



(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) 
1-0023225

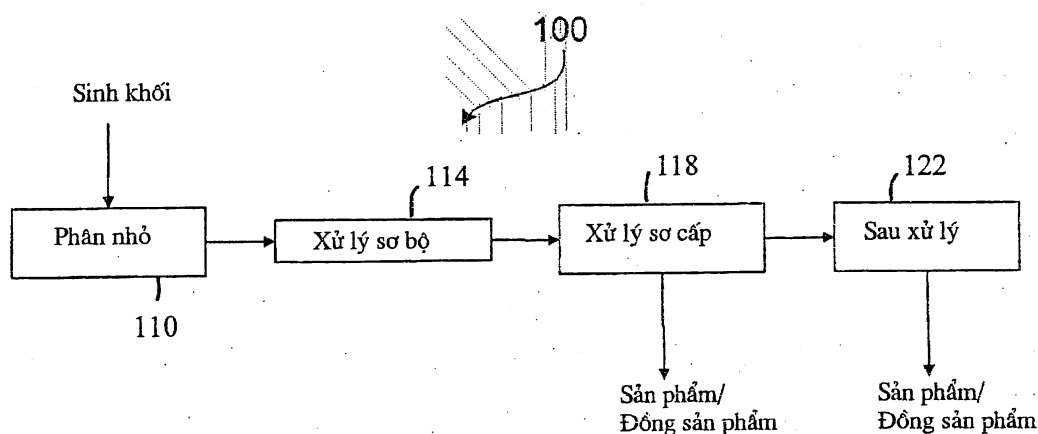
(51)⁷ **C08H 5/04, C10G 1/00, C10L 1/02,**
5/44, C08L 1/02, 97/02, C08J 3/28

(13) **B**

-
- | | | | |
|------|--|------------|--------------------|
| (21) | 1-2012-00675 | (22) | 26.10.2007 |
| (62) | 1-2009-01062 | | |
| (86) | PCT/US2007/022719 | 26.10.2007 | (87) WO2008/073186 |
| | | | 19.06.2008 |
| (30) | 60/854,519 | 26.10.2006 | US |
| | 60/863,290 | 27.10.2006 | US |
| | 60/859,911 | 17.11.2006 | US |
| | 60/875,144 | 15.12.2006 | US |
| | 60/881,891 | 23.01.2007 | US |
| (45) | 25.02.2020 | 383 | (43) 25.06.2012 |
| | | | 291 |
| (73) | XYLECO, INC. (US) | | |
| | 90 Addington Road, Brookline, MA 02146, United States of America | | |
| (72) | MEDOFF Marshall (US) | | |
| (74) | Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES) | | |
-

(54) **PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT FURFURAL**

(57) Sáng chế đề cập tới phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu sinh khối (ví dụ, sinh khối thực vật, sinh khối động vật và sinh khối chất thải đô thị) để tạo ra các sản phẩm hữu ích, như nhiên liệu. Phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử nguyên liệu sinh khối này là để xử lý các nguyên liệu, như nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza, để tạo ra etanol và/hoặc butanol, ví dụ, bằng cách lên men. Cụ thể, sáng chế đề cập tới phương pháp sản xuất furfural.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử nguyên liệu sinh khối, phương pháp sản xuất nhiên liệu, hệ thống xử lý nguyên liệu sinh khối và các sản phẩm thu được. Cụ thể, sáng chế đề cập tới phương pháp sản xuất furfural.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các nguyên liệu xenluloza và lignoxenluloza, ví dụ, ở dạng sợi, được tạo ra, xử lý và sử dụng trong rất nhiều ứng dụng. Thông thường, các nguyên liệu như vậy được sử dụng một lần và sau đó được thải bỏ dưới dạng chất thải, hoặc đơn giản chỉ được xem là chất thải, ví dụ, nước thải, bã mía, mùn cưa và rơm khô.

