Năng lượng đứt gãy		kJ/m^2	43	45	44	27
	Khả năng chống xói mòn		-	101	101	101	101
	Độ bền nứt vỡ		E_3/E_0	0,65	0,67	0,66	0,58

Fig.10 bao gồm các hình vẽ mặt cắt ngang ở dạng sơ đồ minh họa việc đặt các góc của bó sợi cacbon trong các ví dụ từ 9-1 đến 9-3. Như được thể hiện trong Bảng 10 và các hình vẽ Fig. 10(a), (b), và (c), mỗi bó sợi cacbon được tạo thành từ 2400 sợi cacbon có độ dài 800mm và đường kính $7\mu\text{m}/\text{sợi}$ được liên kết bằng cùng phương pháp như phương pháp liên kết được mô tả trong Bảng 3 được đặt giữa tấm đỡ trên 34 và tấm đỡ dưới 35 trong thành phần đỡ 30 sao cho góc θ_3 giữa hướng theo chiều dài của từng bó sợi cacbon và hướng cắt ngang qua của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit bằng 45 độ (Fig.10(b)), 90 độ (Fig.10(a)), 135 độ (Fig.10(c)), hoặc 5 độ và khoảng cách của các bó lại bằng 5mm. Thành phần đỡ 30 trong đó bó sợi cacbon 14 được đặt được đặt vào trong bình ép 36. Khoảng trống được hình thành bởi thành phần đỡ 30 và bình ép 36 được nạp với nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12. Khi đó cửa được đóng để làm kín chặt bình ép 36.

Fig.11 là mặt cắt ngang ở dạng sơ đồ của trạng thái ép trong thiết bị ép CIP. Như được minh họa trên Fig.11, bình ép được làm kín chặt 36 được đặt trong thiết bị ép CIP 38 được nạp môi trường áp suất 40 và được ép nhờ môi trường áp suất 40. Sau khi áp suất được áp dụng trong thời gian được xác định trước, sản phẩm ép được lấy ra khỏi bình ép 36 để tạo ra các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các ví dụ từ 9-1 đến 9-4. Các thành phần nguyên liệu thô của các vật liệu chịu lửa chứa graphit này là giống như các thành phần trong ví dụ hỗn hợp 1-5, và kích cỡ của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit là giống như kích cỡ của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit trong Ví dụ 2-1. Độ bền uốn, năng lượng đứt gãy, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các ví dụ từ 9-1 đến 9-4 được xác định.

Như được thể hiện trong Bảng 10, các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các ví dụ từ 9-1 đến 9-3 trong đó góc θ bằng 45, 90, hoặc 135 độ so với hướng cắt ngang qua của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy cao chống lại ứng suất theo phương ngang. Ngược lại, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 9-4 trong đó góc θ bằng 5 độ so với hướng cắt ngang qua vật liệu chịu lửa chứa graphit có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy thấp hơn chống lại ứng suất theo phương ngang so với các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các ví dụ từ 9-1 đến 9-3. Các kết quả này thể hiện rằng, cũng trong trường hợp của vật liệu chịu lửa chứa graphit được ép bằng cách ép CIP, bó sợi cacbon tốt hơn là được đặt ở góc θ nằm trong khoảng từ 45 đến 135 độ so với hướng cắt ngang qua vật liệu chịu lửa chứa graphit để làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

Tiếp theo là phần mô tả hiệu quả của góc so với hướng chiều dọc của từng bó sợi cacbon đối với độ bền uốn, độ bền vỡ, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của các vật liệu chịu lửa chứa graphit được sản xuất ra bằng cách ép CIP, trong đó hướng mà bó sợi cacbon được đặt trong các vật liệu chịu lửa chứa graphit được minh họa trên Fig.10 được thay đổi so với hướng dọc theo hướng chiều dọc của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit. Bảng 11 thể hiện các điều kiện sản xuất và các kết quả đánh giá của các vật liệu chịu lửa chứa graphit được thử nghiệm.

[Bảng 11]

			Đơn vị	Ví dụ 10-1	Ví dụ 10-2	Ví dụ 10-3	Ví dụ 10-4
Sợi cacbon	Dạng sợi	Độ dài	mm	1,200			
		Đường kính	$\mu\text{m/sợi}$	7			
		Số lượng sợi được bó	sợi	24.000			
	Xử lý sơ bộ	Liên kết nhựa phenolic		Hoàn thiện			
	Phương pháp nạp liệu	Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp ban đầu so với thể tích khuôn	% theo thể tích	10			
		Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp lần thứ hai và sau đó so với thể tích khuôn	% theo thể tích	15			
		Góc đặt bó sợi cacbon (θ_4)	°	45	90	135	5
		Khoảng cách giữa các bó sợi cacbon	mm	5			
		Lắp lại việc nạp nguyên liệu thô và việc đặt bó sợi cacbon		Có			
		Thời điểm đặt bó sợi cacbon		Sau khi nhào trộn nguyên liệu thô			
	Độ bền uốn		MPa	24,1	24,7	24,2	17,3
	Năng lượng đứt gãy		kJ/m^2	47	48	46	29
	Khả năng chống xói mòn		-	101	101	101	101
	Độ bền nứt vỡ		E_3/E_0	0,68	0,70	0,69	0,61

Fig.12 bao gồm các hình vẽ mặt cắt ngang ở dạng sơ đồ minh họa việc đặt các góc của bó sợi cacbon trong các Ví dụ từ 10-1 đến 10-3. Việc sử dụng bình ép 1500mm theo hướng chiều dọc, 150mm theo phương ngang, và 150mm theo chiều cao, như được thể hiện trong Bảng 11 và các hình vẽ Fig. 12(a), (b), và (c), mỗi bó sợi cacbon được tạo thành từ 24000 sợi cacbon có độ dài 1200mm và đường kính $7\mu\text{m/sợi}$ được liên kết bằng cùng phương pháp như phương pháp liên kết được mô tả trong Bảng 3 được đặt giữa tám đỡ trên 34 và tám đỡ dưới 35 sao cho góc θ_4 giữa hướng theo chiều dài của từng bó sợi cacbon và hướng chiều dọc của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit bằng 45 độ (Fig.12(b)), 90 độ (Fig.12(a)), 135 độ (Fig.12(c)), hoặc 5 độ và các khoảng cách giữa các bó bằng 5mm. Thành phần đỡ 30 trong đó bó sợi cacbon 14 do đó được đặt được xoay 90 độ và được đặt vào trong bình ép 36. Khoảng trống được hình thành bởi thành phần đỡ 30 và bình ép 36 được nạp với nguyên liệu thô cacbon magie oxit 12. Khi đó cửa được đóng để làm kín chặt bình ép 36.

Fig.13 là mặt cắt ngang ở dạng sơ đồ của trạng thái ép trong thiết bị ép CIP. Như được minh họa trên Fig.13, bình ép được làm kín chặt 36 được đặt trong thiết bị ép CIP 38 được nạp môi trường áp suất 40 và được ép nhờ môi trường áp suất 40. Sau khi áp suất được áp dụng trong thời gian được xác định trước, sản phẩm ép được lấy ra khỏi bình ép 36 để tạo ra các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 10-1 đến 10-4. Các thành phần nguyên liệu thô của các vật liệu chịu lửa chứa graphit này là giống như các thành phần trong ví dụ hỗn hợp 1-5, và kích cỡ của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit là giống như kích cỡ của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit trong Ví dụ 2-1. Độ bền uốn, năng lượng đứt gãy, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ ở các Ví dụ từ 10-1 đến 10-4 được xác định.

Như được thể hiện trong Bảng 11, các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 10-1 đến 10-3 trong đó góc θ bằng 45, 90, hoặc 135 độ so với hướng chiều dọc của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy cao chống lại ứng suất theo hướng chiều dọc. Ngược lại, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 10-4 trong đó góc θ bằng 5 độ so với hướng chiều dọc của vật liệu chịu lửa chứa graphit có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy thấp hơn chống lại ứng suất theo hướng chiều dọc so với các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 10-1 đến 10-3. Các kết quả này thể hiện rằng, bó sợi cacbon 14 tốt hơn là được đặt ở góc θ nằm trong khoảng từ 45 đến 135 độ so với hướng chiều dọc của vật liệu chịu lửa chứa graphit để làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

Tiếp theo là phần mô tả hiệu quả của lượng nguyên liệu thô nhôm oxit, nguyên liệu thô silic cacbua, và nguyên liệu thô silic oxit để sử dụng trong lớp lót từ vật liệu chịu lửa chứa graphit đối với bề xử lý sơ bộ sắt nóng chảy đối với độ bền uốn, độ bền vỡ, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của vật liệu chịu lửa chứa graphit. Bảng 12 thể hiện các điều kiện sản xuất và các kết quả đánh giá của các vật liệu chịu lửa chứa graphit được thử nghiệm.

