



(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)



1-0035060

(51)⁸ C10L 5/44; C10L 9/08

(13) B

(21) 1-2018-04914

(22) 03/04/2017

(86) PCT/JP2017/013990 03/04/2017

(87) WO 2017/175733 A1 12/10/2017

(30) 2016-076441 06/04/2016 JP

(45) 27/03/2023 420

(43) 25/12/2018 369A

(73) Mitsubishi UBE Cement Corporation (JP)

2-1-1, Uchisaiwaicho, Chiyoda-ku, Tokyo, 100-8521 Japan

(72) HAYASHI, Shigeya (JP); AMANO, Hiroshi (JP); OOI, Nobuyuki (JP); HIRAIWA, Yuusuke (JP).

(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) **NHIÊN LIỆU SINH KHỐI DẠNG RẮN VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT NHIÊN LIỆU NÀY**

(57) Sáng chế đề cập đến nhiên liệu sinh khối dạng rắn, khi tiếp xúc với nước mưa, có COD (nhu cầu oxy hóa học-Chemical Oxygen Demand) giảm trong nước thải và có đặc tính tan rã thấp, đồng thời không làm tăng chi phí. Nhiên liệu sinh khối dạng rắn theo sáng chế thu được bằng cách đúc các hạt sinh khối đã nghiền, trong đó sự liên kết hoặc kết dính lẫn nhau giữa các hạt sinh khối đã nghiền được duy trì sau khi nhúng trong nước. Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến phương pháp sản xuất nhiên liệu sinh khối dạng rắn.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến nhiên liệu sinh khối dạng rắn.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trước đây, các nhiên liệu rắn thu được bằng cách đúc sinh khối có nguồn gốc từ gỗ đã được mô tả trước đó. Tuy nhiên, chúng gặp vấn đề là khó xử lý vì chúng tan rã khi gặp nước mưa và chất tương tự trong quá trình bảo quản ngoài trời, và nhu cầu oxy hóa học (COD: Chemical Oxygen Demand) của nước thải cũng gia tăng do các chất hữu cơ bị rửa giải như hắc ín và chất tương tự. Do đó, tài liệu sáng chế 1 mô tả nhiên liệu rắn thu được bằng cách tiến hành đúc và gia nhiệt sau khi nổi hơi nước nguyên liệu gốc có nguồn gốc từ thực vật, trong đó nhiên liệu rắn thu được không tan rã khi gặp nước mưa và chất tương tự trong quá trình bảo quản ngoài trời dù chất gắn kết và chất tương tự không được sử dụng, và ngoài ra, ngăn chặn rửa giải thành phần hắc ín và làm giảm COD trong nước thải.

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn quốc tế số WO2014/087949

Ở đây, sự tham khảo đến tài liệu sáng chế hoặc vấn đề khác mà được đưa ra như là giải pháp kỹ thuật trước không được coi là sự thừa nhận rằng tài liệu hoặc vấn đề đó là đã biết hoặc thông tin mà được bộc lộ trong đó là một phần kiến thức chung thông thường ở ngày hưởng quyền ưu tiên của bất kỳ điểm yêu cầu bảo hộ của đơn này.

Tuy nhiên, kỹ thuật trước đây cần có bước nổi hơi nước, dẫn đến làm tăng chi phí.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các phương án của sáng chế đã được thực hiện để đối phó với vấn đề này, và mục đích của sáng chế là đề xuất nhiên liệu sinh khối dạng rắn có đặc tính tan rã thấp và làm giảm được COD trong nước thải khi gặp nước mưa và chất tương tự, đồng thời không làm tăng chi phí.

Theo một phương án, sáng chế đề xuất nhiên liệu sinh khối dạng rắn thu được bằng cách đúc các hạt sinh khối đã nghiền của nguyên liệu thô, và sự liên kết hoặc kết dính lẫn nhau giữa các hạt sinh khối đã nghiền được duy trì sau khi nhúng trong nước.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất nhiên liệu sinh khối dạng rắn thu được bằng cách đúc các hạt sinh khối đã được nghiền thành các khối sinh khối chưa được gia nhiệt và gia nhiệt các khối sinh khối chưa được gia nhiệt này mà không cần tiến hành sự bùng nổ hơi nước, trong đó nhiên liệu sinh khối dạng rắn không chứa chất dính kết, sự liên kết tương hỗ hoặc sự bám dính giữa các hạt sinh khối đã được nghiền được duy trì sau khi ngâm trong nước, và ít nhất một điều kiện được chọn từ nhóm bao gồm các điều kiện (a) đến (c) sau đây được thỏa mãn: điều kiện (a): nguyên liệu thô của các hạt sinh khối đã được nghiền là ít nhất một nguyên liệu được chọn từ nhóm bao gồm cây cao su, cây keo, cây meranti và cây téch, hoặc hỗn hợp của gỗ của cây thông rụng lá, cây vân sam và cây bu lô; điều kiện (b): nguyên liệu thô của các hạt sinh khối đã được nghiền là cây bạch đàn và nhiệt độ gia nhiệt trong quá trình gia nhiệt các khối sinh khối chưa được gia nhiệt là 150°C hoặc cao hơn và thấp hơn 250°C ; điều kiện (c): nguyên liệu thô của các hạt sinh khối đã được nghiền là cây bạch đàn và nhiên liệu sinh khối dạng rắn có tỷ lệ mol của oxy O với cacbon C (O/C) là lớn hơn 0,50 và bằng hoặc nhỏ hơn 0,65, và tỷ lệ mol của hydro H với cacbon C (H/C) là lớn hơn 1,14 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,24.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất nhiên liệu sinh khối dạng rắn theo điểm 1 bao gồm: bước đúc để đúc sinh khối thành các khối sinh khối chưa được gia nhiệt, và bước gia nhiệt để gia nhiệt các khối sinh khối chưa được gia nhiệt này mà không cần bước thực hiện sự bùng nổ hơi nước, để thu sản phẩm rắn đã gia nhiệt, sản phẩm rắn đã gia nhiệt này được sử dụng làm nhiên liệu sinh khối dạng rắn; trong đó nhiên liệu sinh khối dạng rắn không chứa chất dính kết, và điều kiện (a') hoặc (b') được thỏa mãn: điều kiện (a'): nguyên liệu thô của sinh khối là ít nhất một nguyên liệu được chọn từ nhóm bao gồm cây cao su, cây keo, cây meranti và cây téch, hoặc hỗn hợp của cây thông rụng lá, cây vân sam và cây bu lô, và nhiệt độ gia nhiệt trong bước gia nhiệt là từ 150°C đến 400°C ;

điều kiện (b’): nguyên liệu thô của sinh khối là cây bạch đàn và nhiệt độ gia nhiệt trong bước gia nhiệt là 150°C hoặc cao hơn và thấp hơn 250°C.

Hiệu quả của sáng chế

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất nhiên liệu sinh khối dạng rắn có đặc tính tan rã thấp và đạt được sự giảm COD trong nước thải khi tiếp xúc với nước mưa, đồng thời không làm tăng chi phí, không cần sử dụng quy trình nở hơi nước và chất gắn kết hoặc chất tương tự.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là biểu đồ thể hiện diện tích bề mặt riêng BET của các nhiên liệu rắn.

Fig.2 là biểu đồ thể hiện đường kính lỗ trung bình của bề mặt các nhiên liệu rắn.

Fig.3 là biểu đồ thể hiện tổng thể tích lỗ của bề mặt các nhiên liệu rắn.

Fig.4 là biểu đồ thể hiện cơ chế (phỏng đoán) tạo ra liên kết ngang rắn ở PBT.

Fig.5 là đồ thị thể hiện các kết quả phân tích quang phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FT-IR: Fourie Transform InfraRed) bề mặt ngoài của các viên nhiên liệu rắn.

Fig.6 là đồ thị thể hiện các kết quả phân tích FT-IR trung tâm mặt cắt ngang của các viên nhiên liệu rắn.

Fig.7 là đồ thị thể hiện các kết quả phân tích FT-IR dung dịch chiết axeton của các nhiên liệu rắn.

Fig.8 là đồ thị thể hiện các kết quả phân tích FT-IR chất rắn của các nhiên liệu rắn sau khi chiết axeton.

Fig.9 là đồ thị thể hiện các kết quả phân tích sắc ký khí-phổ khối (GC-MS: Gas Chromatography-Mass Spectrometry) dung dịch chiết axeton của các nhiên liệu rắn.

Fig.10 là ảnh thể hiện hình dạng của viên sau khi nhúng các nhiên liệu rắn vào dung dịch nước muối sinh lý.

Fig.11 là biểu đồ thể hiện sự phân bố của natri trước và sau khi nhúng các nhiên liệu rắn trong dung dịch nước muối sinh lý.

Fig.12 là biểu đồ thể hiện kết quả của phép đo nhiệt trọng (TG: ThermoGravimetric) của các nhiên liệu rắn.

Fig.13 là biểu đồ thể hiện kết quả của phép phân tích nhiệt vi sai (DTA: Differential Thermal Analysis) của các nhiên liệu rắn.

Fig.14 là biểu đồ thể hiện các kết quả của thử nghiệm tan rã của nhiên liệu rắn e.

Fig.15 là biểu đồ thể hiện các kết quả của thử nghiệm tan rã của nhiên liệu rắn f.

Mô tả chi tiết sáng chế

Nhiên liệu sinh khối dạng rắn theo sáng chế là nhiên liệu sinh khối dạng rắn thu được bằng cách đúc các hạt sinh khối đã nghiền của nguyên liệu thô, và sự liên kết hoặc kết dính lẫn nhau giữa các hạt sinh khối đã nghiền được duy trì sau khi nhúng trong nước.

Theo một phương án, nhiên liệu sinh khối dạng rắn theo sáng chế có tỷ lệ nhiên liệu (cacbon cố định/chất dễ bay hơi) tốt hơn là 0,15 đến 1,50, tốt hơn nữa là 0,17 đến 1,50, còn tốt hơn nữa là 0,20 đến 1,50, năng suất tỏa nhiệt cao hơn theo trọng lượng khô tốt hơn là 4500 đến 7000 (kcal/kg), tốt hơn nữa là 4700 đến 7000 (kcal/kg), tỷ lệ mol của oxy O đối với cacbon C (O/C) tốt hơn là 0,1 đến 0,7, và tỷ lệ mol của hydro H đối với cacbon C (H/C) tốt hơn là 0,70 đến 1,40. Nếu nhiên liệu sinh khối dạng rắn có các đặc tính vật lý trong các phạm vi trên, có thể giảm được COD của nước thải trong quá trình bảo quản, có thể giảm sự tan rã và có thể cải thiện được khả năng xử lý trong quá trình bảo quản. Nhiên liệu rắn theo sáng chế là sản phẩm rắn đã đúc thu được bởi các bước bao gồm bước đập vụn và bước đúc sinh khối đã đập vụn và bước nghiền tới trạng thái mảnh vụn hoặc bột thành các khối sinh khối, và bước gia nhiệt để gia nhiệt các khối sinh khối này sau bước đúc. Sản phẩm rắn đã đúc được sử dụng làm nhiên liệu (tương ứng với PBT đề cập dưới đây). Nhiên liệu sinh khối dạng rắn theo sáng chế có các đặc tính thích hợp hơn (ví dụ, khả năng chống nước và khả năng nghiền) có thể thu được bằng cách điều chỉnh, chẳng hạn, các loài cây của sinh khối

được sử dụng làm nguyên liệu thô, các bộ phận của chúng, và nhiệt độ gia nhiệt (đôi khi để chỉ nhiệt độ chất rắn trên các hình vẽ) ở bước gia nhiệt và bước tương tự. Trị số phân tích gần đúng (phân tích trong công nghiệp), trị số phân tích cuối cùng (phân tích cơ bản), và năng suất tỏa nhiệt cao hơn trong bản mô tả này dựa vào tiêu chuẩn JIS M 8812, 8813, và 8814.

Theo một phương án, nhiên liệu sinh khối dạng rắn theo sáng chế là sản phẩm thu được bằng cách đúc các hạt sinh khối đã nghiền của nguyên liệu thô chứa ít nhất một nguyên liệu được chọn từ nhóm bao gồm cây cao su, cây keo, gỗ meranti, gỗ bạch đàn và gỗ tếch, hoặc các hạt sinh khối đã nghiền của nguyên liệu thô của hỗn hợp gồm gỗ thông rụng lá, gỗ cây vân sam và gỗ bu lô. Gỗ thông rụng lá, gỗ cây vân sam, và gỗ bu lô có thể được sử dụng riêng làm nguyên liệu thô của sinh khối, nhưng hỗn hợp của chúng được ưu tiên. Nhiên liệu sinh khối dạng rắn là sản phẩm rắn đã đúc thu được bởi các bước bao gồm bước đúc để ép và đúc sinh khối mà đã được đập vụn và nghiền tới trạng thái mảnh vụn hoặc bột thành các khối sinh khối, và bước gia nhiệt để gia nhiệt các khối sinh khối này. Sản phẩm rắn đã đúc và gia nhiệt được sử dụng làm nhiên liệu (tương ứng với PBT đề cập dưới đây). Do nhiên liệu sinh khối dạng rắn theo sáng chế không cần đến bước nỏ hơi nước và sử dụng chất gắn kết, nên ngăn được sự gia tăng chi phí. Ở đây, sinh khối dùng làm nguyên liệu thô cũng được gọi đơn giản là “nguyên liệu thô” hoặc “sinh khối”, các khối sinh khối thu được bằng quy trình đúc trước bước gia nhiệt còn được gọi là “các khối sinh khối chưa được gia nhiệt”, và nhiên liệu sinh khối dạng rắn cũng được gọi đơn giản là “nhiên liệu rắn”.

Ngoài ra, các nguyên liệu thô có thể còn bao gồm các loài cây khác ngoài các loài nêu trên. Theo một phương án của sáng chế, hàm lượng tổng cộng của cây cao su, cây keo, gỗ meranti, gỗ bạch đàn, gỗ tếch, gỗ thông rụng lá, gỗ cây vân sam và gỗ bu lô tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 50% trọng lượng, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 80% trọng lượng, và có thể bằng 100% trọng lượng trong tổng trọng lượng của các nguyên liệu thô của sinh khối.

Như được mô tả ở trên, nhiên liệu sinh khối dạng rắn theo sáng chế được sản xuất bằng phương pháp bao gồm bước đúc và bước gia nhiệt tiếp theo. Ở bước đúc, các khối sinh khối này được tạo ra bằng cách sử dụng các

kỹ thuật đúc được nêu ở trên. Tốt hơn nếu các khối sinh khối này ở dạng viên hoặc bánh, và nó có kích thước bất kỳ. Ở bước gia nhiệt, các khối sinh khối đã đúc được gia nhiệt.

Ở nhiên liệu sinh khối dạng rắn thu được sau bước gia nhiệt, nhu cầu oxy hóa học (COD) của nước để nhúng được sử dụng để nhúng nước tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 3000ppm. Ngoài ra, tỷ lệ COD được biểu diễn bằng (COD của nhiên liệu sinh khối dạng rắn sau bước gia nhiệt/COD của nhiên liệu sinh khối dạng rắn chưa được gia nhiệt) của nhiên liệu sinh khối dạng rắn tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 1,00, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,98. Ở đây, nhu cầu oxy hóa học của nước để nhúng được sử dụng để nhúng nước của nhiên liệu sinh khối dạng rắn (đơn giản, có thể được gọi là “COD”) có nghĩa là trị số COD được phân tích theo tiêu chuẩn JIS K0102(2010)-17 đối với mẫu nước để nhúng để xác định COD được chuẩn bị theo Thông báo của Cơ quan Môi trường Nhật Bản số 13 “(A) a method for detecting a metal or the like contained in an industrial waste”, 1973.

Nhiên liệu sinh khối rắn thu được sau bước gia nhiệt có chỉ số nghiền Hardgrove (HGI: Hardgrove Grindability Index) theo tiêu chuẩn JIS M 8801 tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 15 và nhỏ hơn hoặc bằng 70, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 20 và nhỏ hơn hoặc bằng 60. Diện tích bề mặt riêng BET của nó tốt hơn là từ $0,11\text{m}^2/\text{g}$ đến $0,80\text{m}^2/\text{g}$, tốt hơn nữa là từ $0,15\text{m}^2/\text{g}$ đến $0,80\text{m}^2/\text{g}$, còn tốt hơn nữa là từ 0,3 đến $0,8\text{m}^2/\text{g}$, và vẫn còn tốt hơn nữa là từ 0,3 đến $0,7\text{m}^2/\text{g}$. Hàm lượng ẩm cân bằng sau khi nhúng trong nước tốt hơn là từ 10 đến 65% trọng lượng, tốt hơn nữa là từ 15 đến 65% trọng lượng, còn tốt hơn nữa là từ 15 đến 50% trọng lượng, và vẫn còn tốt hơn nữa là từ 15 đến 45% trọng lượng.

Phương pháp sản xuất nhiên liệu sinh khối dạng rắn theo sáng chế bao gồm bước đúc để đúc các hạt sinh khối đã nghiền là sinh khối mà đã được đập vụn và nghiền để thu được các khối sinh khối chưa được gia nhiệt, và bước gia nhiệt để gia nhiệt các khối sinh khối chưa được gia nhiệt bằng cách đó tạo ra sản phẩm rắn đã gia nhiệt, trong đó nhiệt độ gia nhiệt ở bước gia nhiệt tốt hơn là từ 150°C đến 400°C . Với nhiệt độ của bước gia nhiệt trong phạm vi nêu trên, có thể thu được nhiên liệu sinh khối dạng rắn có các đặc tính trên. Nhiệt độ gia nhiệt được xác định một cách thích hợp tùy theo các

nguyên liệu thô của sinh khối và hình dạng và kích thước của các khối sinh khối, nhưng tốt hơn là từ 150 đến 400°C, tốt hơn nữa là từ 200 đến 350°C, còn tốt hơn nữa là từ 230 đến 300°C, đặc biệt tốt hơn là từ 230 đến 290°C. Thời gian gia nhiệt ở bước gia nhiệt không bị giới hạn cụ thể, nhưng tốt hơn là 0,2 đến 3 giờ.