Việc sử dụng và ứng dụng các nguyên liệu xenluloza và lignoxenluloza đã được mô tả trong các patent Mỹ số 7074918, 6448307, 6258876, 6207729, 5973035 và 5952105; và trong nhiều đơn yêu cầu cấp patent khác nhau, bao gồm PCT/US2006/010648, nộp ngày 23 tháng ba năm 2006 với tên sáng chế “FIBROUS MATERIALS AND COMPOSITES” và công bố đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số 2007/0045456 cũng với tên sáng chế là “FIBROUS MATERIALS AND COMPOSITES”.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Nói chung, sáng chế đề cập tới nguyên liệu chứa hydrat cacbon (ví dụ, nguyên liệu sinh khối hoặc nguyên liệu thu được từ sinh khối), phương pháp sản xuất và xử lý các nguyên liệu như vậy để thay đổi cấu trúc của chúng và sản phẩm được tạo ra từ các nguyên liệu đã được làm thay đổi cấu trúc này. Ví dụ, nhiều phương pháp đã được mô tả trong bản mô tả này có thể tạo ra nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza có trọng lượng phân tử và/hoặc độ kết tinh thấp hơn so với nguyên liệu ban đầu. Nhiều phương pháp tạo ra nguyên liệu dễ được nhiều loại vi sinh vật chuyển hoá dễ dàng thành các sản phẩm hữu ích, như hydro, rượu (ví dụ, etanol hoặc butanol), axit hữu cơ (ví dụ, axit axetic), hydrocacbon, các đồng sản phẩm (ví dụ, các protein) hoặc hỗn hợp của chúng.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử nguyên liệu sinh khối bao gồm bước xử lý nguyên liệu sinh khối bằng cách làm giảm kích thước của một hoặc nhiều hơn một chiều của từng cụm sinh khối: xử lý sơ bộ nguyên liệu sinh khối bằng cách sử dụng hai hoặc nhiều hơn hai phương pháp xử lý sơ bộ khác nhau, mà mỗi phương pháp này đều làm thay đổi cấu trúc phân tử, trong đó các phương pháp xử lý sơ bộ khác nhau này được chọn từ các phương pháp chiếu xạ, siêu âm, nhiệt phân và oxy hóa; và dùng nguyên liệu sinh khối đã được xử lý và xử lý sơ bộ này để tạo ra sản phẩm.

Theo một số phương án, nguyên liệu sinh khối được xử lý và sau đó được xử lý sơ bộ. Nguyên liệu sinh khối có thể còn được xử lý sơ bộ và sau đó được xử lý.

Việc làm giảm kích thước của một hoặc nhiều hơn một chiều của từng cụm sinh khối có thể bao gồm, ví dụ, cắt, chặt hoặc nghiền.

Theo một số phương án, hai hoặc nhiều phương pháp xử lý sơ bộ nguyên liệu sinh khối được tiến hành đồng thời hoặc gần như đồng thời.

Ví dụ, hai hoặc nhiều phương pháp xử lý sơ bộ có thể bao gồm chiếu xạ và siêu âm. Ví dụ, chiếu xạ có thể là chiếu xạ bằng chùm tia điện tử. Theo các phương án cụ thể, việc chiếu xạ bằng chùm tia điện tử được tiến hành với tổng lượng bằng khoảng 10MRad và việc siêu âm được tiến hành với tổng năng lượng lớn hơn 5 MJ/m³. Việc chiếu xạ có thể tiến hành trước việc siêu âm, hoặc việc siêu âm có thể tiến hành trước việc chiếu xạ, hoặc chiếu xạ và siêu âm có thể được tiến hành đồng thời hoặc gần như đồng thời.