[Bảng 12]

	Cỡ hạt (mm)	Đơn vị	Ví dụ 11-1	Ví dụ 11-2	Ví dụ 11-3	Ví dụ 11-4	Ví dụ 11-5	Ví dụ 11-6	Ví dụ 11-7	Ví dụ 11-8	Ví dụ 11-9	Ví dụ 11-10	Ví dụ 11-11
			1,5	2,3	3,3	5,0	5,0	4,2	8,3	8,3	12,5	15,8	16,5
Nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa	Al ₂ O ₃	lớn hơn hoặc bằng 1 và nhỏ hơn 3	3,0	4,7	6,7	10,0	10,0	8,3	16,7	16,7	25,0	31,7	33,0
			3,0	4,7	6,7	10,0	10,0	8,3	16,7	16,7	25,0	31,7	33,0
			1,5	2,3	3,3	5,0	5,0	4,2	8,3	8,3	12,5	15,8	16,5
			0,3	0,3	0,5	5,0	25,0	27,5	5,0	15,0	2,5	1,5	0,0
	SiO ₂	lớn hơn hoặc bằng 1 và nhỏ hơn 3	0,3	0,3	0,5	5,0	25,0	27,5	5,0	15,0	2,5	1,5	0,0
			0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5
	Vảy graphit	-	90,0	85,0	78,0	59,0	19,0	19,0	39,0	19,0	19,0	1,0	0,5
	Bột Si kim loại	-	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
	Hexamin	-	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Nhựa phenolic	-	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sợi cacbon	Tổng cộng		105,6	105,6	105,6	105,6	105,6	105,6	105,6	105,6	105,6	105,6	105,6
	Độ dài		600										
	Dạng sợi	Đường kính	7										
		Số lượng sợi được bó	12000										

Xử lý sơ bộ	Liên kết nhựa phenolic		Hoàn thiện											
	Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp ban đầu so với thể tích khuôn	% theo thể tích	10											
Phương pháp nạp liệu	Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp lần thứ hai và sau đó so với thể tích khuôn	% theo thể tích	15											
	Góc đặt bó sợi cacbon (θ_2)	°	90											
	Khoảng cách giữa các bó sợi cacbon	mm	5											
	Lắp lại việc nạp nguyên liệu thô và việc đặt bó sợi cacbon		Có											
Thời điểm đặt bó sợi			Sau khi nhào trộn nguyên liệu thô											
Độ bền uốn		MPa	10,7	14,5	18,2	18,9	19,2	19,3	18,8	19,0	18,1	18,3	11,4	
Năng lượng đứt gãy		kJ/m ²	12	20	22	21	23	24	21	22	20	20	14	
Khả năng chống xói mòn		-	120	120	97	101	107	110	100	103	99	98	108	
Độ bền nứt vỡ		E ₃ /E ₀	0,46	0,50	0,55	0,53	0,63	0,64	0,54	0,57	0,52	0,51	0,45	

Như được thể hiện trong Bảng 12, các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 11-1 đến 11-11 là các vật liệu chịu lửa chứa graphit trong đó mỗi bó sợi cacbon được tạo thành từ 12000 sợi cacbon có độ dài 600mm và đường kính 7 μ m/sợi được đặt, trong đó lượng của nguyên liệu thô nhôm oxit, nguyên liệu thô silic cacbua, nguyên liệu thô silic oxit, và graphit trong nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit được thay đổi. Kích cỡ của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit là giống như kích cỡ trong Ví dụ 2-1, và phương pháp sản xuất là giống như phương pháp được mô tả trong Bảng 3. Độ bền uốn, năng lượng đứt gãy, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 11-1 đến 11-11 được xác định.

Như được thể hiện trong Bảng 12, các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 11-3 đến 11-5 và các Ví dụ từ 11-7 đến 11-10, trong đó nguyên liệu thô nhôm oxit có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 10% đến 95% theo khối lượng, nguyên liệu thô silic oxit có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 1% đến 50% theo khối lượng, và nguyên liệu thô silic cacbua có mặt với lượng là 1% theo khối lượng hoặc lớn hơn, có cao năng lượng đứt gãy và có cả hai là độ bền nứt vỡ cao và khả năng khả năng chống xói mòn cao. Ngược lại, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 11-1, trong đó nguyên liệu thô nhôm oxit có mặt với lượng 9,0% theo khối lượng và nguyên liệu thô silic oxit có mặt với lượng 0,6% theo khối lượng, có độ bền uốn và khả năng chống xói mòn giảm. Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 11-2, trong đó nguyên liệu thô silic oxit có mặt với lượng 0,6% theo khối lượng, có khả năng khả năng chống xói mòn giảm. Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 11-6, trong đó nguyên liệu thô silic oxit có mặt với lượng 55,0% theo khối lượng, còn có khả năng khả năng chống xói mòn giảm. Hơn nữa, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 11-11, trong đó nguyên liệu thô nhôm oxit có mặt với lượng 99,0% theo khối lượng, có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy giảm. Các kết quả này thể hiện rằng, khi nguyên liệu thô nhôm oxit, nguyên liệu thô silic cacbua, nguyên liệu thô silic oxit, và graphit được sử dụng trong nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit, nguyên liệu thô nhôm oxit tốt hơn là có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 10% đến 95% theo khối lượng, nguyên liệu thô silic cacbua tốt hơn là có mặt với lượng khoảng 1% theo khối lượng hoặc lớn hơn, và nguyên liệu thô silic oxit tốt hơn là có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 1% đến 50% theo khối lượng, để làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

Tiếp theo là phần mô tả hiệu quả của lượng của phế liệu chịu lửa được sản xuất ra bằng cách nghiền thô phế liệu chịu lửa cacbon cacbua nhôm oxit-silic đã qua sử dụng để sử dụng trong lớp lót chịu nhiệt cho bể xử lý sơ bộ sắt nóng chảy đối với độ bền uốn, độ bền vỡ, khả năng chống xói mòn, và khả năng chống nứt vỡ của vật liệu chịu lửa chứa graphit. Bảng 13 thể hiện các điều kiện sản xuất và các kết quả đánh giá của các vật liệu chịu lửa chứa graphit được thử nghiệm.

[Bảng 13]

		Cỡ hạt (mm)	Đơn vị	Ví dụ 12-1	Ví dụ 12-2	Ví dụ 12-3	Ví dụ 12-4
Nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa	Nguyên liệu thô là phế liệu chịu lửa	3 - 5	% theo khối lượng	5	25	45,0	47,5
		lớn hơn hoặc bằng 1 và nhỏ hơn 3		5	25	45,0	47,5
	Al ₂ O ₃	3 - 5		18,0	9,4	2,0	0,0
		lớn hơn hoặc bằng 1 và nhỏ hơn 3		18,0	9,4	2,0	0,0
		lớn hơn hoặc bằng 0,3 và nhỏ hơn 1		6,0	3,1	0,0	0,0
	SiO ₂	lớn hơn hoặc bằng 1 và nhỏ hơn 3		20,0	10,0	1,0	0,0
		lớn hơn hoặc bằng 0,3 và nhỏ hơn 1		20,0	10,0	1,0	0,0
	SiC			4,5	4,5	3,0	4,5
	Vảy graphit	-		3,5	3,5	1,0	0,5
	Bột Silic kim loại	-		2,3	2,3	2,3	2,3
	Hexamin	-		0,3	0,3	0,3	0,3
	Nhựa phenolic	-		3	3	3	3
	Tổng cộng			105,6	105,6	105,6	10,6
Sợi cacbon	Dạng sợi	Độ dài	mm	600			90
		Đường kính	µm/sợi	7			0,8
		Số lượng sợi được bó	sợi	12.000			990
	Xử lý sơ bộ	Liên kết nhựa phenolic		Hoàn thiện			
	Phương pháp nạp liệu	Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp ban đầu so với thể tích khuôn	% theo thể tích	10			
		Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp lần thứ hai và sau đó so với thể tích khuôn	% theo thể tích	15			
		Góc đặt bó sợi cacbon (θ2)	°	90			
		Khoảng cách giữa các bó sợi cacbon	mm	5			
		Lắp lại việc nạp nguyên liệu thô và việc đặt bó sợi cacbon		Có			
		Thời điểm đặt bó sợi		Sau khi nhào trộn các nguyên liệu thô			
	Độ bền uốn		MPa	18,0	17,6	17,2	6,7
	Năng lượng đứt gãy		kJ/m ²	22	21	20	0,7
	Khả năng chống xói mòn		-	108	114	120	139
Độ bền vỡ		E ₃ /E ₀	0,62	0,58	0,54	0,39	