Kích thước hạt của các hạt sinh khối đã nghiền không bị giới hạn cụ thể, nhưng kích thước trung bình tốt hơn là khoảng 100 đến 3000µm, và tốt hơn nữa là từ 400 đến 1000µm. Về phương pháp đo kích thước hạt của các hạt sinh khối đã nghiền, các phương pháp đo được nêu ở trên có thể được sử dụng. Do sự liên kết hoặc kết dính lẫn nhau giữa các hạt sinh khối đã nghiền được duy trì bởi liên kết ngang rắn trong nhiên liệu sinh khối dạng rắn (PBT) theo sáng chế như được mô tả dưới đây, kích thước hạt của các hạt sinh khối đã nghiền không bị giới hạn cụ thể miễn là nằm trong giới hạn có thể đúc được. Hơn nữa, do việc nghiền mịn trở thành nguyên nhân làm tăng chi phí, kích thước hạt có thể ở phạm vi được nêu ở trên miễn là cả chi phí lẫn khả năng đúc có thể cùng được duy trì.

Nếu A biểu thị cho mật độ khối của các khối sinh khối chưa được gia nhiệt trước bước gia nhiệt và B biểu thị cho mật độ khối của sản phẩm rắn đã gia nhiệt sau bước gia nhiệt, tốt hơn nếu $B/A = 0,6$ đến 1. Trị số của mật độ khối A không bị giới hạn cụ thể với điều kiện nằm trong phạm vi được nêu ở trên sao cho có thể thu được các khối sinh khối chưa được gia nhiệt bằng cách đúc các hạt sinh khối đã nghiền. Mật độ khối khác nhau tùy theo loại nguyên liệu thô của sinh khối, và do đó có thể được điều chỉnh một cách thích hợp. Mật độ khối có thể được đo bằng phương pháp được mô tả trong phần Ví dụ thực hiện sáng chế dưới đây. Nếu H1 biểu thị cho HGI (chỉ số nghiền Hardgrove theo tiêu chuẩn JIS M8801) của các khối sinh khối chưa được gia nhiệt và H2 biểu thị cho HGI của các sản phẩm rắn đã gia nhiệt, được ưu tiên nếu thỏa mãn $H2/H1 = 1,1$ đến 4,0, và được ưu tiên hơn nếu bằng 1,1 đến 2,5. Bằng cách tiến hành gia nhiệt sao cho một hoặc cả hai trị số B/A (tỷ lệ mật độ khối) và H2/H1 (tỷ lệ HGI) nằm trong các phạm vi này, có thể thu được nhiên liệu sinh khối dạng rắn với khả năng xử lý được cải thiện trong quá trình bảo quản bằng cách làm giảm sự tan rã đồng thời làm giảm COD trong nước thải trong quá trình bảo quản.

Trong nhiên liệu rắn theo sáng chế, hệ số giãn nở của chiều dài và/hoặc đường kính trước và sau khi nhúng trong nước tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 20%, hệ số giãn nở thể tích tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 173%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 160%. Tốt hơn nữa là các hệ số giãn nở của đường kính và chiều dài là nhỏ hơn hoặc bằng 15% và hệ số giãn nở thể tích là nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 152%. Còn được ưu tiên hơn nữa là các hệ số giãn nở của đường kính và chiều dài là nhỏ hơn hoặc bằng 13% và hệ số giãn nở thể tích là nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 140%. Còn được ưu tiên hơn nữa là các hệ số giãn nở của đường kính và chiều dài là nhỏ hơn hoặc bằng 11% và hệ số giãn nở thể tích là nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 137%. Vẫn còn được ưu tiên hơn nữa là hệ số giãn nở chiều dài là nhỏ hơn hoặc bằng 10%. Như được mô tả ở trên, do các hệ số giãn nở sau khi nhúng trong nước đều nằm trong phạm vi cụ thể, nhiên liệu sinh khối dạng rắn theo sáng chế không tan rã ngay cả bằng cách nhúng, cho thấy rằng nó có khả năng chống nước. Hệ số giãn nở chiều dài, hệ số giãn nở đường kính và hệ số giãn nở thể tích có thể được đo bằng phương pháp được mô tả trong phần Ví dụ thực hiện sáng chế.

Ở đây, các đặc điểm của nhiên liệu sinh khối dạng rắn có thể được xác định trong phạm vi thích hợp hơn tùy theo các loài cây của sinh khối được sử dụng làm nguyên liệu thô. Dưới đây, các phạm vi được ưu tiên sẽ được mô tả đối với các loại nguyên liệu thô của sinh khối được sử dụng trong sáng chế, các đặc tính của các nhiên liệu rắn thu được (tương ứng với PBT như được đề cập dưới đây) và phương pháp sản xuất chúng, tương ứng, nhưng đây chỉ đơn thuần là các ví dụ và sáng chế không bị giới hạn ở đó.

Các loại nguyên liệu thô của sinh khối và các đặc tính của nhiên liệu rắn

Cây cao su: Nhiên liệu rắn a

Theo một khía cạnh của sáng chế, nếu nguyên liệu thô là cây cao su, thì các đặc tính của nhiên liệu sinh khối dạng rắn (sau đây, có thể được gọi là nhiên liệu rắn a) là như dưới đây.

COD của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 2500ppm, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 1100ppm, còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 600ppm, và tỷ lệ COD của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 1,00, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,60, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,55.

Hàm lượng ẩm cân bằng sau khi nhúng trong nước của nó (tương ứng với hàm lượng ẩm của chất rắn như được mô tả trong phần Ví dụ thực hiện sáng chế) tốt hơn là từ 15% trọng lượng đến 45% trọng lượng, tốt hơn nữa là từ 15% trọng lượng đến 40% trọng lượng, và còn tốt hơn nữa là từ 15% trọng lượng đến 32% trọng lượng.

Diện tích bề mặt riêng BET của nó tốt hơn là từ $0,43\text{m}^2/\text{g}$ đến $0,80\text{m}^2/\text{g}$, tốt hơn nữa là từ $0,44\text{m}^2/\text{g}$ đến $0,80\text{m}^2/\text{g}$, và còn tốt hơn nữa là từ $0,47\text{m}^2/\text{g}$ đến $0,80\text{m}^2/\text{g}$.

HGI của nó tốt hơn là từ 30 đến 70, tốt hơn nữa là từ 35 đến 70, và còn tốt hơn nữa là từ 45 đến 70. Tỷ lệ HGI (được mô tả dưới đây) tốt hơn là từ 1,5 đến 4,0, tốt hơn nữa là từ 2,0 đến 4,0, và còn tốt hơn nữa là từ 2,5 đến 4,0.

Tỷ lệ nhiên liệu của nó tốt hơn là từ 0,20 đến 1,50, và tốt hơn nữa là từ 0,25 đến 1,50.

Năng suất tỏa nhiệt cao hơn theo trọng lượng khô của nó tốt hơn là từ 4700 đến 7000kcal/kg, tốt hơn nữa là từ 5000 đến 7000kcal/kg, và còn tốt hơn nữa là từ 5100 đến 7000kcal/kg.

Tỷ lệ mol của oxy O đối với cacbon C (O/C) của nó tốt hơn là từ 0,10 đến 0,65, tốt hơn nữa là từ 0,15 đến 0,60. Tỷ lệ mol của hydro H đối với cacbon C (H/C) của nó tốt hơn là từ 0,70 đến 1,38, và tốt hơn nữa là từ 0,70 đến 1,35.

Hệ số giãn nở đường kính của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 20%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 15%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 5%.

Hệ số giãn nở chiều dài của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 10%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 7%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 4%.

Hệ số giãn nở thể tích của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 158%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 142%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 115%.

Phần mô tả nêu trên là phạm vi được ưu tiên về các đặc tính của nhiên liệu rắn a.

Ngoài ra, khi sản xuất nhiên liệu rắn a, nhiệt độ gia nhiệt ở bước gia nhiệt tốt hơn là từ 230 đến 350°C, tốt hơn nữa là từ 250 đến 300°C, và còn tốt hơn nữa là từ 255 đến 290°C.

Cây keo: Nhiên liệu rắn b

Theo một khía cạnh của sáng chế, nếu nguyên liệu thô là phần gỗ của cây keo, các đặc tính của nhiên liệu sinh khối dạng rắn (sau đây, có thể được gọi là nhiên liệu rắn b) là như dưới đây.

COD của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 400ppm, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 350ppm, còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 250ppm, và tỷ lệ COD của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 1,00, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,98, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,81.

Hàm lượng ẩm cân bằng sau khi nhúng trong nước của nó tốt hơn là từ 15% trọng lượng đến 30% trọng lượng, tốt hơn nữa là từ 18% trọng lượng đến 27% trọng lượng, và còn tốt hơn nữa là từ 18% trọng lượng đến 24% trọng lượng.

HGI của nó tốt hơn là từ 20 đến 70, tốt hơn nữa là từ 35 đến 65, và còn tốt hơn nữa là từ 40 đến 65.

Diện tích bề mặt riêng BET của nó tốt hơn là từ 0,32m²/g đến 0,60m²/g, tốt hơn nữa là từ 0,35m²/g đến 0,60m²/g, và còn tốt hơn nữa là từ 0,35m²/g đến 0,55m²/g.

Tỷ lệ nhiên liệu của nó tốt hơn là từ 0,21 đến 0,90, tốt hơn nữa là từ 0,21 đến 0,88, và còn tốt hơn nữa là từ 0,21 đến 0,85.

Năng suất tỏa nhiệt cao hơn theo trọng lượng khô của nó tốt hơn là từ 4790 đến 7000kcal/kg, tốt hơn nữa là từ 4800 đến 7000kcal/kg, và còn tốt hơn nữa là từ 4900 đến 6500kcal/kg.

Tỷ lệ mol của oxy O đối với cacbon C (O/C) của nó tốt hơn là từ 0,25 đến 0,62, tốt hơn nữa là từ 0,28 đến 0,61, và còn tốt hơn nữa là từ 0,30 đến 0,61.

Tỷ lệ mol của hydro H đối với cacbon C (H/C) của nó tốt hơn là từ 0,80 đến 1,30, tốt hơn nữa là từ 0,90 đến 1,30, và còn tốt hơn nữa là từ 0,90 đến 1,29.

Hệ số giãn nở đường kính của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 15%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 9%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 7%.

Hệ số giãn nở chiều dài của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 8%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 5%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 4%.

Hệ số giãn nở thể tích của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 143%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 127%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 119%.

Phần mô tả nêu trên là phạm vi được ưu tiên về các đặc tính của nhiên liệu rắn b.

Ngoài ra, khi sản xuất nhiên liệu rắn b, nhiệt độ gia nhiệt ở bước gia nhiệt tốt hơn là từ 200 đến 350°C, tốt hơn nữa là từ 220 đến 300°C, và còn tốt hơn nữa là từ 230 đến 290°C.

Gỗ meranti: Nhiên liệu rắn c

Theo một khía cạnh của sáng chế, nếu nguyên liệu thô là gỗ meranti, các đặc tính của nhiên liệu sinh khối dạng rắn (sau đây, có thể được gọi là nhiên liệu rắn c) là như dưới đây.

COD của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 550ppm, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 500ppm, còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 300ppm, và tỷ lệ COD của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,98, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,89, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,54.

Hàm lượng ẩm cân bằng sau khi nhúng trong nước của nó tốt hơn là từ 15% trọng lượng đến 30% trọng lượng, tốt hơn nữa là từ 15% trọng lượng đến 27% trọng lượng, và còn tốt hơn nữa là từ 17% trọng lượng đến 26% trọng lượng.

HGI của nó tốt hơn là từ 25 đến 70, tốt hơn nữa là từ 30 đến 70, và còn tốt hơn nữa là từ 30 đến 60.

Diện tích bề mặt riêng BET của nó tốt hơn là từ 0,30 đến 0,45m²/g, tốt hơn nữa là từ 0,30 đến 0,41m²/g, và còn tốt hơn nữa là từ 0,33 đến 0,40m²/g.

Tỷ lệ nhiên liệu của nó tốt hơn là từ 0,19 đến 0,80, tốt hơn nữa là từ 0,20 đến 0,80, và còn tốt hơn nữa là từ 0,20 đến 0,50, và đặc biệt tốt hơn là từ 0,21 đến 0,5.

Năng suất tỏa nhiệt cao hơn theo trọng lượng khô của nó tốt hơn là từ 4800 đến 7000kcal/kg, tốt hơn nữa là từ 4800 đến 6500kcal/kg, và còn tốt hơn nữa là từ 4900 đến 6000kcal/kg.

Tỷ lệ mol của oxy O đối với cacbon C (O/C) của nó tốt hơn là từ 0,30 đến 0,62, tốt hơn nữa là từ 0,30 đến 0,61, và còn tốt hơn nữa là từ 0,35 đến 0,61.

Tỷ lệ mol của hydro H đối với cacbon C (H/C) của nó tốt hơn là từ 0,90 đến 1,30, tốt hơn nữa là từ 0,95 đến 1,30, và còn tốt hơn nữa là từ 1,00 đến 1,30.

Hệ số giãn nở đường kính của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 15%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 12%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 10%.

Hệ số giãn nở chiều dài của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 10%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 8%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 6%.

Hệ số giãn nở thể tích của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 145%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 135%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 128%.

Phần mô tả nêu trên là phạm vi được ưu tiên về các đặc tính của nhiên liệu rắn c.

Ngoài ra, khi sản xuất nhiên liệu rắn c, nhiệt độ gia nhiệt ở bước gia nhiệt tốt hơn là từ 200 đến 350°C, tốt hơn nữa là từ 220 đến 300°C, và còn tốt hơn nữa là từ 230 đến 290°C.

Gỗ bạch đàn: Nhiên liệu rắn d

Theo một khía cạnh của sáng chế, nếu nguyên liệu thô là gỗ bạch đàn, các đặc tính của nhiên liệu sinh khối dạng rắn (sau đây, có thể được gọi là nhiên liệu rắn d) là như dưới đây.

COD của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 900ppm, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 800ppm, còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 650ppm, và tỷ lệ COD của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,95, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,84, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,68.

Hàm lượng ẩm cân bằng sau khi nhúng trong nước của nó (tương ứng với hàm lượng ẩm của chất rắn trong phân Ví dụ thực hiện sáng chế) tốt hơn là từ 13% trọng lượng đến 25% trọng lượng, tốt hơn nữa là từ 15% trọng lượng đến 24% trọng lượng, và còn tốt hơn nữa là từ 15% trọng lượng đến 23% trọng lượng.

Diện tích bề mặt riêng BET của nó tốt hơn là từ $0,135\text{m}^2/\text{g}$ đến $0,210\text{m}^2/\text{g}$, tốt hơn nữa là từ $0,140\text{m}^2/\text{g}$ đến $0,210\text{m}^2/\text{g}$, và còn tốt hơn nữa là từ $0,150\text{m}^2/\text{g}$ đến $0,195\text{m}^2/\text{g}$.

HGI của nó tốt hơn là từ 25 đến 50, tốt hơn nữa là từ 27 đến 45, và còn tốt hơn nữa là từ 30 đến 40. Tỷ lệ HGI (được mô tả dưới đây) tốt hơn là từ 1,1 đến 4,0, tốt hơn nữa là từ 1,4 đến 2,3, và còn tốt hơn nữa là từ 1,5 đến 2,0.

Tỷ lệ nhiên liệu của nó tốt hơn là từ 0,18 đến 0,60, tốt hơn nữa là từ 0,19 đến 0,50, và còn tốt hơn nữa là từ 0,23 đến 0,44.

Năng suất tỏa nhiệt cao hơn theo trọng lượng khô của nó tốt hơn là từ 4690 đến 6000kcal/kg, tốt hơn nữa là từ 4900 đến 5700kcal/kg, và còn tốt hơn nữa là từ 5000 đến 5600kcal/kg.

Tỷ lệ mol của oxy O đối với cacbon C (O/C) của nó tốt hơn là từ 0,35 đến 0,65, tốt hơn nữa là từ 0,40 đến 0,63, và còn tốt hơn nữa là từ 0,45 đến 0,59. Tỷ lệ mol của hydro H đối với cacbon C (H/C) của nó tốt hơn là từ 1,00 đến 1,24, tốt hơn nữa là từ 1,05 đến 1,24, và còn tốt hơn nữa là từ 1,05 đến 1,169.

Hệ số giãn nở đường kính của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 8,0%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 7,0%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 6,0%.

Hệ số giãn nở chiều dài của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 6,0%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 5,5%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 4,5%.

Hệ số giãn nở thể tích của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 127%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 121%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 117%.

Phần mô tả nêu trên là phạm vi được ưu tiên về các đặc tính của nhiên liệu rắn d.

Ngoài ra, khi sản xuất nhiên liệu rắn d, nhiệt độ gia nhiệt ở bước gia nhiệt tốt hơn là từ 200 đến 350°C, tốt hơn nữa là từ 220 đến 300°C, và còn tốt hơn nữa là từ 231 đến 265°C.

Gỗ tếch: Nhiên liệu rắn e

Theo một khía cạnh của sáng chế, nếu nguyên liệu thô là gỗ tếch, các đặc tính của nhiên liệu sinh khối dạng rắn (sau đây, có thể được gọi là nhiên liệu rắn e) là như dưới đây.

COD của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 1500ppm, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 1200ppm, còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 1000ppm, và tỷ lệ COD của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,75, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,60, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,50.