Như được thể hiện trong Bảng 13, các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 12-1 đến 12-4 là các vật liệu chịu lửa chứa graphit trong đó mỗi bó sợi cacbon được tạo thành từ 12000 sợi cacbon có độ dài 600mm và đường kính $7\mu\text{m}$ /sợi được đặt, trong đó lượng của phế liệu chịu lửa, nguyên liệu thô nhôm oxit, nguyên liệu thô silic cacbua, nguyên liệu thô silic oxit, và graphit trong nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit được thay đổi. Kích cỡ của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit là giống như kích cỡ của vật liệu chịu lửa trong Ví dụ 2-1, và phương pháp sản xuất là giống như phương pháp được mô tả trong Bảng 3. Độ bền uốn, năng lượng đứt gãy, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 12-1 đến 12-4 được xác định.

Bảng 13 thể hiện rằng, các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 12-1 đến 12-3, trong đó phế liệu chịu lửa có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 10% đến 90% theo khối lượng, có hầu như là cùng độ bền nứt vỡ và khả năng chống xói mòn như các vật liệu chịu lửa chứa graphit được sản xuất ra chỉ từ nguyên liệu thô. Ngược lại, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 12-4, trong đó phế liệu chịu lửa có mặt với lượng 95,0% theo khối lượng, có khả năng khả năng chống xói mòn giảm. Các kết quả này thể hiện rằng, khi phế liệu chịu lửa được sản xuất ra bằng cách nghiền thô phế liệu chịu lửa cacbon cacbua nhôm oxit-silic đã qua sử dụng được sử dụng trong nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit, phế liệu chịu lửa tốt hơn là có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 10% đến 90% theo khối lượng để làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

Tiếp theo là phần mô tả hiệu quả của lượng nguyên liệu thô nhôm oxit và nguyên liệu thô silic cacbua trong vật liệu chịu lửa chứa graphit nhôm oxit cacbon đối với độ bền uốn, độ bền vỡ, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của vật liệu chịu lửa chứa graphit. Bảng 14 thể hiện các điều kiện sản xuất và các kết quả đánh giá của các vật liệu chịu lửa chứa graphit được thử nghiệm.

[Bảng 14]

		Cỡ hạt (mm)	Đơn vị	Ví dụ 13-1	Ví dụ 13-2	Ví dụ 13-3	Ví dụ 13-4	Ví dụ 13-5	Ví dụ 13-6
Nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa	Al ₂ O ₃	3 - 5	% theo khối lượng	1,0	3,2	6,7	10,0	13,3	16,3
		lớn hơn hoặc bằng 1 và nhỏ hơn 3		2,0	6,3	13,3	20,0	26,7	32,7
		lớn hơn hoặc bằng 0,3 và nhỏ hơn 1		2,0	6,3	13,3	20,0	26,7	32,7
		sàng cỡ 50 - 200 (0,075 hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,3)		1,0	3,2	6,7	10,0	13,3	16,3
	SiC			1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Vảy graphit	-		93,0	80,0	59,0	39,0	19,0	1,0
	Bột Si kim loại	-		2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
	Hexamin	-		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Nhựa phenolic	-		3	3	3	3	3	3
	Tổng				105,6	105,6	105,6	105,6	105,6
Sợi cacbon	Dạng sợi	Độ dài	mm	600					
		Đường kính	µm/sợi	7					
		Số lượng sợi được bó	sợi	12000					
	Xử lý sơ bộ	Liên kết nhựa phenolic		Hoàn thiện					
	Phương pháp nạp liệu	Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp ban đầu so với thể tích khuôn	% theo thể tích	10					
		Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp lần thứ hai và sau đó so với thể tích khuôn	% theo thể tích	15					
		Góc đặt bó sợi cacbon (θ ₂)	°	90					
		Khoảng cách giữa các bó sợi cacbon	mm	5					
		Lắp lại việc nạp nguyên liệu thô và việc đặt bó sợi cacbon		Có					
		Thời điểm đặt bó sợi		Sau khi nhào trộn nguyên liệu thô					
	Độ bền uốn		MPa	10,7	14,0	17,9	18,0	18,0	11,0
	Năng lượng đứt gãy		kJ/m ²	12	20	21	22	22	13
	Khả năng chống xói mòn		-	120	114	101	100	102	101
	Độ bền nứt vỡ		E ₃ /E ₀	0,46	0,50	0,53	0,54	0,52	0,45

Như được thể hiện trong Bảng 14, các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 13-1 đến 13-6 là các vật liệu chịu lửa chứa graphit trong đó mỗi bó sợi cacbon được tạo thành từ 12000 sợi cacbon có độ dài 600mm và đường kính $7\mu\text{m}$ /sợi được đặt, trong đó lượng của nguyên liệu thô nhôm oxit, nguyên liệu thô silic cacbua, và graphit trong nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit được thay đổi. Kích cỡ của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit là giống như kích cỡ trong Ví dụ 2-1, và phương pháp sản xuất là giống như phương pháp được mô tả trong Bảng 3. Độ bền uốn, năng lượng đứt gãy, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 13-1 đến 13-6 được xác định.

Bảng 14 thể hiện rằng, các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 13-2 đến 13-5, trong đó nguyên liệu thô nhôm oxit có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 10% đến 95% theo khối lượng, duy trì độ bền uốn và năng lượng đứt gãy cao và có cả hai là độ bền nứt vỡ cao và khả năng khả năng chống xói mòn cao. Ngược lại, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 13-1, trong đó nguyên liệu thô nhôm oxit có mặt với lượng 6,0% theo khối lượng, có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy giảm. Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 13-6, trong đó nguyên liệu thô nhôm oxit có mặt với lượng 98% theo khối lượng, không thể ngăn ngừa việc đứt gãy bị gây ra bởi nứt vỡ/bong tróc do nhiệt và có độ bền nứt vỡ và khả năng chống xói mòn tăng. Các kết quả này thể hiện rằng, khi vật liệu chịu lửa chứa graphit của hệ nhôm oxit-cacbon được sử dụng, nguyên liệu thô nhôm oxit tốt hơn là có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 10% đến 95% theo khối lượng, và nguyên liệu thô silic cacbua tốt hơn là có mặt với lượng khoảng 1% theo khối lượng hoặc lớn hơn, để làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

Tiếp theo là phần mô tả hiệu quả của lượng của nguyên liệu thô silic oxit và nguyên liệu thô silic cacbua trong vật liệu chịu lửa chứa graphit hệ silicacacbon đối với độ bền uốn, độ bền vỡ, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của vật liệu chịu lửa chứa graphit. Bảng 15 thể hiện các điều kiện sản xuất và các kết quả đánh giá của các vật liệu chịu lửa chứa graphit được thử nghiệm.