Hàm lượng ẩm cân bằng sau khi nhúng trong nước của nó (tương ứng với hàm lượng ẩm của chất rắn trong phần Ví dụ thực hiện sáng chế) tốt hơn là từ 15% trọng lượng đến 30% trọng lượng, tốt hơn nữa là từ 17% trọng lượng đến 29% trọng lượng, và còn tốt hơn nữa là từ 17% trọng lượng đến 28% trọng lượng.

Diện tích bề mặt riêng BET của nó tốt hơn là từ 0,355m²/g đến 0,550m²/g, tốt hơn nữa là từ 0,425m²/g đến 0,530m²/g, và còn tốt hơn nữa là từ 0,430m²/g đến 0,490m²/g.

HGI của nó tốt hơn là từ 21 đến 45, tốt hơn nữa là từ 22 đến 40, và còn tốt hơn nữa là từ 25 đến 38. Tỷ lệ HGI (được mô tả dưới đây) tốt hơn là từ 1,1 đến 4,0, tốt hơn nữa là từ 1,1 đến 2,0, và còn tốt hơn nữa là từ 1,3 đến 1,9.

Tỷ lệ nhiên liệu của nó tốt hơn là từ 0,23 đến 0,60, tốt hơn nữa là từ 0,27 đến 0,55, và còn tốt hơn nữa là từ 0,27 đến 0,49.

Năng suất tỏa nhiệt cao hơn theo trọng lượng khô của nó tốt hơn là từ 4600 đến 6000kcal/kg, tốt hơn nữa là từ 4780 đến 5500kcal/kg, và còn tốt hơn nữa là từ 4800 đến 5350kcal/kg.

Tỷ lệ mol của oxy O đối với cacbon C (O/C) của nó tốt hơn là từ 0,40 đến 0,65, tốt hơn nữa là từ 0,40 đến 0,58, và còn tốt hơn nữa là từ 0,45 đến 0,58. Tỷ lệ mol của hydro H đối với cacbon C (H/C) của nó tốt hơn là từ 1,0 đến 1,3, tốt hơn nữa là từ 1,05 đến 1,26, và còn tốt hơn nữa là từ 1,10 đến 1,25.

Hệ số giãn nở đường kính của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 15,0%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 12,0%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 11,0%.

Hệ số giãn nở chiều dài của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 6,0%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 4,5%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 4,0%.

Hệ số giãn nở thể tích của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 140%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 131%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 128%.

Phần mô tả nêu trên là phạm vi được ưu tiên về các đặc tính của nhiên liệu rắn e.

Ngoài ra, khi sản xuất nhiên liệu rắn e, nhiệt độ gia nhiệt ở bước gia nhiệt tốt hơn là từ 200 đến 350°C, tốt hơn nữa là từ 230 đến 300°C, và còn tốt hơn nữa là từ 235 đến 269°C.

Hỗn hợp gồm gỗ thông rụng lá, gỗ cây vân sam và gỗ bu lô: Nhiên liệu rắn f

Theo một khía cạnh của sáng chế, nếu nguyên liệu thô là hỗn hợp gồm gỗ thông rụng lá, gỗ cây vân sam và gỗ bu lô, các đặc tính của nhiên liệu sinh khối dạng rắn (sau đây, có thể được gọi là nhiên liệu rắn f) là như dưới đây. Mặc dù tỷ lệ hỗn hợp gồm gỗ thông rụng lá, gỗ cây vân sam và gỗ bu lô không bị giới hạn cụ thể, chúng có thể được trộn ở tỷ lệ trọng lượng của gỗ thông rụng lá:gỗ cây vân sam:gỗ bu lô = 30 đến 70: 25 đến 65: 0 đến 25.

COD của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 1200ppm, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 1000ppm, còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 850ppm,

và tỷ lệ COD của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,33, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,28, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,24.

Hàm lượng ẩm cân bằng sau khi nhúng trong nước của nó tốt hơn là từ 15% trọng lượng đến 30% trọng lượng, tốt hơn nữa là từ 15% trọng lượng đến 28% trọng lượng, và còn tốt hơn nữa là từ 15% trọng lượng đến 27% trọng lượng.

Diện tích bề mặt riêng BET của nó tốt hơn là từ $0,150\text{m}^2/\text{g}$ đến $0,250\text{m}^2/\text{g}$, tốt hơn nữa là từ $0,160\text{m}^2/\text{g}$ đến $0,250\text{m}^2/\text{g}$, và còn tốt hơn nữa là từ $0,170\text{m}^2/\text{g}$ đến $0,250\text{m}^2/\text{g}$.

HGI của nó tốt hơn là từ 18 đến 45, tốt hơn nữa là từ 21 đến 40, và còn tốt hơn nữa là từ 22 đến 35. Tỷ lệ HGI (được mô tả dưới đây) tốt hơn là từ 1,1 đến 4,0, tốt hơn nữa là từ 1,2 đến 2,4, và còn tốt hơn nữa là từ 1,2 đến 2,2.

Tỷ lệ nhiên liệu của nó tốt hơn là từ 0,165 đến 0,35, tốt hơn nữa là từ 0,17 đến 0,35, và còn tốt hơn nữa là từ 0,18 đến 0,30.

Năng suất tỏa nhiệt cao hơn theo trọng lượng khô của nó tốt hơn là từ 4800 đến 6000kcal/kg, tốt hơn nữa là từ 4900 đến 5700kcal/kg, và còn tốt hơn nữa là từ 5000 đến 5500kcal/kg.

Tỷ lệ mol của oxy O đối với cacbon C (O/C) của nó tốt hơn là từ 0,45 đến 0,64, tốt hơn nữa là từ 0,47 đến 0,62, và còn tốt hơn nữa là từ 0,50 đến 0,61. Tỷ lệ mol của hydro H đối với cacbon C (H/C) của nó tốt hơn là từ 1,0 đến 1,3, tốt hơn nữa là từ 1,1 đến 1,3, và còn tốt hơn nữa là từ 1,10 đến 1,29.

Hệ số giãn nở đường kính của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 15,0%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 13,0%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 10,0%.

Hệ số giãn nở chiều dài của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 7,0%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 6,0%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 4,5%.

Hệ số giãn nở thể tích của nó tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 142%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 135%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 126%.

Phần mô tả nêu trên là phạm vi được ưu tiên về các đặc tính của nhiên liệu rắn f.

Ngoài ra, khi sản xuất nhiên liệu rắn f, nhiệt độ gia nhiệt ở bước gia nhiệt tốt hơn là từ 200 đến 350°C, tốt hơn nữa là từ 230 đến 310°C, và còn tốt hơn nữa là từ 240 đến 300°C.

Các tác giả sáng chế của sáng chế cho rằng, ở phương pháp sản xuất nhiên liệu sinh khối dạng rắn, vì phương pháp này có trình tự các bước sao cho bước gia nhiệt để gia nhiệt các khối sinh khối chưa được gia nhiệt được tiến hành sau bước đúc, sự liên kết hoặc kết dính lẫn nhau giữa các hạt sinh khối đã nghiền được duy trì bằng cách sử dụng các thành phần có nguồn gốc từ nguyên liệu thô của sinh khối mà không cần sử dụng chất gắn kết, điều này cho phép sản xuất các nhiên liệu sinh khối dạng rắn có khả năng chống nước cao mà không tan rã do nhúng trong nước. Theo phân tích của các tác giả sáng chế, thu được các phát hiện dưới đây về cơ chế các nhiên liệu sinh khối dạng rắn có được khả năng chống nước.

Các tác giả sáng chế đã tiến hành phân tích FT-IR, phân tích GC-MS, và quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM: Scanning Electron Microscope) đối với ba loại nhiên liệu sinh khối dạng rắn được sản xuất bằng các phương pháp sản xuất khác nhau, cụ thể là nhiên liệu rắn không được gia nhiệt thu được bằng cách đúc các hạt sinh khối đã nghiền (viên màu trắng (White Pellet): có thể được gọi là “WP”), và nhiên liệu rắn thu được bằng cách gia nhiệt sau khi đúc các hạt sinh khối đã nghiền (tạo viên trước khi sấy (Pelletizing Before Torrefaction); có thể được gọi là “PBT”), và đã phân tích cơ chế chống nước của các nhiên liệu sinh khối dạng rắn này. Ở đây, các chất kết dính không được sử dụng ở cả WP lẫn PBT. Các hình vẽ từ Fig.5 đến 8 thể hiện các ví dụ về các kết quả phân tích FT-IR của các nhiên liệu sinh khối dạng rắn, và Fig.9 thể hiện kết quả phân tích GC-MS dung dịch chiết axeton của nhiên liệu sinh khối dạng rắn (để biết chi tiết, xem phần Ví dụ thực hiện sáng chế).

Trước tiên, các chất chiết axeton của các nhiên liệu rắn tương ứng được phân tích bằng FT-IR. Ở PBT thu được từ bước gia nhiệt, hàm lượng của nhóm COOH ưa nước là nhỏ, nhưng hàm lượng của liên kết C=C là lớn so với WP chưa được gia nhiệt. Điều này nói lên là cấu trúc hóa học của các

thành phần tạo nên sinh khối đã thay đổi và trở thành kỵ nước nhờ bước gia nhiệt.

Ngoài ra, các thành phần chiết axeton của các nhiên liệu rắn tương ứng được phân tích bằng phép phân tích GC-MS. Các terpen như axit abietic và các dẫn xuất của nó (sau đây, có thể được gọi là “axit abietic và chất tương tự”) được cho là bị phân hủy bởi nhiệt khi gia nhiệt, và điều này có liên quan đến khả năng chống nước của nhiên liệu sinh khối dạng rắn. Axit abietic và chất tương tự là các thành phần chính của các colophan có trong gỗ thông và gỗ tương tự.

Fig.4 là biểu đồ minh họa cơ chế (phỏng đoán) tạo ra liên kết ngang rắn ở PBT. Trong trường hợp của PBT, ở bước gia nhiệt sau bước đúc, dung dịch nóng chảy của axit abietic rửa giải trong khoảng trống giữa sinh khối (khoảng trống giữa các hạt sinh khối đã nghiền cạnh nhau mà đã kết lại thành phổi bằng cách đúc sau khi nghiền; ở đây sinh khối cũng có thể được gọi là “sinh khối đã nghiền”) cùng với sự tăng nhiệt độ, sự bay hơi và phân hủy do nhiệt của axit abietic xảy ra để tạo ra các chất kỵ nước, được cố định trong khoảng trống giữa các hạt sinh khối đã nghiền để tạo ra liên kết ngang (liên kết ngang rắn). Do đó, khi không bổ sung chất gắn kết, sự liên kết hoặc kết dính lẫn nhau giữa các hạt sinh khối đã nghiền được duy trì bởi axit abietic và chất tương tự tạo ra từ nguyên liệu thô của sinh khối. Do đó, phỏng đoán rằng do các hạt sinh khối đã nghiền được kết nối hoặc liên kết với nhau để ngăn cản sự thâm nhập của nước, khả năng chống nước được cải thiện.

Mặt khác, trong trường hợp của WP chưa được gia nhiệt và chỉ thu được bằng cách đúc các hạt sinh khối đã nghiền, không giống như PBT ở trên, không có liên kết ngang rắn của sinh khối đã nghiền ở giữa các hạt bột. Do có nhiều nhóm COOH ưa nước và nhóm tương tự trên bề mặt của các hạt sinh khối thô đã nghiền tạo nên WP, nước dễ dàng thâm nhập. Nước thâm nhập làm cho khoảng trống giữa các hạt sinh khối đã nghiền rộng ra, và do đó, các viên đã đúc và viên tương tự tan rã một cách dễ dàng.

Hơn nữa, trong trường hợp của các nhiên liệu rắn được đúc sau khi gia nhiệt các hạt sinh khối đã nghiền (tạo viên sau khi sấy; dưới đây có thể được gọi là PAT (Pelletizing After Torrefaction)), chính các hạt sinh khối đã

nghiên riêng biệt trở nên kỵ nước trên bề mặt do rửa giải axit abietic, v.v.. Tuy nhiên, do việc nghiền và đúc được tiến hành sau khi chúng trở nên kỵ nước bằng cách gia nhiệt, không giống như PBT ở trên, sự hình thành liên kết ngang giữa các hạt sinh khối đã nghiền không được mong đợi. Do đó, trong trường hợp của PAT trong đó bước gia nhiệt được tiến hành trước bước đúc, nước dễ dàng thâm nhập vào trong khoảng trống giữa các hạt sinh khối đã nghiền đã kết lại thành khối, và do đó nó có khả năng chống nước kém so với PBT.

Điểm nóng chảy của axit abietic hoặc các dẫn xuất của nó bằng khoảng 139 đến 142°C, và điểm sôi bằng khoảng 250°C. Do đó, axit abietic và chất tương tự nóng chảy bằng cách gia nhiệt ở nhiệt độ gần điểm nóng chảy để tạo ra liên kết ngang lỏng, và axit abietic và chất tương tự phân hủy do nhiệt ở nhiệt độ gần điểm sôi để tạo ra liên kết ngang rắn.

Lưu ý là các terpen, bao gồm axit abietic, có trong sinh khối nói chung (xem, Hokkaido Forest Products Research Institute monthly report 171, April 1966, Public Interest Incorporated Association Japan Wood Protection Association, “Wood Preservation” Vol.34-2 (2008), v.v..). Mặc dù có một chút khác biệt về hàm lượng tùy theo loại sinh khối (xem, “use of essential oil”, Ohira Tatsuro, Japan Wood Society the 6th Research Subcommittee Report p72, Table 1, Japan Wood Society 1999, v.v..), tất cả các ví dụ trong phần Ví dụ thực hiện sáng chế được mô tả dưới đây cho thấy khả năng chống nước sinh ra bằng cách gia nhiệt ở nhiệt độ cao hơn hoặc bằng 230°C (sự tan rã không xảy ra ngay cả sau khi nhúng trong nước, xem bảng 2), và do đó cho rằng việc gia nhiệt sinh khối nói chung ở nhiệt độ ít nhất cao hơn hoặc bằng 230°C đến cao hơn hoặc bằng 250°C tạo ra khả năng chống nước.

Ngoài ra, trong trường hợp của PBT, độ bền của nhiên liệu rắn được cải thiện do tạo ra liên kết ngang rắn, và do đó cho rằng thu được khả năng nghiền tốt (HGI, khả năng nghiền bằng máy nghiền bi) và khả năng xử lý tốt (các thử nghiệm về độ bền cơ học và sự tan rã) khi không bổ sung chất gắn kết, bằng cách gia nhiệt ở nhiệt độ ít nhất cao hơn hoặc bằng 230°C đến cao hơn hoặc bằng 250°C tương tự với khả năng chống nước. Như đã nêu trên, giảm được COD khi PBT được sử dụng. Điều này được cho là do thành

phần hắc ín của nguyên liệu thô của sinh khối bay hơi bằng cách gia nhiệt, và đồng thời axit abietic và chất tương tự đã hóa rắn bao phủ bề mặt của nhiên liệu rắn PBT, điều này làm tăng thêm tính kỵ nước của bề mặt của nhiên liệu rắn để ngăn chặn sự rửa giải thành phần hắc ín còn lại trong nguyên liệu thô của sinh khối.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Dưới đây, sáng chế sẽ được mô tả cụ thể bằng cách tham khảo các ví dụ, nhưng sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này.

Trong ví dụ a đến ví dụ f dưới đây, các nhiên liệu sinh khối dạng rắn được tạo ra tương ứng bằng các phương pháp sản xuất dưới đây. Các đặc tính và tương tự của các nhiên liệu rắn này được thể hiện trong bảng 1 đến bảng 4.

Ví dụ a: Cây cao su

Trong các ví dụ từ a1 đến a4 và ví dụ so sánh a, nhiên liệu sinh khối dạng rắn được tạo ra bằng cách sử dụng cây cao su làm nguyên liệu thô của sinh khối như được mô tả dưới đây.

Ví dụ a1 đến ví dụ a4

Nhiên liệu sinh khối dạng rắn a (PBT) thu được từ bước đúc sinh khối đã nghiền sau khi đập vụn và đúc các hạt sinh khối đã nghiền, và bước gia nhiệt tiếp theo. Chất gắn kết không được sử dụng ở bất kỳ bước nào. Trong quá trình đúc được thực hiện trong mỗi ví dụ, nguyên liệu thô được đúc thành dạng viên có đường kính bằng 8mm. Trong bước gia nhiệt được thực hiện trong mỗi ví dụ, 4kg nguyên liệu thô (sinh khối đã đúc) được nạp từng mẻ vào lò điện có đường kính 600mm và gia nhiệt đến các nhiệt độ mong muốn (nhiệt độ gia nhiệt trong bảng 1) trong các ví dụ tương ứng với tốc độ gia nhiệt bằng 2°C/phút. Dưới đây, nhiệt độ mong muốn và nhiệt độ gia nhiệt có cùng nghĩa. Trong các ví dụ từ a1 đến a4, nhiệt độ không được duy trì ở nhiệt độ mong muốn (nhiệt độ gia nhiệt) (điều kiện này cũng được áp dụng cho các ví dụ từ b đến f dưới đây). Bảng 1 và bảng 2 thể hiện nhiệt độ gia nhiệt của bước gia nhiệt trong các ví dụ từ a1 đến a4 và các đặc tính của nhiên liệu sinh khối dạng rắn a tạo ra thu được sau bước gia nhiệt.

Ví dụ so sánh a

Ví dụ so sánh a là nhiên liệu sinh khối dạng rắn không được gia nhiệt (WP) chỉ thu được bằng cách đúc sau khi đập vụn và nghiền, và không qua bước gia nhiệt. Chất gắn kết cũng không được sử dụng trong ví dụ so sánh a. Bảng 1 và bảng 2 còn thể hiện các đặc tính của nhiên liệu rắn tạo ra của ví dụ so sánh a. Trong nhiên liệu sinh khối dạng rắn chưa được gia nhiệt (WP) của ví dụ so sánh a, sau khi nhúng trong nước trong 168 giờ, các viên tan rã và do đó không thể đo được mỗi đặc tính.