[Bảng 15]

		Cỡ hạt (mm)	Đơn vị	Ví dụ so sánh 14-1	Ví dụ 14-1	Ví dụ 14-2	Ví dụ 14-3	Ví dụ 14-4
Nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa	SiO ₂	lớn hơn hoặc bằng 1 và nhỏ hơn 3	% theo khối lượng	0,0	9,5	17,0	25,0	49,0
		lớn hơn hoặc bằng 0,3 và nhỏ hơn 1		0,0	9,5	17,0	25,0	49,0
	SiC			1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Vảy graphit	-		99,0	80,0	65,0	49,0	1,0
	Bột Si kim loại	-		2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
	Hexamin	-		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Nhựa phenolic	-		3	3	3	3	3
	Tổng			105,6	105,6	105,6	105,6	105,6
Sợi cacbon	Dạng sợi	Độ dài	mm	600				
		Đường kính	µm/sợi	7				
		Số lượng sợi được bó	sợi	12000				
	Xử lý sơ bộ	Liên kết nhựa phenolic		Hoàn thiện				
	Phương pháp nạp liệu	Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp ban đầu so với thể tích khuôn	% theo thể tích	10				
		Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp lần thứ hai và sau đó so với thể tích khuôn	% theo thể tích	15				
		Góc đặt bó sợi cacbon (θ2)	°	90				
		Khoảng cách giữa các bó sợi cacbon	mm	5				
		Lắp lại việc nạp nguyên liệu thô và việc đặt bó sợi cacbon		Có				
		Thời điểm đặt bó sợi			Sau khi nhào trộn nguyên liệu thô			
	Độ bền uốn		MPa	6,6	17,7	18,0	17,8	11,1
Năng lượng đứt gãy		kJ/m ²	1	21	22	22	13	
Khả năng chống xói mòn		-	140	101	100	102	119	
Độ bền nứt vỡ		E ₃ /E ₀	0,40	0,50	0,51	0,50	0,45	

Như được thể hiện trong Bảng 15, các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 14-1 đến 14-4 và Ví dụ so sánh 14-1 là các vật liệu chịu lửa chứa graphit trong đó mỗi bó sợi cacbon được tạo thành từ 12000 sợi cacbon có độ dài 600mm và đường kính $7\mu\text{m}$ /sợi được đặt, trong đó lượng của nguyên liệu thô silic oxit, nguyên liệu thô silic cacbua, và graphit trong nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit được thay đổi. Kích cỡ của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit là giống như kích cỡ trong Ví dụ 2-1, và phương pháp sản xuất là giống như phương pháp được mô tả trong Bảng 3. Độ bền uốn, năng lượng đứt gãy, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 14-1 đến 14-4 và Ví dụ so sánh 14-1 được xác định.

Bảng 15 thể hiện rằng, các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 14-2 và 14-3, trong đó nguyên liệu thô silic oxit có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 1% đến 50% theo khối lượng, duy trì độ bền uốn và năng lượng đứt gãy cao và có cả hai là độ bền nứt vỡ cao và khả năng khả năng chống xói mòn cao. Ngược lại, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 14-1, trong đó nguyên liệu thô silic oxit có mặt với lượng nhỏ hơn 1% theo khối lượng, có khả năng khả năng chống xói mòn giảm rõ rệt do lượng nhỏ của nguyên liệu thô silic oxit và lượng lớn của graphit lớn tới mức 99,0% theo khối lượng. Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 14-4, trong đó nguyên liệu thô silic oxit có mặt với lượng 98,0% theo khối lượng, không thể ngăn ngừa việc đứt gãy bị gây ra bởi nứt vỡ/bong tróc do nhiệt và có độ bền nứt vỡ và năng lượng đứt gãy giảm. Các kết quả này thể hiện rằng, khi vật liệu chịu lửa chứa graphit của hệ cacbon silic oxit được sử dụng, nguyên liệu thô silic oxit tốt hơn là có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 1% đến 50% theo khối lượng để làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

Tiếp theo là phân mô tả hiệu quả của sợi cacbon ngắn đối với độ bền uốn, độ bền vỡ, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của vật liệu chịu lửa chứa graphit chứa sợi cacbon ngắn. Bảng 16 thể hiện các điều kiện sản xuất và các kết quả đánh giá của các vật liệu chịu lửa chứa graphit được thử nghiệm.

[Bảng 16]

		Cỡ hạt (mm)	Đơn vị	Ví dụ 15-1	Ví dụ 15-2	Ví dụ 15-3	Ví dụ 15-4	Ví dụ 15-5	Ví dụ 15-6	Ví dụ 15-7	Ví dụ 15-8	Ví dụ 15-9
Nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa	MgO	3 - 5	% theo khối lượng	10								
		lớn hơn hoặc bằng 1 và nhỏ hơn 3		30								
		lớn hơn hoặc bằng 0,3 và nhỏ hơn 1		30								
		sàng cỡ 50 - 200 (0,075 hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,3)		15								
		Vảy graphit		15								
	Sợi cacbon ngắn	Bột Si kim loại	µm/sợi	2,3								
		Hexamin		0,3								
		Nhựa phenolic		3								
		Đường kính sợi		1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Sợi bó lại shape	Độ dài sợi	µm	2	2	2	1000 (1mm)	100	2000 (2mm)	2	2	2
Độ dài sợi/đường kính sợi		-	2	2	2	40	2	2000	1	2	2	2
Lượng		% theo khối lượng	0,10	1	10	1	1	1	1	0,05	15	
Tổng		% theo khối lượng	105,7	106,6	115,6	106,6	106,6	106,6	106,6	106,6	105,7	120,6
Độ dài		mm	600									
Bó sợi cacbon	Sợi bó lại shape	Đường kính	µm/sợi	7								
	Xử lý sơ bộ	Số lượng sợi được bó	Sợi	12000								
		Liên kết nhựa phenolic		Hoàn thiện								

	Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp ban đầu so với thể tích khuôn	% theo thể tích	10								
Phương pháp nạp liệu	Lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa nạp lần thứ hai và sau đó so với thể tích khuôn	% theo thể tích	15								
	Góc đặt bó sợi cacbon (θ_2)	°	90								
	Khoảng cách giữa các bó sợi cacbon	mm	5								
	Lắp lại việc nạp nguyên liệu thô và việc đặt bó sợi cacbon		Có								
	Thời điểm đặt bó sợi		Sau khi nhào trộn nguyên liệu thô								
	Độ bền uốn	MPa	28,9	29,6	29,0	29,2	23,9	24,2	23,5	23,8	23,8
	Năng lượng đứt gãy	kJ/m ²	56	58	55	56	47	47	45	46	46
	Khả năng chống xói mòn	-	101	100	100	100	102	102	101	102	102
	Độ bền nứt vỡ	E ₃ /E ₀	0,71	0,74	0,72	0,72	0,67	0,69	0,67	0,68	0,68

Như được thể hiện trong Bảng 16, các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 15-1 đến 15-9 là các vật liệu chịu lửa chứa graphit trong đó mỗi bó sợi cacbon được tạo thành từ 12000 sợi cacbon có độ dài 600mm và đường kính $7\mu\text{m}$ /sợi được đặt, trong đó nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit chứa lượng khác của sợi cacbon ngắn với đường kính sợi và độ dài sợi khác nhau được sử dụng. Kích cỡ của từng vật liệu chịu lửa chứa graphit là giống như kích cỡ trong Ví dụ 2-1, và phương pháp sản xuất là giống như phương pháp được mô tả trong Bảng 3. Độ bền uốn, năng lượng đứt gãy, khả năng chống xói mòn, và độ bền nứt vỡ của các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 15-1 đến 15-9 được xác định.

Như được thể hiện trong Bảng 16, các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 15-1 đến 15-4, trong đó sợi cacbon ngắn với đường kính sợi nằm trong khoảng từ 1 đến $25\mu\text{m}$ /sợi, độ dài sợi nằm trong khoảng từ 2 đến $1000\mu\text{m}$, và tỷ lệ của độ dài sợi so với đường kính sợi nằm trong khoảng từ 2 đến 40 có mặt với lượng 0,10% đến 10% theo khối lượng dựa trên 100% theo khối lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit, có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy cao. Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 15-5 chứa sợi cacbon ngắn với đường kính sợi lớn hơn $45\mu\text{m}$ /sợi, cụ thể là $50\mu\text{m}$ /sợi, trải qua cán mỏng trong quá trình ép do đường kính sợi lớn của sợi cacbon ngắn. Do đó, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 15-5 có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy thấp hơn so với các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 15-1 đến 15-4.

Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 15-6 chứa sợi cacbon ngắn với độ dài sợi lớn hơn $1000\mu\text{m}$ (1mm), tốt hơn là $2000\mu\text{m}$ (2mm), trải qua cán mỏng trong quá trình ép do mắc nối kém giữa các sợi cacbon và nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa. Do đó, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 15-6 có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy thấp hơn so với các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 15-1 đến 15-4.

Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 15-7 chứa sợi cacbon ngắn với tỷ lệ của độ dài sợi so với đường kính sợi nhỏ hơn 2, tốt hơn là bằng 1, có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy thấp hơn so với các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 15-1 đến 15-4 do mắc nối kém giữa các sợi cacbon và nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa.

Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 15-8, trong đó sợi cacbon ngắn có mặt với lượng nhỏ hơn 0,10% theo khối lượng, tốt hơn là bằng 0,05% theo khối lượng, không

có tác dụng ngăn chặn của sợi cacbon ngăn đối với sự phát triển của đứt gãy trong vật liệu chịu lửa chứa graphit do lượng nhỏ vượt quá của sợi cacbon. Do đó, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 15-8 có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy thấp hơn so với các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 15-1 đến 15-4.

Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 15-9, trong đó sợi cacbon ngắn có mặt với lượng lớn hơn 10% theo khối lượng, tốt hơn là bằng 15% theo khối lượng, trải qua cán mỏng trong quá trình ép do không có mắc nối giữa các sợi cacbon và nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa. Do đó, vật liệu chịu lửa chứa graphit theo Ví dụ 15-9 có độ bền uốn và năng lượng đứt gãy thấp hơn so với các vật liệu chịu lửa chứa graphit theo các Ví dụ từ 15-1 đến 15-4.

Các kết quả này thể hiện rằng, sợi cacbon ngắn với đường kính sợi nằm trong khoảng từ 1 đến 25 μm /sợi, độ dài sợi nằm trong khoảng từ 2 đến 1000 μm , và tỷ lệ của độ dài sợi so với đường kính sợi nằm trong khoảng từ 2 đến 40 tốt hơn là có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 0,10% đến 10% theo khối lượng dựa trên 100% theo khối lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit để làm tăng độ bền uốn và năng lượng đứt gãy của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

Danh sách số chỉ dẫn

10 vật liệu chịu lửa cacbon magie oxit

12 nguyên liệu thô cacbon magie oxit

14 bó sợi cacbon

16 bề mặt ép

18 đường chấm

20 mũi tên

30 thành phần đỡ

32 kim loại lõi

34 tấm đỡ trên

35 tấm đỡ dưới

36 bình ép

38 thiết bị ép CIP

40 môi trường áp suất

50 lò cảm ứng cao tần

52 cuộn cảm

54 tấm đáy

56 sắt nóng chảy

58 xỉ tổng hợp

60 vật liệu chịu lửa chứa graphit

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Vật liệu chịu lửa chứa graphit với hàm lượng graphit nằm trong khoảng từ 1% đến 80% theo khối lượng, bao gồm:

bó sợi cacbon có độ dài 100mm hoặc lớn hơn được đặt trong đó, bó sợi cacbon được tạo thành từ 1000 đến 300000 sợi cacbon với đường kính sợi nằm trong khoảng từ 1 đến 45µm/sợi và mặt đầu của bó sợi cacbon có hình dạng phẳng,

trong đó bó sợi cacbon được đặt sao cho góc giữa hướng chiều dọc của mỗi mặt đầu của các bó sợi cacbon và bề mặt ép của vật liệu chịu lửa chứa graphit là 45 độ hoặc lớn hơn và 135 độ hoặc nhỏ hơn.

2. Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo điểm 1, trong đó bó sợi cacbon được tạo thành từ 1000 đến 60000 sợi cacbon.

3. Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo điểm 1 hoặc điểm 2, bao gồm nguyên liệu thô magie oxit cấu thành từ 20% đến 99% theo khối lượng của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

4. Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo điểm 1 hoặc điểm 2, bao gồm nguyên liệu thô nhôm oxit cấu thành từ 10% đến 95% theo khối lượng của vật liệu chịu lửa chứa graphit và nguyên liệu thô silic cacbua cấu thành 1% theo khối lượng của vật liệu chịu lửa chứa graphit hoặc lớn hơn.

5. Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo điểm 4, còn bao gồm nguyên liệu thô silic oxit cấu thành từ 1% đến 50% theo khối lượng của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

6. Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo điểm 1 hoặc điểm 2, bao gồm phế liệu chịu lửa cấu thành từ 10% đến 90% theo khối lượng của vật liệu chịu lửa chứa graphit, phế liệu chịu lửa là vật liệu chịu lửa đã qua sử dụng được nghiền nhỏ.

7. Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó bó sợi cacbon được tạo ra bằng cách liên kết có sử dụng ít nhất một chất gắn dính được chọn từ nhựa phenolic, keo nhôm oxit, keo silic oxit, dầu hắc ín, và nhựa than đá.

8. Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó bó sợi cacbon được tạo ra bằng cách liên kết có sử dụng ít nhất một chất gắn dính được chọn từ nhựa phenolic, nhựa epoxy, nhựa melamin, nhựa ure, nhựa alkyt, nhựa polyester chưa no, polyuretan, polyimide rắn nhiệt, keo nhôm oxit, keo silic oxit, keo zircon oxit, keo crom oxit, keo titan oxit, keo magie oxit, keo canxi oxit, keo ytri oxit, dầu hắc ín, nhựa than đá, và hồ tinh bột.

9. Vật liệu chịu lửa chứa graphit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8, còn bao gồm sợi cacbon ngắn cấu thành từ 0,10% đến 10% theo khối lượng dựa trên 100% khối lượng vật liệu chịu lửa chứa graphit, sợi cacbon ngắn có đường kính sợi nằm trong khoảng từ 1 đến 45 μ m/sợi, độ dài sợi bằng 1mm hoặc nhỏ hơn, và tỷ lệ của độ dài sợi so với đường kính sợi (độ dài sợi/đường kính sợi) nằm trong khoảng từ 2 đến 1000.

10. Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit trong đó trong vật liệu này có đặt các bó sợi cacbon, graphit cấu thành từ 1% đến 80% theo khối lượng, phương pháp này bao gồm:

bước tạo bó để bó các sợi cacbon với nhau nhằm tạo ra bó sợi cacbon;

bước trộn để trộn nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa với graphit để tạo ra nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit;

bước ép để ép nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit trong đó có đặt bó sợi cacbon để tạo ra sản phẩm ép; và

bước làm khô để làm khô sản phẩm ép,

trong đó bước tạo bó bao gồm việc bó từ 1000 đến 300000 sợi cacbon với đường kính sợi nằm trong khoảng từ 1 đến 45 μ m/sợi để tạo ra bó sợi cacbon với mặt đầu có hình dạng phẳng và có độ dài 100mm hoặc lớn hơn,

và trong đó bước ép bao gồm việc đặt bó sợi cacbon sao cho góc giữa hướng chiều dọc của mỗi mặt đầu của các bó sợi cacbon và bề mặt ép của vật liệu chịu lửa chứa graphit là 45 độ hoặc hơn hơn và 135 độ hoặc nhỏ hơn.

11. Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit theo điểm 10, trong đó bước tạo bó bao gồm việc bó từ 1000 đến 60000 sợi cacbon.

12. Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit theo điểm 10 hoặc điểm 11, trong đó

nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa là nguyên liệu thô magie oxit, và

bước trộn bao gồm việc bổ sung nguyên liệu thô magie oxit với lượng nằm trong khoảng từ 20% đến 99% theo khối lượng.

13. Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit theo điểm 10 hoặc điểm 11, trong đó

nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa bao gồm nguyên liệu thô nhôm oxit và nguyên liệu thô silic cacbua, và

bước trộn bao gồm việc bổ sung nguyên liệu thô nhôm oxit với lượng nằm trong khoảng từ 10% đến 95% theo khối lượng, và

bổ sung nguyên liệu thô silic cacbua với lượng là 1% theo khối lượng hoặc lớn hơn.

14. Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit theo điểm 13, trong đó

nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa bao gồm nguyên liệu thô nhôm oxit, nguyên liệu thô silic cacbua, và nguyên liệu thô silic oxit,

bước trộn bao gồm việc bổ sung nguyên liệu thô nhôm oxit với lượng nằm trong khoảng từ 10% đến 95% theo khối lượng,

bổ sung nguyên liệu thô silic cacbua với lượng là 1% theo khối lượng hoặc lớn hơn, và

bổ sung nguyên liệu thô silic oxit với lượng nằm trong khoảng từ 1% đến 50% theo khối lượng.

15. Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit theo điểm 10 hoặc điểm 11, trong đó

nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa là phế liệu chịu lửa, mà đó là vật liệu chịu lửa đã qua sử dụng được nghiền nhỏ, và

bước trộn bao gồm việc bổ sung phế liệu chịu lửa với lượng nằm trong khoảng từ 10% đến 90% theo khối lượng.

16. Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 10 đến 15, trong đó bước tạo bó bao gồm việc liên kết các sợi cacbon với ít nhất một chất gắn dính được chọn từ nhựa phenolic, keo nhôm oxit, keo silic oxit, dầu hắc ín, và nhựa than đá.

17. Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 10 đến 15, trong đó bước tạo bó bao gồm việc liên kết các sợi cacbon với ít nhất một chất gắn dính được chọn từ nhựa phenolic, nhựa epoxy, nhựa melamin, nhựa ure, nhựa alkyl, nhựa polyeste chưa no, polyuretan, polyimide rắn nhiệt, keo nhôm oxit, keo

silic oxit, keo ziricon oxit, keo crom oxit, keo titan oxit, keo magie oxit, keo canxi oxit, keo ytri oxit, dầu hắc ín, nhựa than đá, và hồ tinh bột.

18. Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 10 đến 17, trong đó phương pháp này còn bao gồm, trước bước ép :

bước nhào trộn để nhào trộn nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit; và

bước nạp để nạp nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit đã nhào trộn và bó sợi cacbon vào khuôn dùng để ép nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit.

19. Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit theo điểm 18, trong đó bước nạp bao gồm việc nạp nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit đến 5% thể tích khuôn hoặc nhiều hơn, sau đó đặt bó sợi cacbon ở các khoảng cách bằng 3mm hoặc lớn hơn, và thực hiện lặp lại việc nạp và đặt để điền đầy nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit và bó sợi cacbon vào khuôn.

20. Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 10 đến 17, trong đó phương pháp này còn bao gồm, trước bước ép:

bước nhào trộn để nhào trộn nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit; và

bước nạp để nạp nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit đã nhào trộn và bó sợi cacbon vào bình ép dùng để ép nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit,

trong đó bước ép bao gồm việc tác dụng áp lực vào bình ép thông qua môi trường áp suất để tạo ra sản phẩm ép.

21. Phương pháp sản xuất vật liệu chịu lửa chứa graphit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 10 đến 20, trong đó bước trộn bao gồm việc bổ sung sợi cacbon ngắn cấu thành từ 0,10% đến 10% theo khối lượng dựa trên 100% theo khối lượng nguyên liệu thô của vật liệu chịu lửa chứa graphit, sợi cacbon ngắn có đường kính sợi nằm trong khoảng từ 1 đến 45 μ m/sợi, độ dài sợi bằng 1mm hoặc nhỏ hơn, và tỷ lệ của độ dài sợi so với đường kính sợi (độ dài sợi/đường kính sợi) nằm trong khoảng từ 2 đến 1000.

1 / 7

Fig.1

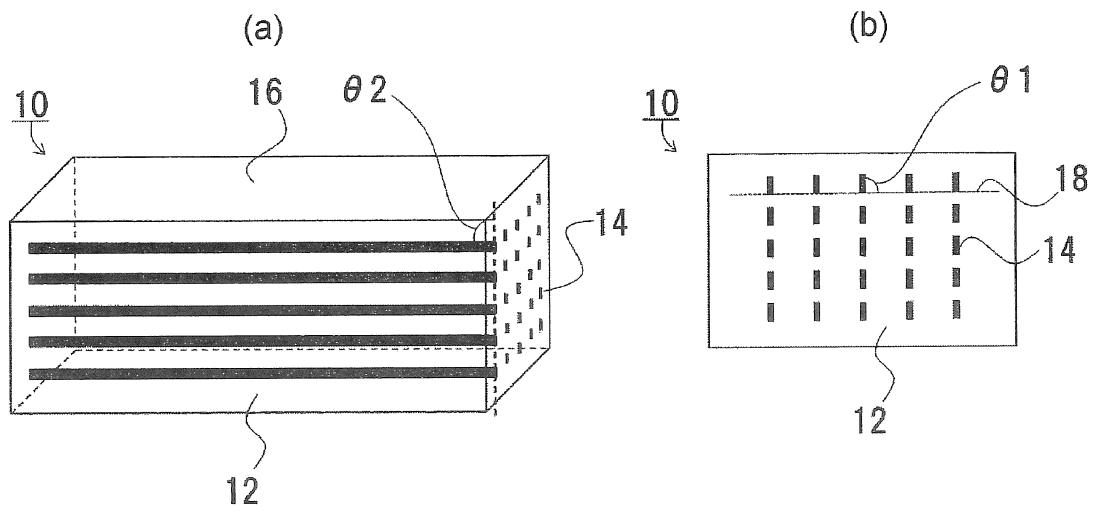
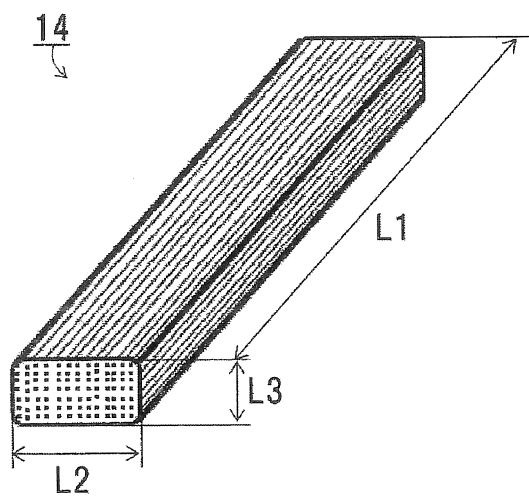


Fig.2



2 / 7

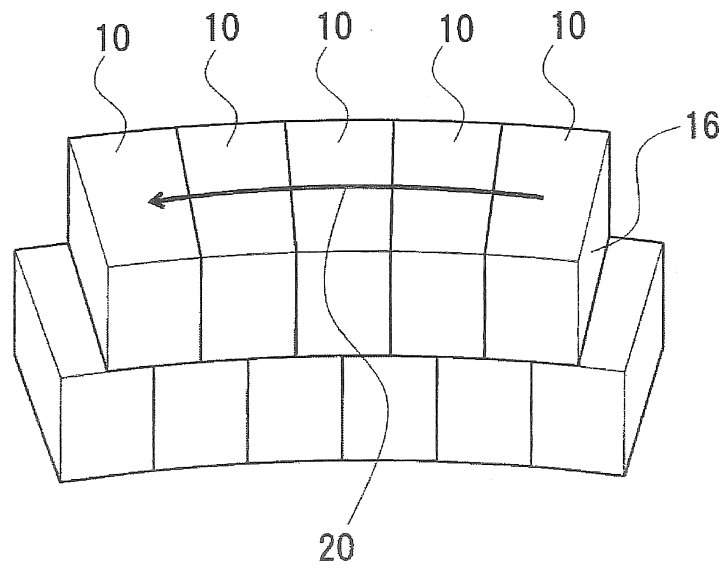
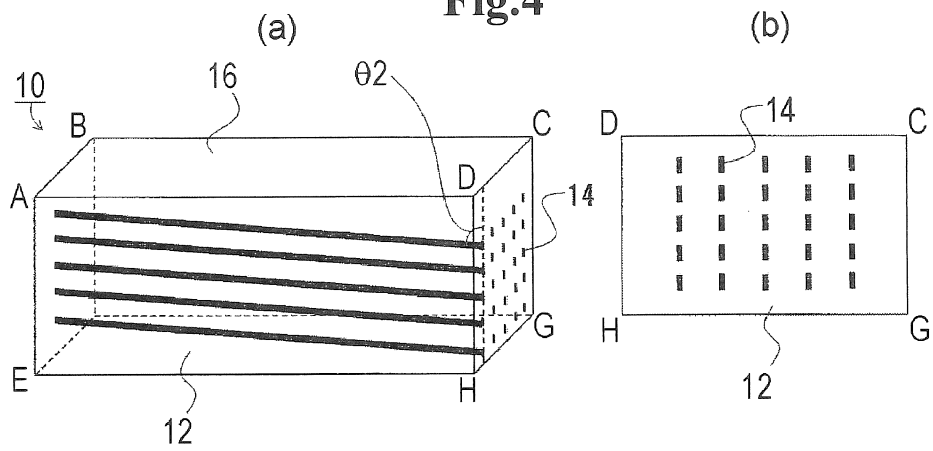
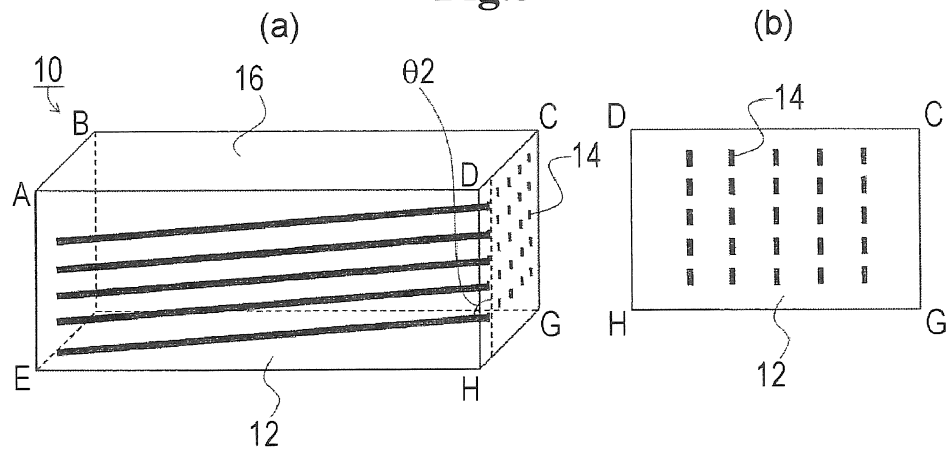
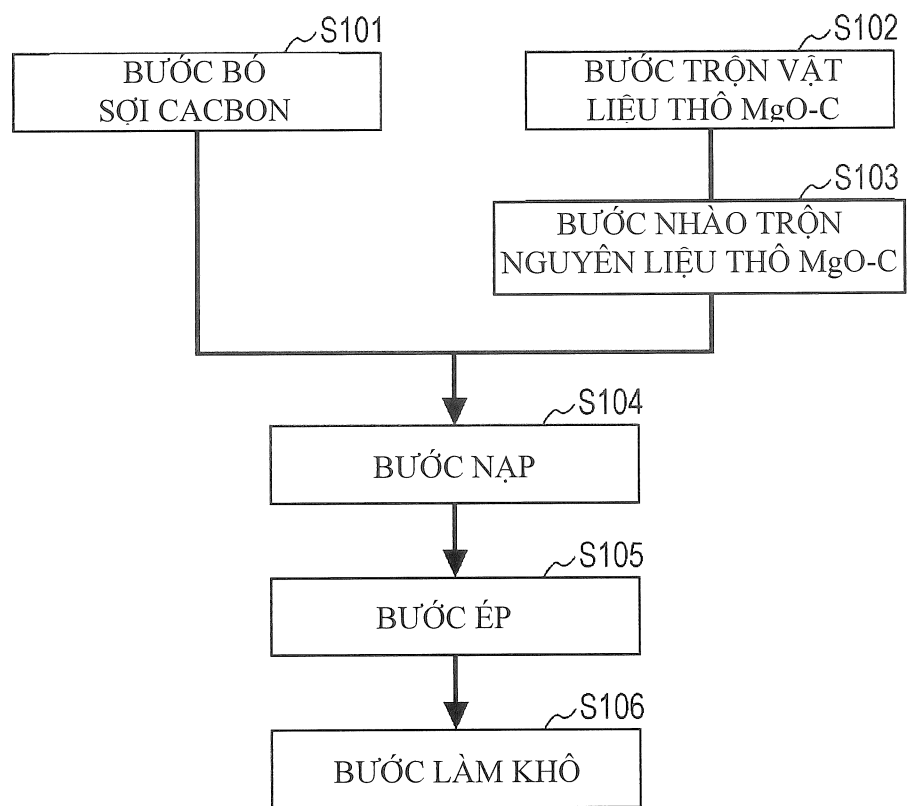
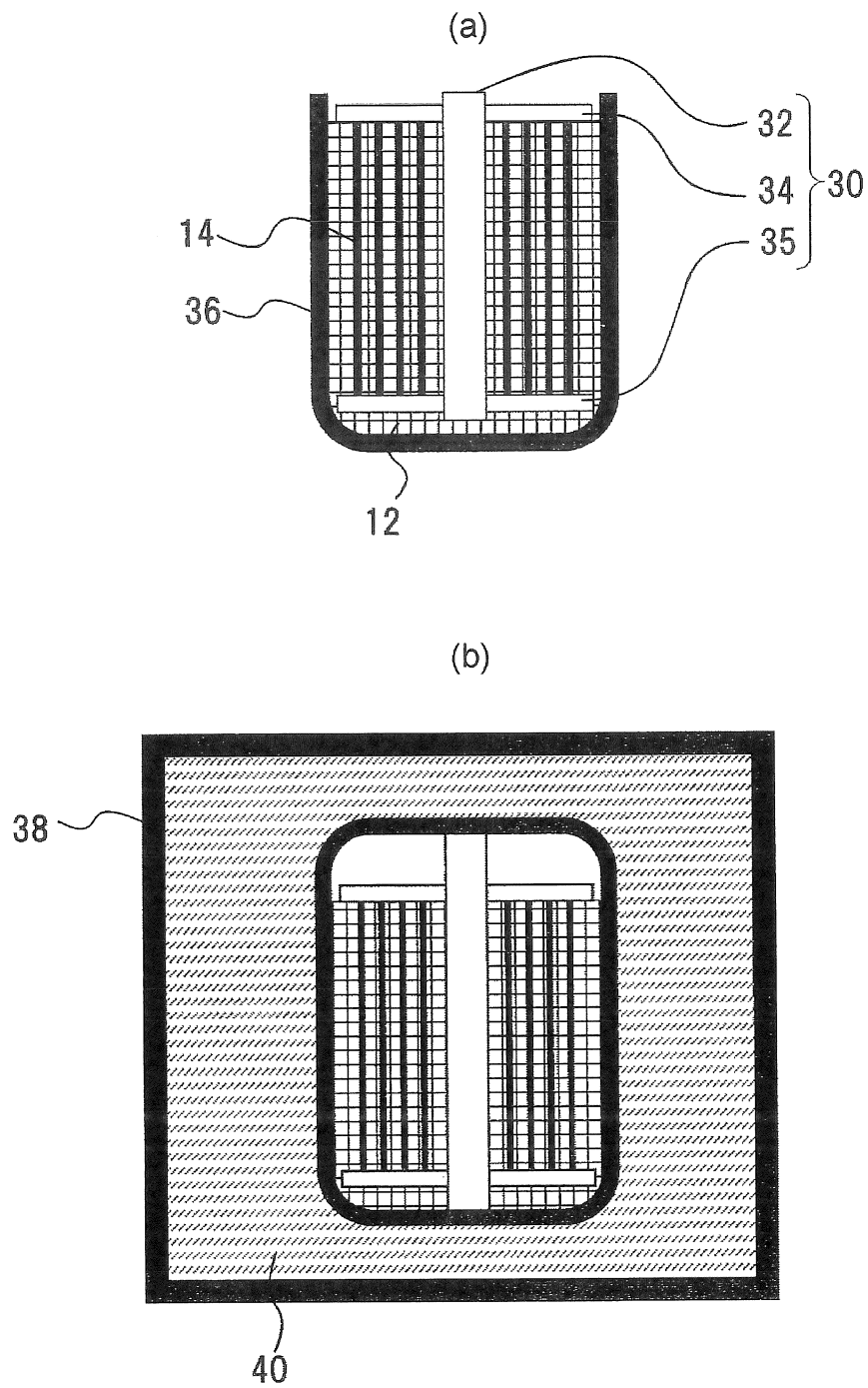
Fig.3**Fig.4****Fig.5**