Phương pháp phân tích được tiến hành đối với mỗi nhiên liệu sinh khối dạng rắn được mô tả dưới đây.

Trước khi nhúng trong nước

Sản lượng

Trong các bảng 1 và 3, sản lượng rắn là tỷ lệ trọng lượng trước và sau khi gia nhiệt ($100 \times \text{trọng lượng khô sau khi gia nhiệt} / \text{trọng lượng khô trước khi gia nhiệt} (\%)$), và hiệu suất nhiệt là tỷ lệ của năng suất tỏa nhiệt trước và sau khi gia nhiệt (năng suất tỏa nhiệt cao hơn sau khi gia nhiệt (theo trọng lượng khô) $\times$ sản lượng rắn/năng suất tỏa nhiệt cao hơn trước khi gia nhiệt (theo trọng lượng khô)). Như đã nêu trên, nhiệt độ không được duy trì ở nhiệt độ mong muốn (nhiệt độ gia nhiệt) trong mỗi ví dụ.

Hơn nữa, trong các bảng 1 và 3, năng suất tỏa nhiệt cao hơn (theo trọng lượng khô), tỷ lệ nhiên liệu được tính dựa trên các trị số phân tích gần đúng (trên cơ sở làm khô trong không khí), và các kết quả của các trị số phân tích cuối cùng (theo trọng lượng khô) và các tỷ số mol của oxy O, cacbon C và hydro H thu được dựa trên phân tích cuối cùng. HGI được dựa trên tiêu chuẩn JIS M 8801 như được mô tả ở trên, và các trị số lớn hơn cho thấy khả năng nghiền tốt hơn. Tỷ lệ HGI được tính bằng công thức $100 \times \text{HGI sau khi gia nhiệt} / \text{HGI trước khi gia nhiệt} (\%)$. Trong bảng 1, “HHV” (Higher Heating Value) là năng suất tỏa nhiệt cao hơn (theo trọng lượng khô), “FC” (Fixed Carbon) là cacbon cố định (trên cơ sở làm khô trong không khí), “VM” (Volatile Matter) là chất dễ bay hơi (trên cơ sở làm khô trong không khí), tỷ lệ nhiên liệu là trị số được tính bằng công thức “FC/VM”.

Khả năng nghiền bằng máy nghiền bi

Thời gian nghiền của mỗi nhiên liệu sinh khối dạng rắn là 20 phút, và tỷ lệ trọng lượng của mẫu đã nghiền đi qua rây có cỡ lỗ 150 μ m sau 20 phút được xác định là điểm nghiền. Ở đây, phép đo được tiến hành bằng cách sử dụng máy nghiền bi theo tiêu chuẩn JIS M4002, trong đó các ổ bi loại thông thường như được xác định theo tiêu chuẩn JIS B1501 (Φ 36,5mm $\times$ 43 bi, Φ 30,2mm $\times$ 67 bi, Φ 24,4mm $\times$ 10 bi, Φ 19,1mm $\times$ 71 bi và Φ 15,9mm $\times$ 94 bi) được cho vào trong vật chứa hình trụ có đường kính trong 305mm $\times$ chiều dài trục 305mm, và vật chứa này được quay ở tốc độ bằng 70 vòng/phút. Các trị số cao hơn cho thấy khả năng nghiền được cải thiện.

Kích thước trước khi nhúng trong nước (đường kính và chiều dài)

Chiều dài viên (L1) và đường kính viên (ϕ 1) của mỗi nhiên liệu rắn trước khi nhúng trong nước được đo. Đối với chiều dài viên, mười viên trước khi nhúng được chọn ngẫu nhiên đối với mỗi nhiên liệu rắn, và chiều dài của chúng được đo bằng thước cặp điện tử (được sản xuất bởi Mitutoyo: CD-15CX, độ chính xác lặp lại bằng 0,01mm và số thập phân thứ hai được làm tròn). Trong trường hợp phần đầu của viên bị vát chéo, chiều dài tới phần đầu xa nhất được đo. Đường kính viên cũng được đo bằng cách sử dụng cùng một thước cặp điện tử như vậy. Các giá trị đo được của chiều dài viên và đường kính viên là các trị số trung bình của 10 viên.

Độ bền rắn trước và sau khi nhúng trong nước (Độ bền cơ học)

Đối với mỗi nhiên liệu rắn, độ bền cơ học DU được xác định dựa vào biểu thức dưới đây theo tiêu chuẩn của ngành công nghiệp Mỹ ASAE S 269.4 và tiêu chuẩn công nghiệp Đức DIN EN 15210-1. Trong biểu thức này, m_0 là trọng lượng mẫu trước khi quay, m_1 là trọng lượng mẫu còn lại trên rây sau khi quay, trong đó rây được sử dụng là rây đĩa có các lỗ rây hình tròn với đường kính 3,15mm.

$$DU = (m_1/m_0) \times 100$$

Mật độ khối

Đối với mỗi nhiên liệu rắn, theo tiêu chuẩn quốc gia Anh BS EN15103: 2009, mật độ khối BD (Bulk Density) được tính bằng công thức dưới đây:

$$BD = (m_2 - m_1)/V.$$

Đối với phép đo này, vật chứa có đường kính trong 167mm × chiều cao 228mm được sử dụng. Trong công thức này, m_1 là chiều cao của vật chứa, m_2 trọng lượng tổng cộng của trọng lượng vật chứa và trọng lượng mẫu, và V là thể tích của vật chứa.

Phân bố kích thước lỗ

Diện tích bề mặt riêng BET

Diện tích bề mặt riêng BET được xác định bằng cách sử dụng thiết bị đo diện tích bề mặt riêng/phân bố kích thước lỗ tự động (Nippon Bell Co., Ltd. BELSORP-min II) đối với mỗi nhiên liệu rắn đã được cắt thành kích thước bằng 2 đến 6mm, cho vào trong vật chứa, và khử khí trong chân không trong 2 giờ ở 100°C dưới dạng xử lý sơ bộ. Khí nitơ được sử dụng làm khí hấp phụ. Các bảng 2 và 4 và Fig.1 thể hiện mối liên hệ giữa nhiệt độ và diện tích bề mặt riêng BET của mỗi nhiên liệu rắn.

Đường kính lỗ trung bình, tổng thể tích lỗ

Đường kính lỗ trung bình và tổng thể tích lỗ được đo bằng cách sử dụng cùng một thiết bị được sử dụng đối với diện tích bề mặt riêng BET. Thuật ngữ “lỗ” được sử dụng ở đây nghĩa là lỗ có đường kính bằng 2nm đến 100nm. Bảng 2 thể hiện đường kính lỗ trung bình ở bề mặt của mỗi nhiên liệu rắn và bảng 3 thể hiện tổng thể tích lỗ của mỗi nhiên liệu rắn.

Sau khi nhúng trong nước

Hơn nữa, các bảng 2 và 4 thể hiện COD trong nước để nhúng khi các nhiên liệu sinh khối dạng rắn được nhúng vào trong nước. Các bảng 2 và 4 còn thể hiện đường kính, chiều dài, độ pH, hàm lượng ẩm của chất rắn, và độ bền cơ học sau khi các nhiên liệu sinh khối dạng rắn được nhúng trong nước trong 168 giờ. Các phương pháp đo đối với mỗi đặc tính là như sau.

COD

COD (nhu cầu oxy hóa học) trong nước để nhúng được xác định khi mỗi nhiên liệu sinh khối dạng rắn được nhúng trong nước. Mẫu nước để nhúng để xác định COD được chuẩn bị theo Thông báo của cơ quan môi trường Nhật Bản số 13 “(A) a method for detecting a metal or the like contained in an industrial waste”, 1973, và COD được phân tích theo tiêu chuẩn JIS K0102(2010)-17.

Kích thước sau khi nhúng trong nước (đường kính và chiều dài)

Chiều dài viên (L2) và đường kính viên ($\phi 2$) của mỗi nhiên liệu rắn sau khi nhúng trong nước được đo. Đối với chiều dài viên, mười viên trước khi nhúng được chọn ngẫu nhiên đối với mỗi nhiên liệu rắn, và chiều dài của chúng được đo bằng thước cặp điện tử (được sản xuất bởi Mitutoyo: CD-15CX, độ chính xác lặp lại bằng 0,01mm và số thập phân thứ hai được làm tròn). Trong trường hợp phần đầu của viên bị vát chéo, chiều dài tới phần đầu xa nhất được đo. Đường kính viên cũng được đo bằng cách sử dụng cùng một thước cặp điện tử như vậy. Các giá trị đo được của chiều dài viên và đường kính viên là các trị số trung bình của 10 viên.

Hệ số giãn nở trước và sau khi nhúng trong nước

Chiều dài viên và đường kính viên trước và sau khi nhúng trong nước của mỗi nhiên liệu rắn được đo như được mô tả ở trên và hệ số giãn nở được tính. Khi chiều dài trung bình của mười viên trước khi nhúng trong nước là L1 (mm) và chiều dài trung bình của chính mười viên này sau khi nhúng trong nước trong 168 giờ là L2 (mm), hệ số giãn nở chiều dài được tính bằng công thức sau đây:

$$\text{Hệ số giãn nở chiều dài (\%)} = \{(L2-L1)/L1\} \times 100.$$

Khi đường kính trung bình của mười viên trước khi nhúng trong nước là $\phi 1$ (mm) và đường kính trung bình của chính mười viên này sau khi nhúng trong nước trong 168 giờ là $\phi 2$ (mm), hệ số giãn nở đường kính được tính bằng công thức sau đây:

$$\text{Hệ số giãn nở đường kính (\%)} = \{(\phi 2 - \phi 1) / \phi 1\} \times 100.$$

Khi hệ số giãn nở chiều dài (%) là ΔL và hệ số giãn nở đường kính (%) là $\Delta \phi$, hệ số giãn nở thể tích được tính bằng công thức sau đây:

$$\text{Hệ số giãn nở thể tích (\%)} = (1 + \Delta \phi / 100)^2 \times (1 + \Delta L / 100) \times 100.$$

Độ pH

Mỗi nhiên liệu rắn được nhúng trong nước ở tỷ lệ rắn-lỏng bằng 1:3, và trị số pH được đo.

Hàm lượng ẩm của chất rắn sau khi nhúng trong nước

Nhiên liệu rắn của mỗi ví dụ được nhúng trong nước, lấy ra sau 168 giờ, và ẩm trên bề mặt chất rắn được lau bằng vải thừa để đo hàm lượng ẩm của chất rắn. Hàm lượng ẩm được tính bằng công thức:

$$100 \times (\text{trọng lượng của chất rắn sau khi nhúng trong nước} - \text{trọng lượng khô của chất rắn sau khi nhúng trong nước}) / \text{trọng lượng của chất rắn sau khi nhúng trong nước}.$$

Độ bền cơ học sau khi nhúng trong nước

Độ bền cơ học của mỗi viên của ví dụ sau khi nhúng trong nước trong 168 giờ được đo bằng cùng một phương pháp như trước khi nhúng trong nước.

Các bảng 1 và 2 thể hiện các kết quả của các ví dụ a1 đến a4 và ví dụ so sánh a bằng phương pháp đo nêu trên. Trong các ví dụ từ a1 đến a4, các đặc tính được biến đổi bằng cách gia nhiệt trong các ví dụ từ a1 đến a4, và trị số HGI (dựa vào tiêu chuẩn JIS M 8801) là cao hơn trị số này của các ví dụ so sánh a (WP: nhiên liệu sinh khối dạng rắn chưa được gia nhiệt sau khi đúc). Trị số HGI đối với than (than bitum) bằng khoảng 50, và các đặc tính nghiền của các ví dụ a1 đến a4 gần bằng than và tốt hơn ví dụ so sánh a.

Đối với độ bền cơ học (DU), trong các ví dụ từ a1 đến a4 (PBT) các mẫu được trải qua bước gia nhiệt, độ bền gần như không giảm, và sự nghiền khó xảy ra ngay cả so với ví dụ so sánh a trước khi nhúng nước (WP), và vì vậy điều đó cho thấy rằng khả năng xử lý được duy trì. Không thể đo được độ bền cơ học của nhiên liệu rắn của ví dụ so sánh a vì nó bị tan rã do nhúng trong nước.

Bảng 1 và Fig.1 cho thấy rằng diện tích bề mặt riêng BET gia tăng cùng với sự tăng nhiệt độ gia nhiệt và các lỗ phát triển cùng với sự gia nhiệt (phân hủy do nhiệt). Ngoài ra, đường kính lỗ trung bình trở nên nhỏ hơn cùng với sự gia tăng nhiệt độ gia nhiệt như trong ví dụ a1 và các ví dụ tiếp theo, cho thấy rằng một số lượng lớn các lỗ nhỏ hơn được tạo ra. Điều này được cho là do sự phân hủy xenluloza.

COD của ví dụ so sánh a (WP: nhiên liệu sinh khối dạng rắn thu được chỉ bằng cách đúc mà không trải qua bước gia nhiệt) là cao, nghĩa là xấp xỉ 1100ppm. Ngược lại, các trị số COD của các nhiên liệu sinh khối dạng rắn

đã được gia nhiệt ở nhiệt độ cao hơn hoặc bằng 250°C là nhỏ hơn hoặc bằng 1000ppm, cho thấy rằng sự rửa giải thành phần hắc ín là thấp. Do đó, thấy được rằng các nhiên liệu sinh khối dạng rắn của các ví dụ a2 đến a4 là nhiên liệu có đặc tính xử lý tuyệt vời do sự rửa giải thành phần hắc ín là thấp ngay cả trong quá trình bảo quản ngoài trời. Các trị số COD của các nhiên liệu sinh khối dạng rắn của các ví dụ a1 (230°C) bằng 2200ppm. Điều này có thể là do thành phần hắc ín trong nguyên liệu thô còn lại mà không bị bay hơi do nhiệt độ cacbon hóa tương đối thấp, và thành phần hắc ín dễ dàng được rửa giải do sự phân hủy xenluloza (thành tế bào và tương tự) bằng cách cacbon hóa. Điều này được chỉ ra bởi thực tế là chất dễ bay hơi và sản lượng nhiệt trong ví dụ a1 là cao hơn đáng kể so với trong ví dụ a2, và do đó nó là nhiên liệu tuyệt vời xét về tính dễ cháy và năng suất tỏa nhiệt.

Mặc dù quan sát được các giá trị hơi thấp đối với ví dụ a1 và Ví dụ a2, trị số pH xấp xỉ khoảng 6 trong tất cả các ví dụ a1 đến a4, cho thấy rằng không có vấn đề gì đặc biệt xảy ra liên quan đến các trị số pH của nước thải khi các ví dụ a1 đến a4 được bảo quản ngoài trời.

Từ các kết quả về khả năng nghiền bằng máy nghiền bi của các ví dụ a1 đến a4 và ví dụ so sánh a, xác nhận rằng điểm nghiền tăng khi nhiệt độ gia nhiệt tăng.

Nhiên liệu rắn của ví dụ so sánh a (WP) bị tan rã do nhúng trong nước, và không thể đo được hàm lượng ẩm của chất rắn. Ngược lại, có thể cho rằng việc nhận được các kết quả của ví dụ a1 đến ví dụ a4 (PBT) là do sự rửa giải và hóa rắn của các thành phần hữu cơ như hắc ín kết hợp với gia nhiệt làm cho bề mặt của nhiên liệu sinh khối dạng rắn trở nên kỵ nước, cho thấy rằng các ví dụ a1 đến a4 (PBT) có các đặc tính có lợi làm nhiên liệu rắn thường được bảo quản ngoài trời. Do mỗi nhiên liệu rắn a1 đến a4 ở dạng viên đã kết lại thành khối chủ yếu theo hướng xuyên tâm và do đó sự giãn nở theo hướng xuyên tâm trở nên lớn (cũng giống như ví dụ b và ví dụ c). Thấy được rằng các hệ số giãn nở trong các ví dụ a2 đến a4 là đặc biệt thấp.

Từ các kết quả của các ví dụ a1 đến a4 và ví dụ so sánh a, bằng cách tiến hành bước gia nhiệt sau bước đúc có thể thu được nhiên liệu sinh khối dạng rắn (PBT) với chi phí thấp, trong đó làm giảm được COD, cải thiện

khả năng nghiền, giảm sự hấp thụ nước, cải thiện độ bền rắn và cải thiện sản lượng.

Ví dụ b: Cây keo

Ở các ví dụ b1 đến b4 (PBT), theo cách tương tự như các ví dụ a1 đến a4, ngoại trừ việc sử dụng cây keo làm nguyên liệu thô của sinh khối, nguyên liệu thô của sinh khối được gia nhiệt đến các nhiệt độ mong muốn (các nhiệt độ gia nhiệt được mô tả trong bảng 1). Các đặc tính của nhiên liệu sinh khối dạng rắn b tạo ra (các ví dụ b1 đến b4) thu được sau bước gia nhiệt được đo theo cách tương tự như ví dụ a nêu trên. Các bảng 1 và 2 thể hiện các kết quả. Trong ví dụ so sánh b (WP), các đặc tính của nó được đo bằng cách sử dụng cùng các nguyên liệu thô như trong các ví dụ b1 đến b4 ngoại trừ bước gia nhiệt không được tiến hành. Chất gắn kết không được sử dụng trong các ví dụ b1 đến b4 và ví dụ so sánh b, như trong ví dụ a. Do các hàm lượng ẩm sau khi nhúng trong nước là các hàm lượng ẩm sau khi nhúng trong 168 giờ, hàm lượng ẩm trong nhiên liệu rắn b được cho là gần như đạt được trạng thái cân bằng.