Fig.6

4/7

Fig.7

5/7

Fig.8

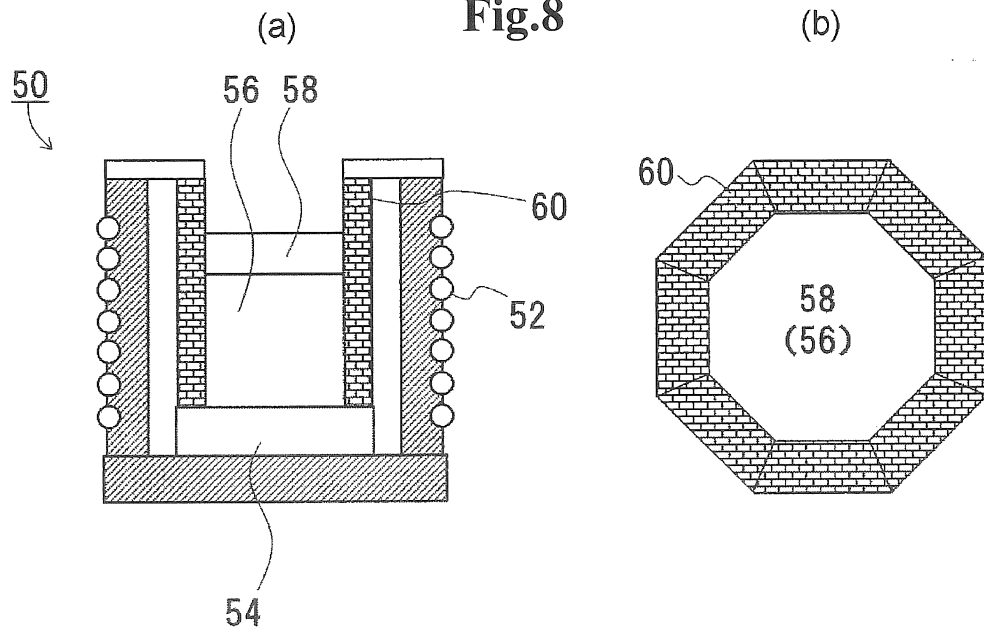
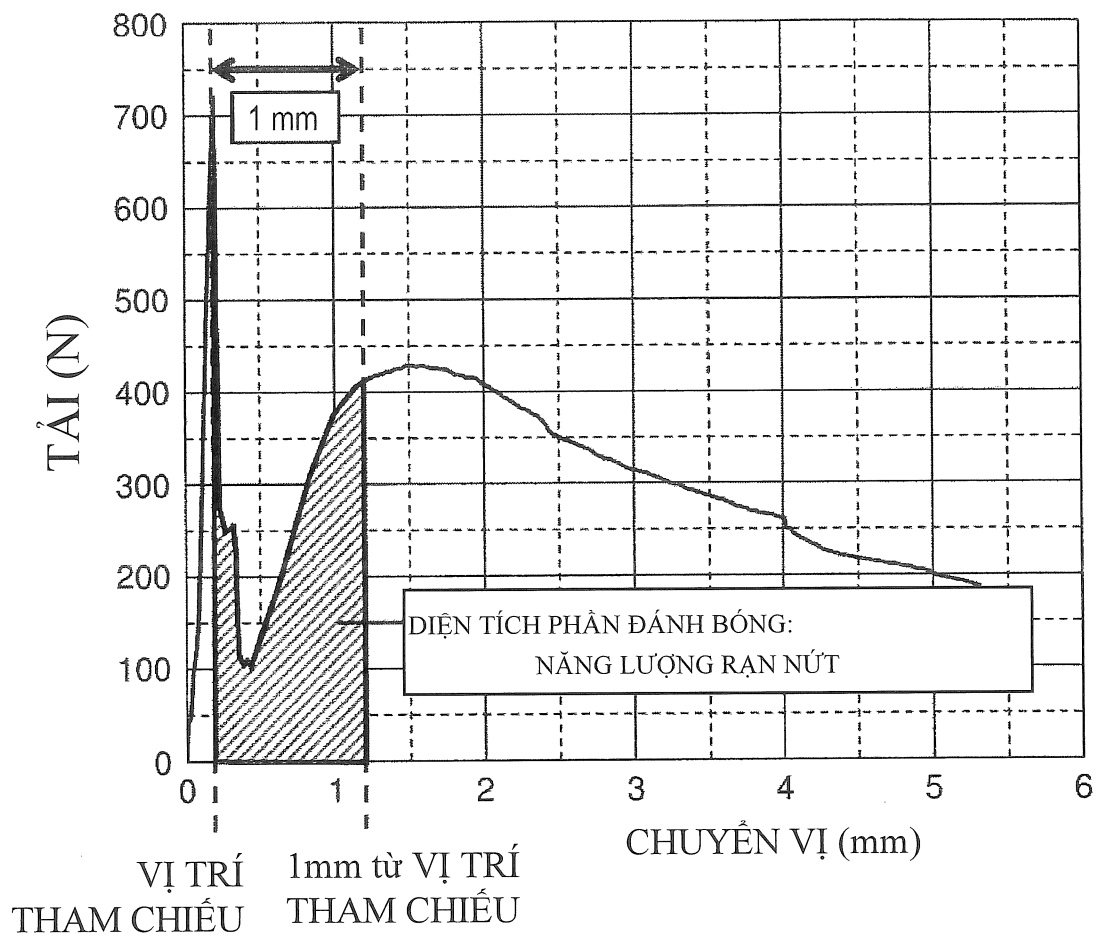


Fig.9



6/7

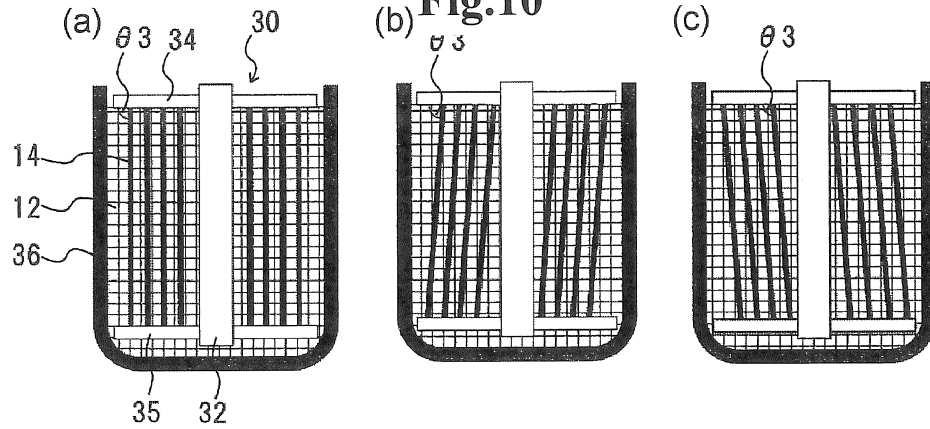
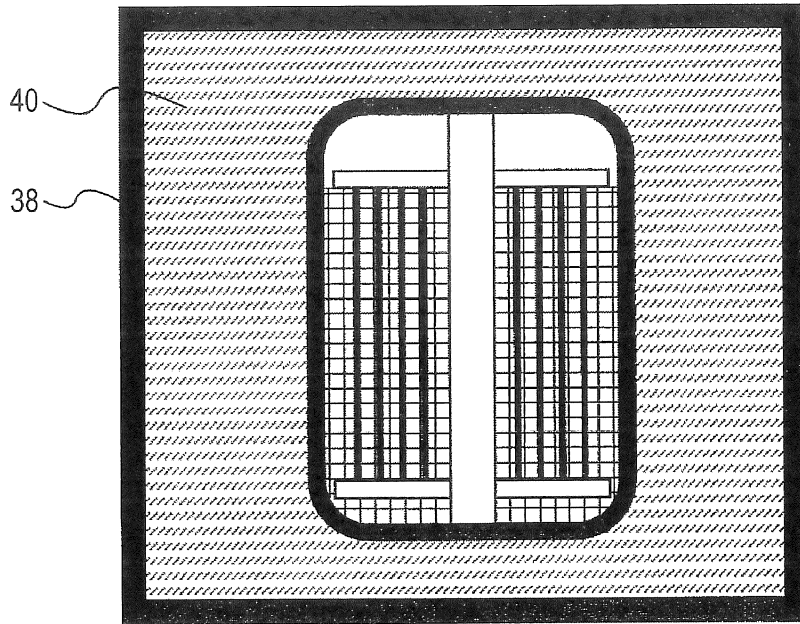
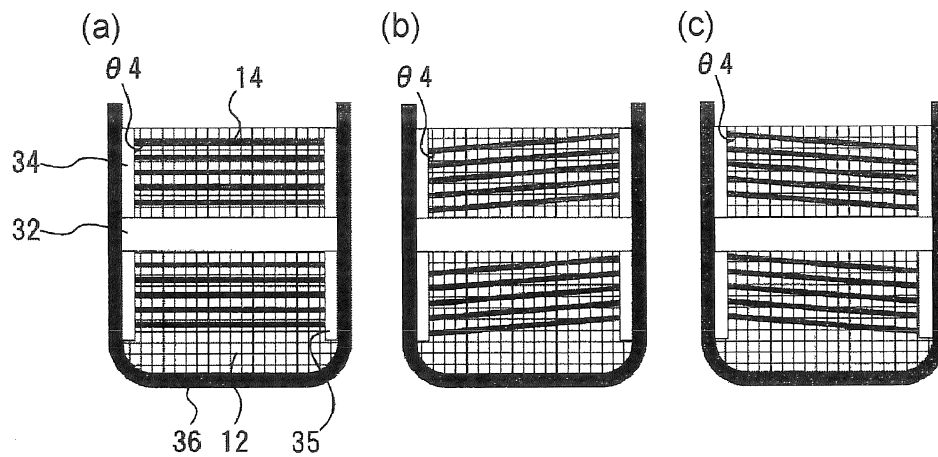
Fig.10**Fig.11****Fig.12**

Fig.13