Ví dụ so sánh b tan rã ngay sau khi nhúng trong nước. Ngược lại, trong các ví dụ b1 đến b4, sự liên kết hoặc kết dính giữa các hạt sinh khối đã nghiền được duy trì ngay cả sau khi nhúng trong nước (168 giờ), và chúng không tan rã. Vì vậy, do các dạng rắn được duy trì ngay cả sau khi nhúng, có thể đo được hàm lượng ẩm, và do đó việc tạo ra khả năng chống nước được xác nhận. Điều này cho thấy rằng các ví dụ b1 đến b4 có các đặc tính có lợi làm nhiên liệu rắn thường được bảo quản ngoài trời. Từ các kết quả về HGI và khả năng nghiền bằng máy nghiền bi, thấy được rằng khả năng nghiền được cải thiện trong các ví dụ b1 đến b4 so với ví dụ so sánh b. Đối với COD, COD được giảm trong các ví dụ b2, b3 và b4 so với ví dụ so sánh b. Xét về khả năng chống nước (hàm lượng ẩm sau khi nhúng, hệ số giãn nở), sản lượng rắn, độ bền cơ học và đặc tính tương tự, thì các ví dụ b1 đến b3 là tuyệt vời, và các nhiên liệu rắn của ví dụ b2 và ví dụ b3 thể hiện các đặc tính đặc biệt tốt. Ngoài ra, thấy được rằng các hệ số giãn nở là đặc biệt thấp trong các ví dụ b2 đến b4.

Ví dụ c: Gỗ meranti

Ở các ví dụ c1 đến c4 (PBT), theo cách tương tự như các ví dụ a1 đến a4, ngoại trừ việc sử dụng gỗ meranti làm nguyên liệu thô của sinh khối, nguyên liệu thô của sinh khối được gia nhiệt đến các nhiệt độ mong muốn (các nhiệt độ gia nhiệt được mô tả trong bảng 1). Bảng 1 và bảng 2 thể hiện các đặc tính của nhiên liệu sinh khối dạng rắn c tạo ra thu được sau bước gia nhiệt. Trong ví dụ so sánh c (WP), các đặc tính của nó được đo bằng cách sử dụng cùng các nguyên liệu thô như trong các ví dụ c1 đến c4 ngoại trừ bước gia nhiệt không được tiến hành. Tương tự với ví dụ a, do các hàm lượng ẩm sau khi nhúng trong nước là các hàm lượng ẩm sau khi nhúng trong 168 giờ, hàm lượng ẩm trong nhiên liệu rắn được cho là gần như đạt được trạng thái cân bằng. Chất gắn kết không được sử dụng trong các ví dụ c1 đến c4 và ví dụ so sánh c. Phương pháp đo mỗi đặc tính của nhiên liệu sinh khối dạng rắn là giống như trong ví dụ a nêu trên.

Ví dụ so sánh c tan rã ngay sau khi nhúng trong nước. Ngược lại, trong các ví dụ c1 đến c4, sự liên kết hoặc kết dính giữa các hạt sinh khối đã nghiền được duy trì ngay cả sau khi nhúng trong nước, và chúng không tan rã và khả năng chống nước được cải thiện. Từ các kết quả của HGI và khả năng nghiền bằng máy nghiền bi, thấy được rằng khả năng nghiền được cải thiện trong các ví dụ c1 đến c4 so với ví dụ so sánh c. Đối với COD, COD được giảm trong các ví dụ c1 đến c4 so với ví dụ so sánh c1. Xét về COD, độ bền cơ học và sản lượng rắn, các ví dụ c1 đến c3 là tuyệt vời, và các ví dụ c2 và c3 là đặc biệt tốt. Ngoài ra, thấy được rằng các hệ số giãn nở là đặc biệt thấp trong các ví dụ c2 đến a4.

Bảng 1

Loại cây dùng làm nguyên liệu thô	Đặc tính	Nhiệt độ gia nhiệt	Sản lượng chất rắn (theo trọng lượng khô)	Hiệu suất nhiệt	FC	VM	Tỷ lệ nhiên liệu FC/VM	HHV kcal/kg -theo trọng lượng khô	O	H	C	O/C (tỷ lệ mol)	HGI	Tỷ lệ HGI
	Đơn vị	°C	% trọng lượng	%	% trọng lượng -AD	% trọng lượng -AD		kcal/kg -theo trọng lượng khô	% trọng lượng -theo trọng lượng khô	% trọng lượng -theo trọng lượng khô	% trọng lượng -theo trọng lượng khô			
Cây cao su (Ví dụ a)	Ví dụ so sánh a	25	100,0	100,0	13,0	74,3	0,17	4613	43,6	5,6	48,4	0,68	1,39	18
	Ví dụ a1	230	94,2	97,6	15,4	74,9	0,21	4777	42,5	5,7	49,7	0,64	1,38	35
	Ví dụ a2	250	82,4	90,8	20,3	71,2	0,29	5081	39,1	5,7	53,0	0,55	1,29	45
	Ví dụ a3	270	71,6	83,6	25,8	65,8	0,39	5385	35,9	5,6	56,1	0,48	1,20	49
	Ví dụ a4	300	43,1	62,6	50,3	41,3	1,22	6702	21,3	4,8	70,2	0,23	0,82	65
Cây keo (Ví dụ b)	Ví dụ so sánh b	25	100,0	100,0	14,8	72,7	0,20	4780	42,3	5,5	50,2	0,63	1,31	18
	Ví dụ b1	230	94,0	98,3	16,5	74,5	0,22	5000	40,8	5,5	52,0	0,59	1,27	43
	Ví dụ b2	250	85,7	93,7	20,2	72,1	0,28	5225	38,2	5,5	54,6	0,52	1,21	52
	Ví dụ b3	270	77,1	88,3	24,3	68,9	0,35	5477	36,0	5,5	56,7	0,48	1,16	55
	Ví dụ b4	300	53,3	71,6	42,1	51,2	0,82	6417	25,7	5,1	66,8	0,29	0,92	62
Cây meranti (Ví dụ c)	Ví dụ so sánh c	25	100,0	100,0	13,7	74,3	0,18	4759	42,2	5,5	50,6	0,63	1,30	23
	Ví dụ c1	230	95,0	99,4	16,0	74,7	0,21	4978	40,8	5,6	51,8	0,59	1,30	33
	Ví dụ c2	250	87,0	94,3	19,1	72,6	0,26	5156	38,6	5,7	54,0	0,54	1,27	41
	Ví dụ c3	270	78,8	89,4	23,4	68,3	0,34	5398	36,2	5,5	56,5	0,48	1,17	55
	Ví dụ c4	300	56,4	74,0	40,0	51,9	0,77	6247	27,0	5,1	65,4	0,31	0,94	66
														2,87

FC = cacbon cố định (trên cơ sở làm khô trong không khí)

VM = chất dễ bay hơi (trên cơ sở làm khô trong không khí)

HHV = năng suất tỏa nhiệt cao hơn theo trọng lượng khô

AD = trên cơ sở làm khô trong không khí

Bảng 2

		Trước khi nhúng trong nước										Sau khi nhúng trong nước						
Loại cây dùng làm nguyên liệu thô	Khả năng nghiền bằng máy nghiền bi	Kích thước ban đầu		Độ bền cơ học (DU)	Mật độ khối	Tỷ số mật độ khối	Diện tích bề mặt riêng BET	Đường kính lỗ trung bình	Tổng thể tích lỗ	COD	Đường kính (φ2)	Chiều dài (L2)	Hệ số giãn nở đường kính	Hệ số giãn nở chiều dài	Độ pH	Hàm lượng ẩm của chất rắn 168 giờ	Độ bền cơ học (DU)	
		Đường kính (φ1)	Đường kính (L1)															
	Đơn vị	mm	mm	%	kg/l		m²/g	nm	cm³/g	mg/l	mm	mm	%	%		%		
	Ví dụ																	
Cây cao su (Ví dụ a)	Ví dụ so sánh a	16,7	9,2	46,1	95,6	0,605	1,0	0,426	25,0	0,00266	1100	Tan rã						
	Ví dụ a1	43,7	9,1	29,2	94,9	0,609	1,0	0,439	20,1	0,00221	2200	10,5	31,1	15,4	6,6	4,89	40,4	85,2
	Ví dụ a2	84,3	8,8	28,3	94,5	0,560	0,9	0,467	18,6	0,00218	1000	9,1	28,6	3,4	1,0	5,18	32,4	94,4
	Ví dụ a3	96,1	8,4	28,1	91,6	0,522	0,9	0,481	17,5	0,00210	460	8,7	28,3	3,2	0,5	5,76	30,6	92,3
	Ví dụ a4	99,0	7,8	28,5	78,3	0,429	0,7	0,715	16,2	0,00290	110	7,9	29,2	1,8	2,5	7,74	20,5	83,0

Cây keo (Ví dụ b)	Ví dụ so sánh b	5,3	8,1	22,4	98,3	0,723	1,0	0,313	24,0	0,00188	310	Tan rã						
	Ví dụ b1	25,8	7,9	25,1	97,2	0,684	0,9	0,378	22,4	0,00212	400	8,6	25,7	9,1	2,7	4,77	24	96,2
	Ví dụ b2	72,9	7,7	22,9	95,2	0,656	0,9	0,412	20,5	0,00211	300	8,0	23,2	4,1	1,2	4,95	21,1	96,1
	Ví dụ b3	96,1	7,5	22,7	93,2	0,610	0,8	0,464	19,4	0,00225	200	7,7	23,5	3,3	3,5	5,29	21,3	94,6
	Ví dụ b4	98,8	7,0	20,2	84,5	0,495	0,7	0,552	17,9	0,00246	47	7,1	20,5	1,3	1,7	6,47	19,2	86,7
Cây meranti (Ví dụ c)	Ví dụ so sánh c	19,6	8,1	22,6	98,1	0,776	1,0	0,296	26,4	0,00195	560	Tan rã						
	Ví dụ c1	51,9	8,0	31,3	97,2	0,737	0,9	0,330	28,6	0,00236	460	8,8	32,9	9,5	5,0	5,06	25,3	92,5
	Ví dụ c2	90,0	7,9	32,1	96,2	0,703	0,9	0,351	28,5	0,00251	250	8,2	32,6	3,8	1,4	5,4	19,5	96,4
	Ví dụ c3	97,8	7,8	28,4	94,5	0,661	0,9	0,352	26,3	0,00231	120	8,0	28,6	2,6	0,7	5,69	17,9	96,0
	Ví dụ c4	99,2	7,2	24,6	88,0	0,558	0,7	0,406	23	0,00233	43	7,4	24,8	2,7	1,0	5,85	16,8	90,1

đến a4, ngoài trừ gỗ bách đàn được sử dụng làm nguyên liệu thô của sinh khối, Ở các ví dụ d1 đến d4 (PBT), theo cách tương tự như các ví dụ a1

Ví dụ e: Gỗ tích

được rằng các hệ số giảm nơ là đặc biệt thấp trong các ví dụ d2 đến d4. ví dụ d2 và ví dụ d3 thể hiện các đặc tính đặc biệt tốt. Ngoài ra, thấy tính tương tự, các ví dụ d1 đến d3 là tuyệt vời, và các nhiên liệu rắn của ẩm sau khi nhúng, hệ số giảm nơ), sản lượng rắn, độ bền cơ học và đặc đến d4 so với ví dụ so sánh d. Xét về khả năng chống nước (hàm lượng so với ví dụ so sánh d. Đối với COD, COD được giảm trong các ví dụ d1 thấy được rằng khả năng nghiên cứu cải thiện trong các ví dụ d1 đến d4 trời. Từ các kết quả của HGI và khả năng nghiên cứu bằng máy nghiên cứu, có các đặc tính có lợi làm nhiên liệu rắn thường được bảo quản ngoài chống nước được xác nhận. Điều này cho thấy rằng các ví dụ d1 đến d4 khi nhúng, có thể do được hàm lượng ẩm, và do đó việc tạo ra khả năng và chúng không tan rã. Vì vậy, do các dạng rắn được duy trì ngay cả sau khi đã nghiên cứu duy trì ngay cả sau khi nhúng trong nước (168 giờ), trong các ví dụ d1 đến d4, sự liên kết hoặc kết dính giữa các hạt sinh Ví dụ so sánh d tan rã ngay sau khi nhúng trong nước. Nước lại,

trong nhiên liệu rắn d được cho là gần như đạt được trạng thái cân bằng. nước là các hàm lượng ẩm sau khi nhúng trong 168 giờ, hàm lượng ẩm sánh d, như trong ví dụ a. Do các hàm lượng ẩm sau khi nhúng trong Chất gắn kết không được sử dụng trong các ví dụ d1 đến d4 và ví dụ so trong các ví dụ d1 đến d4 ngoài trừ bước gia nhiệt không được tiến hành. tính của nó được đo bằng cách sử dụng cùng các nguyên liệu thô như bảng 3 và 4 thể hiện các kết quả. Trong ví dụ so sánh d (WP), các đặc bước gia nhiệt được đo theo cách tương tự như ví dụ a nêu trên. Các nhiên liệu sinh khối dạng rắn d tạo ra (các ví dụ d1 đến d4) thu được sau muốn (các nhiệt độ gia nhiệt được mô tả trong bảng 3). Các đặc tính của đúc, nguyên liệu thô của sinh khối được gia nhiệt đến các nhiệt độ mong sinh khối và được đúc thành viên có đường kính bằng 6mm ở bước đến a4, ngoài trừ gỗ bách đàn được sử dụng làm nguyên liệu thô của Ở các ví dụ d1 đến d4 (PBT), theo cách tương tự như các ví dụ a1

Ví dụ d: Gỗ bách đàn

nguyên liệu thô của sinh khối được gia nhiệt đến các nhiệt độ mong muốn (các nhiệt độ gia nhiệt được mô tả trong bảng 3). Các đặc tính của nhiên liệu sinh khối dạng rắn f tạo ra gia nhiệt đến các nhiệt độ mong muốn (các nhiệt độ gia nhiệt được mô tả làm nguyên liệu thô của sinh khối, nguyên liệu thô của sinh khối được rừng là, 45% trong lượng gỗ cây vân sam và 5% trong lượng gỗ bu lô đến a4, ngoài trừ việc sử dụng hỗn hợp gồm 50% trong lượng gỗ thông

Ở các ví dụ f1 đến f3 (PBT), theo cách tương tự như các ví dụ a1

Ví dụ f: Hỗn hợp gồm gỗ thông rừng là, gỗ cây vân sam và gỗ bu lô

được rừng các hệ số giãn nở là đặc biệt thấp trong các ví dụ e2 đến e4. Ví dụ e2 và ví dụ e3 thể hiện các đặc tính đặc biệt tốt. Ngoài ra, thấy tính tương tự, các ví dụ e1 đến e3 là tuyệt vời, và các nhiên liệu rắn của ẩm sau khi nhúng, hệ số giãn nở), sản lượng rắn, độ bền cơ học và đặc đến e4 so với ví dụ so sánh e. Xét về khả năng chống nước (hàm lượng so với ví dụ so sánh e. Đối với COD, COD được giảm trong các ví dụ e1 thấy được rằng khả năng nghiên cứu cải thiện trong các ví dụ e1 đến e4 trời. Từ các kết quả của HGI và khả năng nghiên cứu bằng máy nghiên cứu, có các đặc tính có lợi làm nhiên liệu rắn thường được bảo quản ngoài chống nước được xác nhận. Điều này cho thấy rằng các ví dụ e1 đến e4 khi nhúng, có thể do được hàm lượng ẩm, và do đó việc tạo ra khả năng và chúng không tan rã. Vì vậy, do các dạng rắn được duy trì ngay cả sau khi đã nghiên cứu duy trì ngay cả sau khi nhúng trong nước (168 giờ), trong các ví dụ e1 đến e4, sự liên kết hoặc kết dính giữa các hạt sinh Ví dụ so sánh e tan rã ngay sau khi nhúng trong nước. Nước lại,

trong nhiên liệu rắn b được cho là gần như đạt được trạng thái cân bằng. nước là các hàm lượng ẩm sau khi nhúng trong 168 giờ, hàm lượng ẩm sánh e, như trong ví dụ a. Do các hàm lượng ẩm sau khi nhúng trong Chất gắn kết không được sử dụng trong các ví dụ e1 đến e4 và ví dụ so trong các ví dụ e1 đến e4 ngoài trừ bước gia nhiệt không được tiến hành. tính của nó được do bằng cách sử dụng cùng các nguyên liệu thô như bảng 3 và 4 thể hiện các kết quả. Trong ví dụ so sánh e (WP), các đặc bước gia nhiệt được do theo cách tương tự như ví dụ a nêu trên. Các nhiên liệu sinh khối dạng rắn e tạo ra (các ví dụ e1 đến e4) thu được sau muốn (các nhiệt độ gia nhiệt được mô tả trong bảng 3). Các đặc tính của nguyên liệu thô của sinh khối được gia nhiệt đến các nhiệt độ mong

(các ví dụ F1 đến F3) thu được sau bước gia nhiệt được đo theo cách tương tự như ví dụ a nêu trên. Các bảng 3 và 4 thể hiện các kết quả. Trong ví dụ so sánh f (WP), các đặc tính của nó được đo bằng cách sử dụng cùng các nguyên liệu thô như trong các ví dụ F1 đến F3 ngoại trừ bước gia nhiệt không được tiến hành. Chất gắn kết không được sử dụng trong các ví dụ F1 đến F3 và ví dụ so sánh f, như trong ví dụ a. Do các hàm lượng ẩm sau khi nhúng trong nước là các hàm lượng ẩm sau khi nhúng trong 168 giờ, hàm lượng ẩm trong nhiên liệu rắn f được cho là gần như đạt được trạng thái cân bằng.

Sản phẩm của ví dụ so sánh f tan rã ngay sau khi nhúng trong nước. Ngược lại, trong các ví dụ F1 đến F3, sự liên kết hoặc kết dính giữa các hạt sinh khối đã nghiền được duy trì ngay cả sau khi nhúng trong nước (168 giờ), và chúng không tan rã. Vì vậy, do các dạng rắn được duy trì ngay cả sau khi nhúng, có thể đo được hàm lượng ẩm, và do đó việc tạo ra khả năng chống nước được xác nhận. Điều này cho thấy rằng các ví dụ F1 đến F3 có các đặc tính có lợi làm nhiên liệu rắn thường được bảo quản ngoài trời. Từ các kết quả của HGI và khả năng nghiền bằng máy nghiền bi, thấy được rằng khả năng nghiền được cải thiện trong các ví dụ F1 đến F3 so với ví dụ so sánh f. Đối với COD, COD được giảm trong các ví dụ F1 đến F3 so với ví dụ so sánh f. Xét về khả năng chống nước (hàm lượng ẩm sau khi nhúng, hệ số giãn nở), sản lượng rắn, độ bền cơ học và đặc tính tương tự, các ví dụ F1 đến F3 là tuyệt vời, và các nhiên liệu rắn của ví dụ F2 và ví dụ F3 thể hiện các đặc tính đặc biệt tốt. Ngoài ra, thấy được rằng các hệ số giãn nở là đặc biệt thấp trong các ví dụ F2 đến F3.

Bảng 3

Loại cây dùng làm nguyên liệu thô	Nhiệt độ gia nhiệt	Sản lượng chất rắn (theo trọng lượng khô)	Hiệu suất nhiệt	FC	VM	Tỷ lệ nhiên liệu FC/V _M	HHV kcal/kg - theo trọng lượng khô	O % trọng lượng -theo trọng lượng khô	H % trọng lượng - theo trọng lượng khô	C % trọng lượng - theo trọng lượng khô	O/C (tỷ lệ mol)	H/C (tỷ lệ mol)	HG I	Tỷ lệ HG I
	Đơn vị	% trọng lượng	%	% trọng lượng -AD	% trọng lượng -AD									
	Ví dụ	°C												
gỗ bạch đàn (Ví dụ d)	Ví dụ so sánh d	25	100,0	100,0	13,0	75,5	0,17	4687	44,0	5,2	0,66	1,25	20	1,00
	Ví dụ d1	230	92,3	98,2	16,4	75,6	0,22	4984	41,6	5,1	0,60	1,17	34	1,70
	Ví dụ d2	240	86,7	94,7	19,0	73,9	0,26	5118	40,1	5,2	0,56	1,16	33	1,65
	Ví dụ d3	250	79,9	90,8	22,7	70,1	0,32	5326	37,7	5,3	0,50	1,14	35	1,75
	Ví dụ d4	270	69,0	83,5	29,5	63,2	0,47	5672	34,0	5,1	0,43	1,03	42	2,10
gỗ tếch (Ví dụ e)	Ví dụ so sánh e	25	100,0	100,0	15,7	69,9	0,22	4552	42,0	5,3	0,66	1,33	20	1,00
	Ví dụ e1	230	92,3	96,9	18,2	69,9	0,26	4776	39,7	5,3	0,59	1,26	22	1,10
	Ví dụ e2	240	87,0	93,7	20,4	68,6	0,30	4903	38,1	5,3	0,55	1,23	29	1,45
	Ví dụ e3	250	80,5	89,7	24,1	65,4	0,37	5069	35,9	5,3	0,50	1,19	33	1,65
	Ví dụ e4	270	70,0	82,9	29,8	59,6	0,50	5389	32,4	5,1	0,43	1,07	39	1,95

gỗ thông rừng lá + gỗ cây vân sam + gỗ bu lô (Ví dụ f)	Ví dụ so sánh f	25	100,0	100,0	12,4	75,8	0,16	4752	43,7	5,5	50,4	0,65	1,31	17	1,00
	Ví dụ f1	230	93,7	97,4	13,3	77,1	0,17	4939	42,8	5,3	51,4	0,62	1,24	21	1,24
	Ví dụ f2	250	89,2	95,3	15,6	76,3	0,20	5076	41,3	5,5	52,8	0,59	1,25	22	1,29
	Ví dụ f3	270	79,6	90,3	20,6	72,3	0,28	5391	38,5	5,4	55,6	0,52	1,17	32	1,88

FC = cacbon cố định (trên cơ sở làm khô trong không khí)

VM = chất dễ bay hơi (trên cơ sở làm khô trong không khí)

HHV = năng suất tỏa nhiệt cao hơn theo trọng lượng khô

AD = trên cơ sở làm khô trong không khí

Bảng 4

		Trước khi nhúng trong nước										Sau khi nhúng trong nước							
		Khả năng nghiền bằng máy nghiền bi	Kích thước ban đầu		Độ bền cơ học (DU)	Mật độ khối	Tỷ lệ mật độ khối	Diện tích bề mặt riêng BET	Đường kính lỗ trung bình	Tổng thể tích lỗ	COD	Thời gian	Đường kính (φ2)	Chiều dài (L2)	Hệ số giãn nở đường kính	Hệ số giãn nở chiều dài	pH	Hàm lượng ẩm của chất rắn 168 giờ	Độ bền cơ học (DU)
Đường kính (φ1)	Chiều dài (L1)		%	kg/l															
Loại cây dùng làm nguyên liệu thô	Đơn vị																		
	Ví dụ																		
	gỗ bạch đàn (Ví dụ d)	Ví dụ so sánh d	6,2	28,3	97,1	0,752	1,0	0,134	28,1	0,00094	950	168							
		Ví dụ d1	6,1	21,8	95,9	0,738	1,0	0,161	25,1	0,00101	730	168	6,5	22,8	6,7	4,8	4,79	23,1	94,1
		Ví dụ d2	6,1	22,8	95,4	0,715	1,0	0,170	24,8	0,00105	580	168	6,3	23,0	3,4	1,2	4,91	20,4	95,9
		Ví dụ d3	5,9	25,4	94,1	0,698	0,9	0,182	21,7	0,00099	340	168	6,1	26,1	3,0	2,9	5,65	17,8	95,5
Ví dụ d4	5,7	21,6	92,4	0,645	0,9	0,197	19,4	0,00096	110	168	5,9	22,1	2,4	2,3	6,25	18,4	94,7		
gỗ tech (Ví dụ e)	Ví dụ so sánh e	8,4	28,7	98,6	0,678	1,0	0,351	46,9	0,00411	2000	168								
	Ví dụ e1	8,3	27,1	98,0	0,642	0,9	0,424	39,0	0,00414	1300	168	9,3	28,3	11,3	4,1	6,15	29,9	96,6	
	Ví dụ e2	8,2	28,7	97,3	0,631	0,9	0,438	38,4	0,00420	890	168	8,6	29,1	5,4	1,4	6,04	26,8	97,6	
	Ví dụ e3	8,0	26,6	96,6	0,608	0,9	0,479	36,7	0,00439	600	168	8,3	26,7	4,1	0,5	6,45	20,5	97,1	
Ví dụ e4	7,8	27,6	94,7	0,570	0,8	0,494	24,0	0,00297	260	168	8,0	27,8	2,8	1,0	7,16	24,2	96,1		

gỗ thông rừng lá + gỗ cây vân sâm + gỗ bu lô (Ví dụ f)	Ví dụ so sánh f	7,7	8,1	22,6	99,5	0,713	1,0	0,113	18,6	0,00053	3600	168	Tan rã						98,4
	Ví dụ f1	26,8	7,8	22,9	99,0	0,685	1,0	0,161	19,4	0,00078	950	168	8,8	24,0	12,4	5,0	4,95	28,6	98,4
	Ví dụ f2	50,5	7,8	22,9	98,4	0,662	0,9	0,199	20,8	0,00104	740	168	8,2	23,6	5,7	3,1	4,95	23,4	98,7
	Ví dụ f3	88,9	7,7	22,8	97,0	0,619	0,9	0,218	18,1	0,00099	330	168	7,9	23,0	3,0	0,9	5,13	21,4	97,8

Thử nghiệm tan rã

Thử nghiệm tan rã được tiến hành trên nhiên liệu rắn có nguyên liệu thô được kiểm tra trong ví dụ e và nhiên liệu rắn có nguyên liệu thô là hỗn hợp gồm gỗ thông rụng lá, gỗ cây vân sam và gỗ bu lô trong ví dụ f. Bảng 5 thể hiện tỷ lệ phần trăm đi qua rây tích lũy của nhiên liệu sinh khối dạng rắn e hoặc f sau khi tham gia thử nghiệm tan rã, và Fig.14 và Fig.15 thể hiện biểu đồ về sự phân bố kích thước hạt. Để đánh giá việc điều chỉnh các đặc tính của viên, thử nghiệm tan rã được tiến hành. 1kg mẫu được đóng gói vào túi chất dẻo và được để rơi 20 lần từ chiều cao bằng 8,6m, và được kiểm tra độ bền quay dựa vào tiêu chuẩn JIS Z 8841, để đo sự phân bố kích thước hạt. Sự phân bố kích thước hạt thu được được thể hiện trên Fig.14 và Fig.15. Ở đây, mẫu có sự phân bố kích thước hạt trong đó lượng hạt đi qua rây có đường kính lỗ rây 2mm là nhỏ hơn hoặc bằng 30% trọng lượng và lượng hạt đi qua rây có đường kính lỗ rây 0,5mm là nhỏ hơn hoặc bằng 15% trọng lượng, được xác định là mẫu có kích thước hạt có thể xử lý được trong quá trình vận chuyển, bảo quản và quá trình tương tự. Các kết quả của bảng 5 và Fig.14 và Fig.15 cho thấy rằng trong lúc kích thước hạt của mẫu sau thử nghiệm độ bền quay trở nên càng nhỏ khi nhiệt độ gia nhiệt trở nên càng cao, tất cả các mẫu làm sáng tỏ các tiêu chuẩn đánh giá được mô tả ở trên và do đó chúng có thể được xử lý mà không gặp bất kỳ vấn đề gì.

Bảng 5

Lỗ rây	Ví dụ e: gỗ tếch					Ví dụ f: gỗ thông rụng lá+gỗ cây vân sam+gỗ bu lô			
mm	Ví dụ so sánh e	Ví dụ e1	Ví dụ e2	Ví dụ e3	Ví dụ e4	Ví dụ so sánh f	Ví dụ f1	Ví dụ f2	Ví dụ f3
16	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
9,5	93,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
4,75	5,8	13,1	14,1	20,0	26,4	3,0	4,8	7,3	10,9
3,35	4,9	11,3	12,2	17,4	22,6	2,8	4,5	6,5	10,0
2	4,0	9,2	9,7	14,0	18,3	2,3	3,8	5,8	8,7
1	2,8	6,5	7,1	10,2	14,0	1,5	2,8	4,7	7,1
0,5	1,6	4,3	4,8	7,0	10,0	0,8	1,8	3,4	5,3
0,3	1,0	2,9	3,3	5,0	7,4	0,4	1,1	2,4	3,8
0,15	0,4	1,4	1,7	2,8	4,2	0,1	0,5	1,2	1,8
0,075	0,1	0,5	0,7	1,3	1,8	0,0	0,1	0,5	0,6

Trong bảng này, đơn vị của các trị số bằng số liên quan đến tỷ lệ phần trăm đi qua rây tích lũy được thể hiện dưới dạng “%”.

Tính dễ cháy

Hơn nữa, các tác giả sáng chế của sáng chế nghiên cứu các đặc tính vật lý nhiệt của nhiên liệu sinh khối dạng rắn theo sáng chế và nhiên liệu rắn thu được tương ứng từ bước nở hơi nước sinh khối như được mô tả trong tài liệu sáng chế 1 và phát hiện thấy rằng nhiên liệu sinh khối dạng rắn theo sáng chế có tính dễ cháy tuyệt vời.

Đối với các ví dụ (a2), (b2) và (c2) nêu trên và đối với ví dụ so sánh q trong đó nhiên liệu rắn thu được bằng cách nở hơi nước hỗn hợp gồm các cây lá kim và cây lá rộng làm nguyên liệu thô của sinh khối và đúc nó thành các khối sinh khối và sau đó gia nhiệt các khối sinh khối này ở 250°C (nhiên liệu rắn thu được bằng phương pháp sản xuất được mô tả trong tài liệu sáng chế 1), phép đo nhiệt trọng (TG: ThermoGravimetric) và phân tích nhiệt vi sai (DTA:

Differential Thermal Analysis) được tiến hành. Các phương pháp đo TG và DTA là như sau.

TG và DTA

TG và DTA được đo bằng cách sử dụng thiết bị phân tích STA7300 được sản xuất bởi Hitachi High-Tech Sciences để đo đồng thời nhiệt vi sai và nhiệt trọng. 5mg mẫu có kích thước hạt được điều chỉnh từ 45 đến 90 μ m bằng máy nghiền cắt được gia nhiệt trong thiết bị phân tích nêu trên ở tốc độ tăng nhiệt độ bằng 5°C/phút đến 600°C trong lúc 4% thể tích khí hỗn hợp oxy-nitơ được chảy ở tốc độ 200cc/phút và duy trì ở 600°C trong 60 phút.

Các kết quả được thể hiện trong Fig.12 và Fig.13. Từ các kết quả của TG, do ví dụ so sánh q thể hiện sự giảm trọng lượng thấp, nên nó có ít chất dễ bay hơi và do đó tính dễ cháy của nó là thấp so với ví dụ (a2), ví dụ (b2) và ví dụ (c2). Ngoài ra, từ các kết quả của DTA, ví dụ so sánh q cho thấy rằng sự sinh nhiệt xảy ra từ phía có nhiệt độ cao và tính dễ cháy là thấp so với ví dụ (a2), ví dụ (b2) và ví dụ (c2). Lý do cho điều này được cho là như sau. Trong ví dụ so sánh q, nhiên liệu sinh khối dạng rắn thu được bằng phương pháp bao gồm các bước theo thứ tự nghiền và làm khô, nổ hơi nước, đúc và gia nhiệt sinh khối, và ở bước nổ hơi nước, các chất hữu cơ xuất hiện trên bề mặt của các hạt sinh khối đã nghiền và được làm bay hơi bởi bước gia nhiệt tiếp theo (sự cacbon hóa). Mặt khác, ở PBT theo sáng chế bao gồm các ví dụ (a2), (b2) và (c2), kết luận rằng lượng chất dễ bay hơi còn lại là lớn do không trải qua bước nổ.

Vì vậy, cho rằng do nhiên liệu sinh khối dạng rắn theo sáng chế thu được bằng cách phương pháp không bao gồm bước nổ hơi nước, nó có tính dễ cháy tuyệt vời ngoài việc giảm được chi phí so với ví dụ so sánh q.

Hơn nữa, cho rằng do lượng còn lại của các terpen tạo ra liên kết ngang rắn ở PBT gia tăng vì cùng một lý do và nhận được liên kết ngang rắn mạnh hơn, PBT theo sáng chế là tốt hơn so với sản phẩm của ví dụ so sánh q về độ bền và khả năng chống nước.

Phân tích FT-IR của PBT và WP

Các hình vẽ từ Fig.5 đến Fig.9 là các đồ thị thể hiện các kết quả phân tích FT-IR của nhiên liệu sinh khối dạng rắn r thu được từ gỗ thông đỏ châu Âu làm nguyên liệu thô bằng cùng một phương pháp như ví dụ a2 (nhiên liệu rắn (PBT))

thu được bằng cách nghiền và đúc nguyên liệu thô thành dạng viên và gia nhiệt ở 250°C). Ngoài ra, cũng thể hiện số liệu của nhiên liệu rắn không được gia nhiệt (WP) thu được bằng cách nghiền và đúc cùng một nguyên liệu thô, nhưng chưa gia nhiệt. Ở cả bề mặt bên ngoài của viên (Fig.5) lẫn trung tâm mặt cắt ngang (Fig.6), lượng nhóm COOH là WP> PBT, và lượng liên kết C=C là PBT> WP. Hơn nữa, lượng nhóm COOH được rửa giải vào dung dịch chiết axeton (Fig.7) là WP> PBT, cho thấy rằng PBT có ít nhóm COOH ưa nước hơn. Ngoài ra, trong các chất rắn sau khi chiết bằng axeton (Fig.8), PBT có nhiều liên kết C=C hơn so với WP. Do đó, hiểu được rằng PBT có khả năng chống nước tuyệt vời.

Fig.9 là đồ thị thể hiện các kết quả phân tích GC-MS của dung dịch chiết axeton. Với hình vẽ từ Fig.5 đến Fig.8, nhiên liệu rắn q (PBT) và nhiên liệu rắn không được gia nhiệt (WP) được sử dụng. Như được thể hiện trên Fig.9, lượng được rửa giải của axit abietic và chất tương tự, mà là loại terpen, vào axeton trong trường hợp của PBT là nhỏ hơn so với trong trường hợp của WP. Do đó, các kết quả cho thấy rằng axit abietic nóng chảy bằng cách gia nhiệt để tạo ra liên kết ngang lỏng, và liên kết ngang rắn được tạo ra bằng cách làm bay hơi axit abietic và chất tương tự. Cho rằng do nhiên liệu sinh khối dạng rắn theo sáng chế cũng là PBT thu được bằng cách đúc và gia nhiệt các hạt sinh khối đã nghiền, PBT có khả năng chống nước tốt bằng cơ chế tương tự như nhiên liệu sinh khối dạng rắn q.

Sự phân bố hấp thu nước ở PBT và PAT

Để so sánh khả năng chống nước của PAT và PBT, các tác giả sáng chế của sáng chế đã kiểm tra sự phân bố natri của các nhiên liệu sinh khối dạng rắn sau khi hấp thụ nước bằng cách sử dụng dung dịch nước muối. Để làm mẫu PAT, nhiên liệu rắn thu được bằng cách gia nhiệt nguyên liệu thô của gỗ cây thông đỏ châu Âu ở 250°C và sau đó đúc thành viên có đường kính bằng 6mm được sử dụng. Để làm mẫu PBT, nhiên liệu rắn thu được bằng cách đúc nguyên liệu thô của gỗ cây thông đỏ châu Âu thành viên có đường kính bằng 6mm và sau đó gia nhiệt nó ở 250°C. PBT và PAT được nhúng trong dung dịch nước muối 0,9% trọng lượng trong 5 ngày. Kết quả là, Fig.10 cho thấy hình dạng bên ngoài của viên, PBT duy trì được dạng viên của nó (Fig.10, bên trái), trong khi đó PAT tan rã mở mức độ lớn (Fig.10, bên phải). Hơn nữa, đối với mỗi PAT và PBT, các

mẫu trước và sau khi nhúng trong dung dịch nước muối 0,9% trọng lượng trong 5 ngày được phân tích ở bề mặt cắt ngang của chúng bằng phương pháp phân tích có sử dụng thiết bị vi phân tích đầu dò điện tử (EPMA: Electron Probe MicroAnalyser), để so sánh sự phân bố Na. Ở PBT, sự phân bố Na còn lại ở bề mặt của viên và không thấm vào phía bên trong, trong khi đó, ở PAT, Na được phân bố rộng rãi vào phía bên trong (xem Fig.11). Điều này có nghĩa là sự thấm của dung dịch nước muối ở PBT nhỏ hơn ở PAT. Từ kết quả này, cho rằng ở PBT, sự phân hủy sản phẩm do nhiệt của các thành phần đã chiết tạo ra liên kết ngang rắn trong khoảng trống giữa các hạt sinh khối đã nghiền cạnh nhau và trở nên kị nước để ngăn chặn sự thấm của nước, trong khi đó, ở PAT, do nước có thể thấm vào trong khoảng trống giữa các hạt sinh khối đã nghiền, nước thấm vào phía bên trong của viên và làm giãn nở khoảng trống giữa các hạt sinh khối đã nghiền, dẫn đến sự tan rã.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Nhiên liệu sinh khối dạng rắn thu được bằng cách đúc các hạt sinh khối đã được nghiền thành các khối sinh khối chưa được gia nhiệt và gia nhiệt các khối sinh khối chưa được gia nhiệt này, mà không cần tiến hành sự bùng nổ hơi nước, trong đó nhiên liệu sinh khối dạng rắn không chứa chất dính kết, sự liên kết hoặc kết dính tương hỗ giữa các hạt sinh khối đã được nghiền được duy trì sau khi nhúng trong nước, và ít nhất là một điều kiện được chọn từ nhóm bao gồm các điều kiện (a) đến (c) sau đây được thỏa mãn:

điều kiện (a): nguyên liệu thô của các hạt sinh khối đã được nghiền ít nhất là một nguyên liệu được chọn từ nhóm bao gồm cây cao su, cây keo, cây meranti và cây téch, hoặc hỗn hợp của gỗ của cây thông rụng lá, cây vân sam và cây bu lô;

điều kiện (b): nguyên liệu thô của các hạt sinh khối đã được nghiền là cây bạch đàn và nhiệt độ gia nhiệt trong quá trình gia nhiệt các khối sinh khối chưa được gia nhiệt là 150°C hoặc cao hơn và thấp hơn 250°C ;

điều kiện (c): nguyên liệu thô của các hạt sinh khối đã được nghiền là cây bạch đàn và nhiên liệu sinh khối dạng rắn có tỷ lệ mol của oxy O với cacbon C (O/C) là lớn hơn 0,50 và nhỏ hơn hoặc bằng 0,65, và tỷ lệ mol của hydro H với cacbon C (H/C) là lớn hơn 1,14 và nhỏ hơn hoặc bằng 1,24.

2. Nhiên liệu sinh khối dạng rắn theo điểm 1, có tỷ lệ nhiên liệu (cacbon cố định/chất dễ bay hơi) từ 0,15 đến 1,50, và giá trị gia nhiệt cao hơn theo trọng lượng khô là từ 4500 đến 7000 (kcal/kg trọng lượng khô)

3. Nhiên liệu sinh khối dạng rắn theo điểm 1 hoặc 2, có COD (nhu cầu oxy hóa học - Chemical Oxygen Demand) là nhỏ hơn hoặc bằng 3000ppm.

4. Nhiên liệu sinh khối dạng rắn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, có diện tích bề mặt riêng BET là từ $0,11\text{m}^2/\text{g}$ đến $0,80\text{m}^2/\text{g}$.

5. Nhiên liệu sinh khối dạng rắn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, có hàm lượng ẩm cân bằng sau khi nhúng trong nước là từ 10 đến 65% trọng lượng.

6. Nhiên liệu sinh khối dạng rắn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, có hệ số giãn nở đường kính sau khi nhúng trong nước nhỏ hơn hoặc bằng 20%.

7. Nhiên liệu sinh khối dạng rắn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, có hệ số giãn nở chiều dài sau khi nhúng trong nước nhỏ hơn hoặc bằng 10%.

8. Nhiên liệu sinh khối dạng rắn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, có hệ số giãn nở thể tích sau khi nhúng trong nước nhỏ hơn hoặc bằng 160%.

9. Phương pháp sản xuất nhiên liệu sinh khối dạng rắn theo điểm 1, bao gồm:

bước đúc để đúc sinh khối thành các khối sinh khối chưa được gia nhiệt, và

bước gia nhiệt để gia nhiệt các khối sinh khối chưa được gia nhiệt, mà không cần bước tiến hành sự bùng nổ hơi nước, để thu sản phẩm rắn đã gia nhiệt, sản phẩm rắn đã gia nhiệt này được sử dụng làm nhiên liệu sinh khối dạng rắn; trong đó

nhiên liệu sinh khối dạng rắn không chứa chất dính kết, và điều kiện (a') hoặc (b') sau đây được thỏa mãn:

điều kiện (a'): nguyên liệu thô của sinh khối là ít nhất một nguyên liệu được chọn từ nhóm bao gồm cây cao su, cây keo, cây meranti và cây tếch, hoặc hỗn hợp của cây thông rụng lá, cây vân sam và cây bu lô, và

nhiệt độ gia nhiệt trong bước gia nhiệt là từ 150°C đến 400°C;

điều kiện (b'): nguyên liệu thô của sinh khối là cây bạch đàn và

nhiệt độ gia nhiệt trong bước gia nhiệt là 150°C hoặc cao hơn và thấp hơn 250°C.

10. Phương pháp theo điểm 9, trong đó tỷ lệ $B/A = 0,6$ đến 1 được thỏa mãn, trong đó A là mật độ khối của các khối sinh khối chưa được gia nhiệt và B là mật độ khối của sản phẩm rắn đã gia nhiệt.

11. Phương pháp theo điểm 9 hoặc 10, trong đó tỷ lệ $H2/H1 = 1,1$ đến 4,0 được thỏa mãn, trong đó H1 là HGI (chỉ số nghiền Hardgrove) của các khối sinh khối chưa được gia nhiệt và H2 là HGI của sản phẩm rắn đã gia nhiệt.

Fig. 1

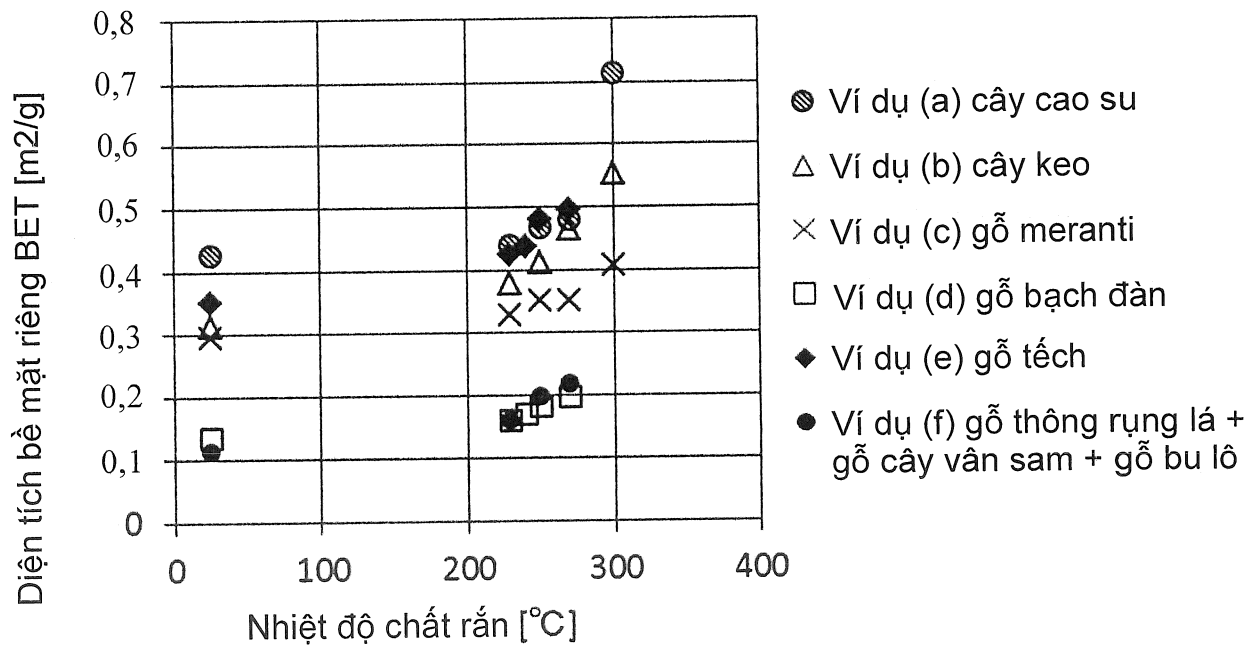


Fig. 2

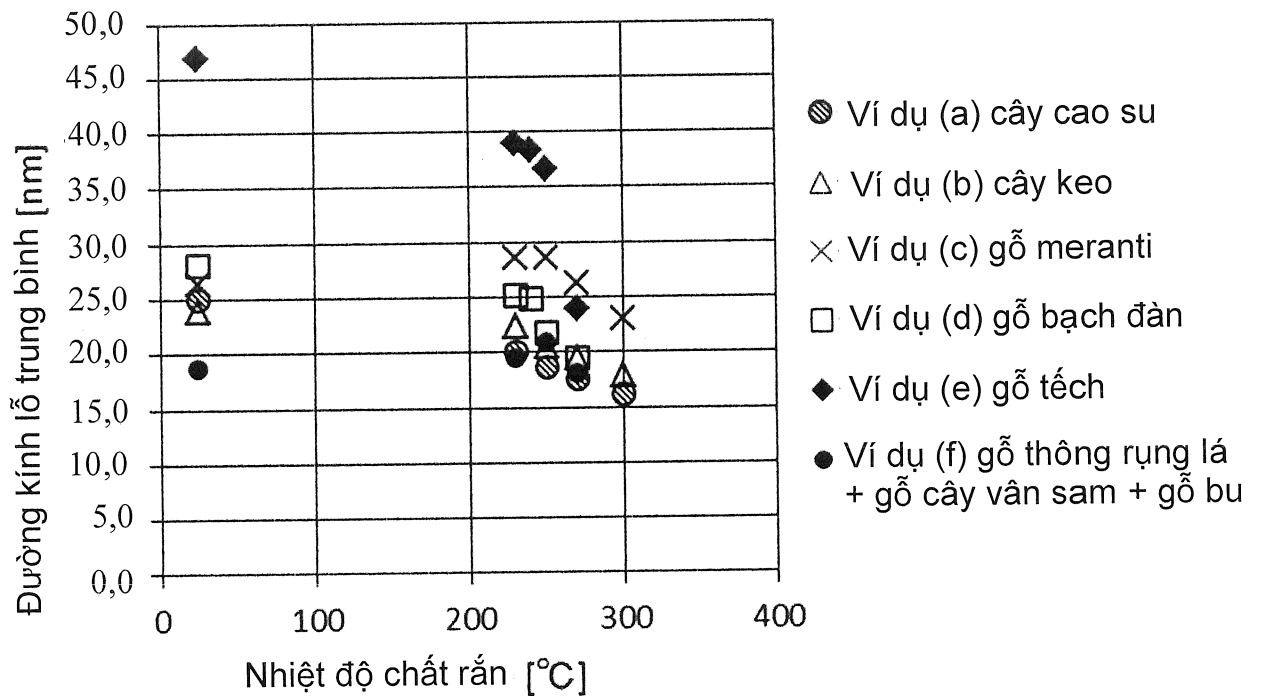


Fig. 3

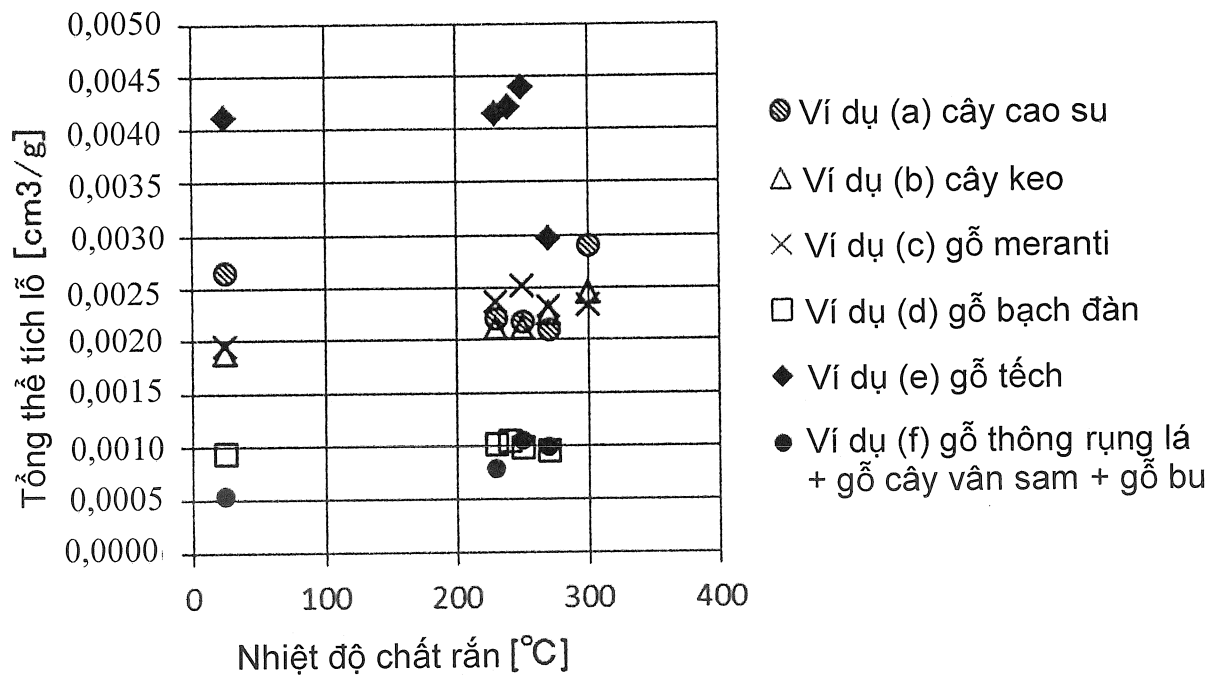


Fig. 4

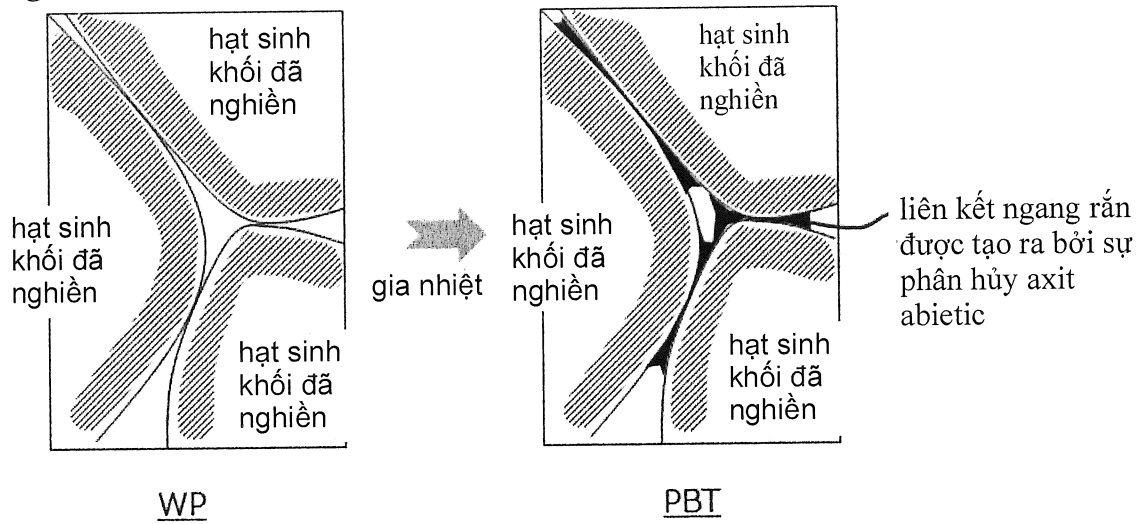


Fig. 5

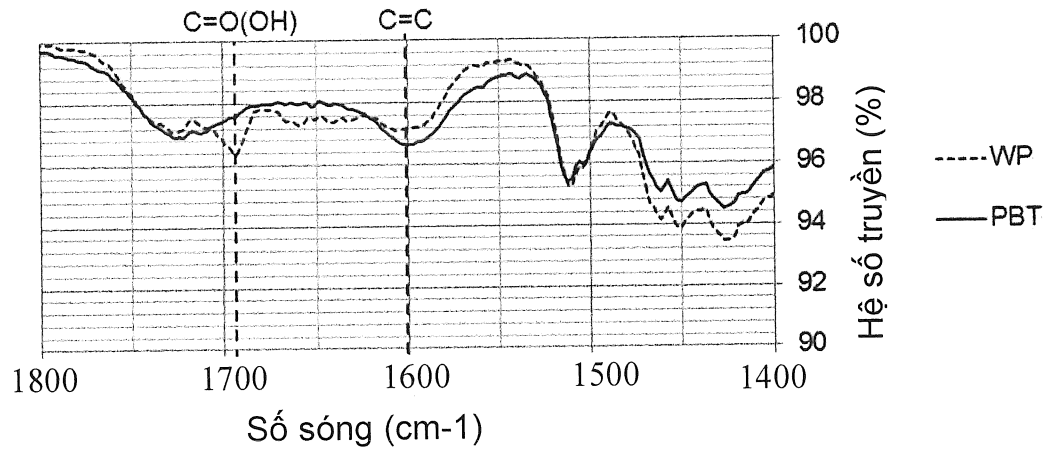


Fig. 6

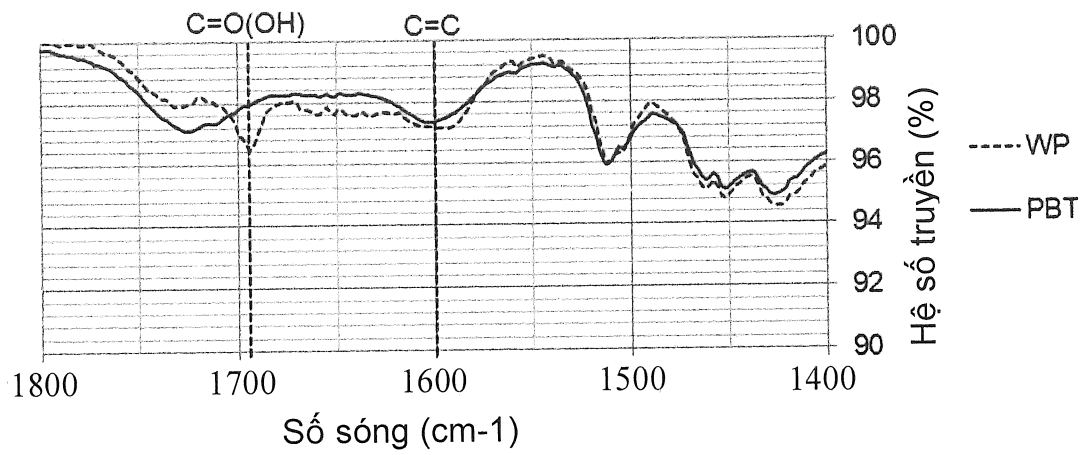


Fig. 7

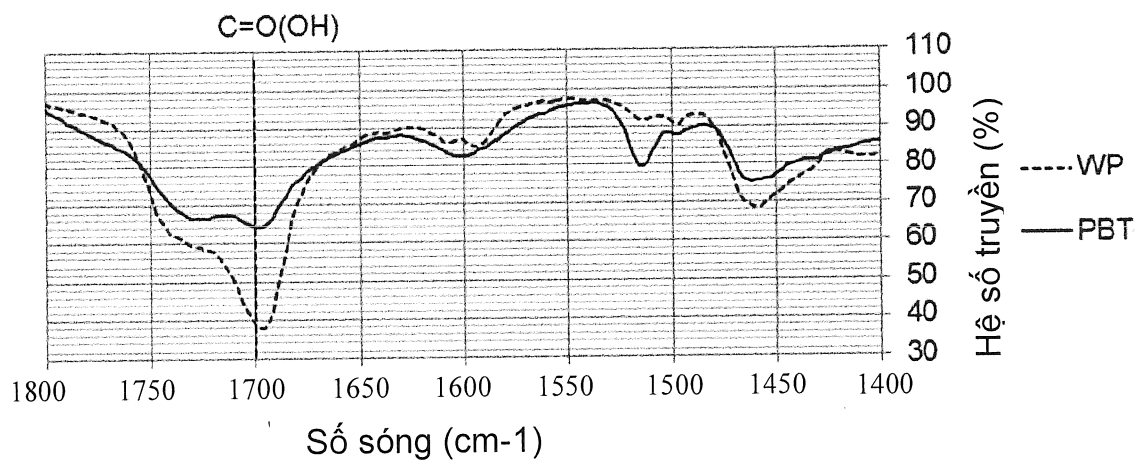


Fig. 8

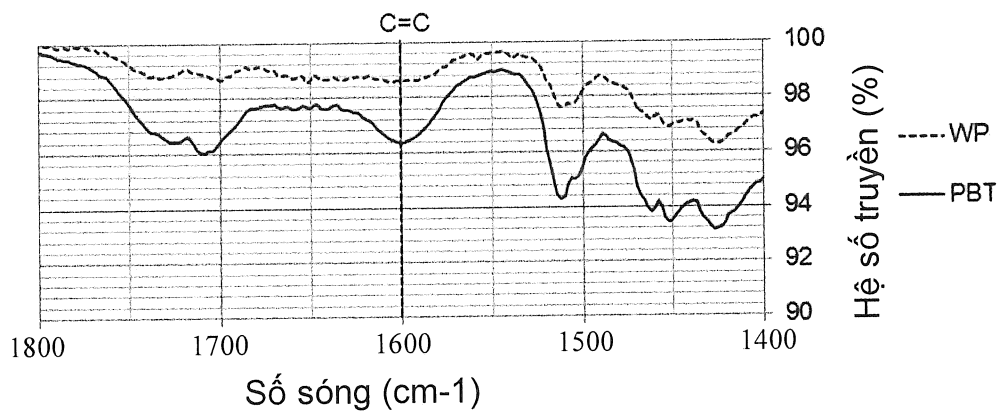


Fig. 9

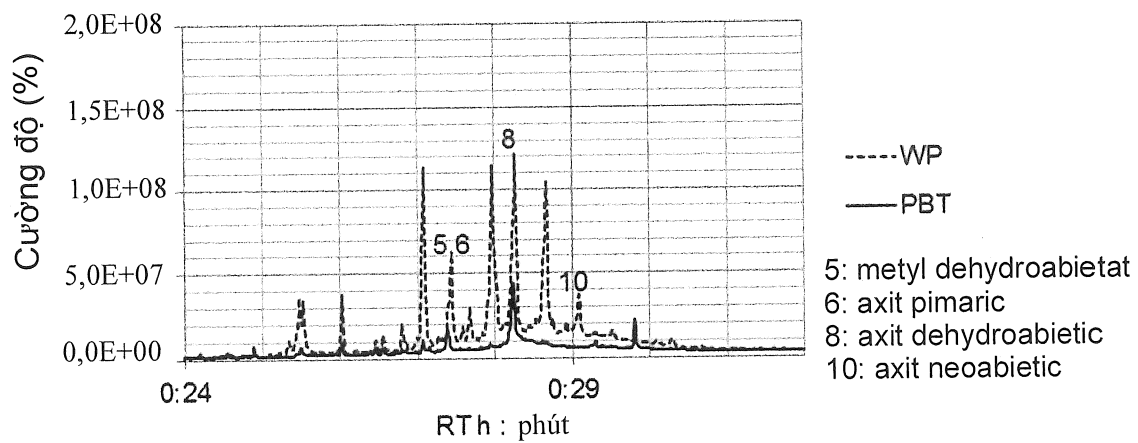


Fig. 10

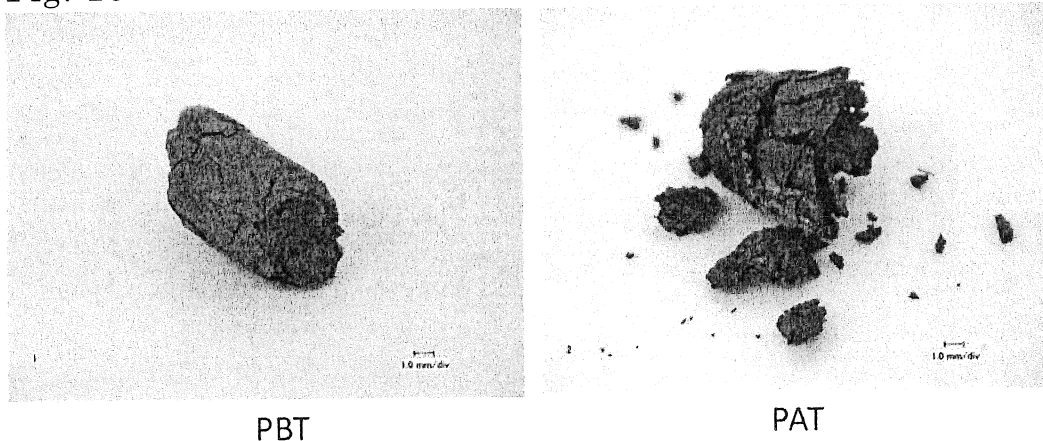


Fig. 11

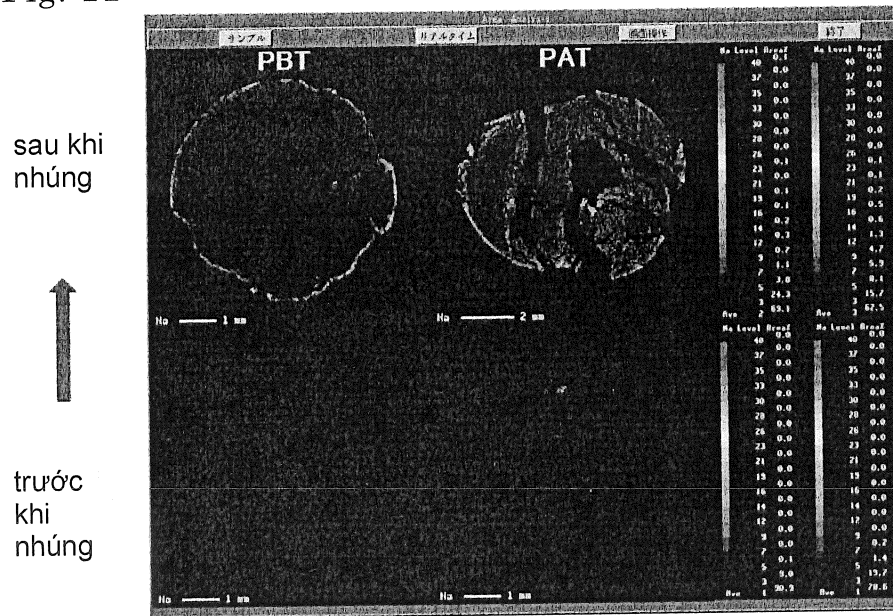


Fig. 12

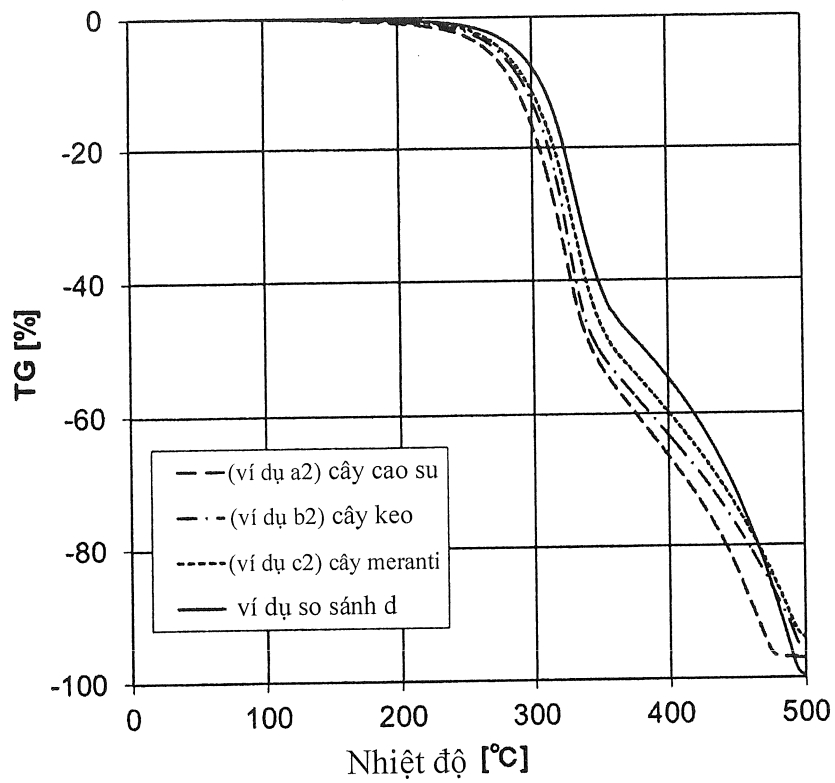


Fig. 13

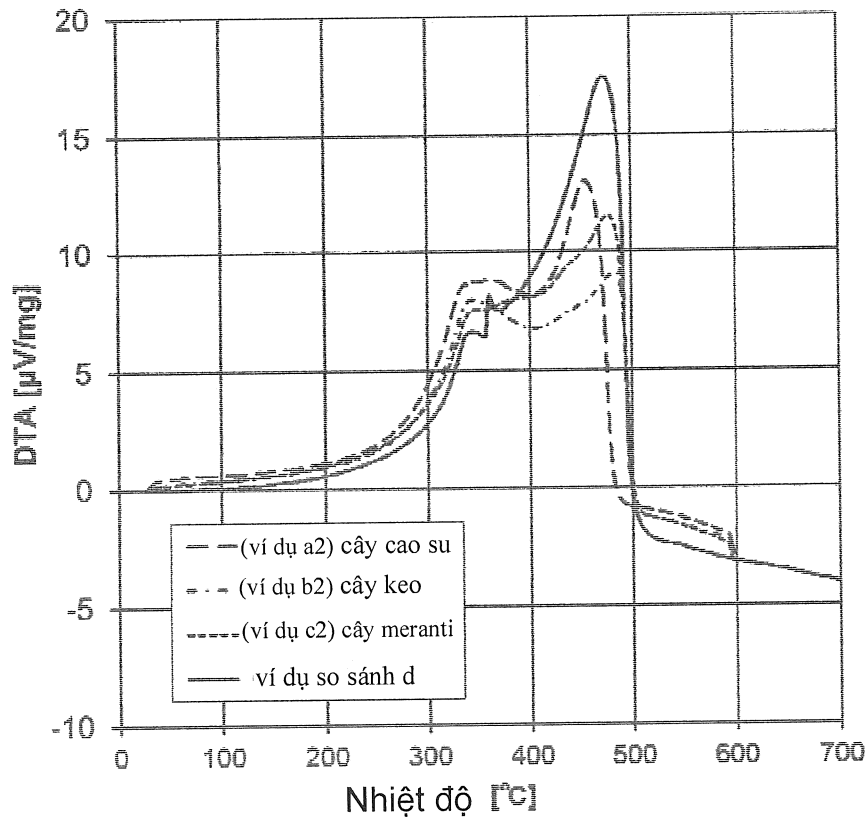


Fig. 14

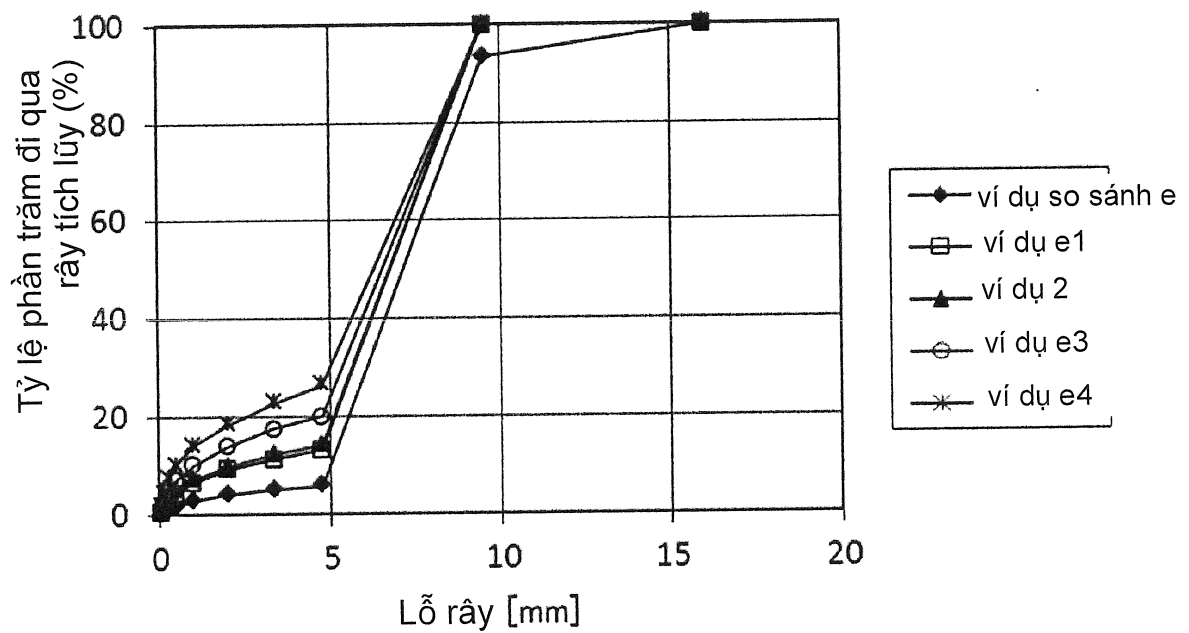


Fig. 15