Ví dụ, sự thay đổi về cấu trúc phân tử nguyên liệu sinh khối có thể bao gồm sự thay đổi bất kỳ của một hoặc nhiều chỉ số bao gồm trọng lượng phân tử trung bình, độ kết tinh trung bình, diện tích bề mặt, mức độ polyme hoá, độ xốp, mức độ phân nhánh, mức độ ghép và kích thước miền của sinh khối. Theo một số phương án, sự thay đổi về cấu trúc phân tử nguyên liệu sinh khối bao gồm sự giảm của một trong hai chỉ số bao gồm trọng lượng phân tử trung bình hoặc độ kết tinh trung bình của sinh khối hoặc cả hai chỉ số này hoặc sự tăng của một trong số hai chỉ số bao gồm diện tích bề mặt và độ xốp của sinh khối hoặc cả hai chỉ số này.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất các sản phẩm, như nhiên liệu dễ cháy, bao gồm bước tạo ra nguyên liệu chứa hydrat cacbon thu được từ quy trình bao gồm bước xử lý sơ bộ nguyên liệu sinh khối bằng hai phương

pháp bất kỳ hoặc nhiều hơn trong số các phương pháp chiếu xạ, siêu âm, nhiệt phân và oxy hóa; và cho nguyên liệu này tiếp xúc với vi sinh vật có khả năng chuyển hoá ít nhất một phần, ví dụ, ít nhất khoảng 1% khối lượng, nguyên liệu này thành sản phẩm, như nhiên liệu dễ cháy.

Theo một số phương án, hai hoặc nhiều phương pháp xử lý sơ bộ khác nhau bao gồm chiếu xạ và siêu âm, chiếu xạ và oxy hóa, chiếu xạ và nhiệt phân, siêu âm và oxy hóa, siêu âm và nhiệt phân, hoặc oxy hóa và nhiệt phân.

Ví dụ, phương pháp bất kỳ được mô tả trong bản mô tả này có thể còn bao gồm bước xử lý sơ bộ nguyên liệu sinh khối bằng cách sử dụng hơi nước có áp suất cao.

Ví dụ, theo một số phương án, phương pháp này không bao gồm bước thủy phân sinh khối bằng axit hoặc bazơ.

Theo một số phương án, ít nhất khoảng 70% khối lượng sinh khối không được thủy phân, ví dụ, ít nhất 95% khối lượng sinh khối không được thủy phân. Theo các phương án cụ thể, sinh khối hầu như không được thủy phân.

Ví dụ, theo một số phương án, ít nhất một phương pháp xử lý sơ bộ được tiến hành trên sinh khối, trong đó ít hơn khoảng 25% khối lượng sinh khối được làm ướt bằng chất lỏng, như nước. Đặc biệt, theo một số phương án, ít nhất một phương pháp xử lý sơ bộ được tiến hành trên sinh khối, trong đó sinh khối này hầu như không được làm ướt bằng chất lỏng, như nước.

Sinh khối có thể chứa nước tồn lại với lượng ít hơn khoảng 5% khối lượng, được đo ở nhiệt độ 25°C và ở độ ẩm tương đối bằng 50%.

Theo một số phương án, ít nhất một phương pháp xử lý sơ bộ có thể được tiến hành trên sinh khối, trong đó ít hơn khoảng 25% khối lượng sinh khối ở trạng thái trương, là trạng thái có thể tích lớn hơn khoảng 2,5% so với trạng thái không trương. Theo phương án khác, sinh khối được trộn với hoặc chứa tác nhân gây trương.

Ví dụ, theo phương pháp bất kỳ được mô tả trong bản mô tả này, sinh khối có thể được trộn với hoặc chứa tác nhân gây trương và sinh khối có thể được chiếu xạ với lượng ít hơn khoảng 10Mrad.

Theo một số phương án, một trong số các phương pháp xử lý sơ bộ là hoặc bao gồm phương pháp chiếu xạ.

Theo một số phương án, ít nhất một trong số các phương pháp xử lý sơ bộ, ví dụ, chiếu xạ, được tiến hành trên nguyên liệu sinh khối trong khi nguyên liệu sinh khối này được cho tiếp xúc với không khí.

Có thể sử dụng cách tạo áp suất. Ví dụ, ít nhất một trong số các phương pháp xử lý sơ bộ, ví dụ, chiếu xạ, có thể được tiến hành trên sinh khối dưới áp suất cao hơn khoảng 250 MPa, như lớn hơn 500 MPa hoặc 1000MPa.

Phương pháp này có thể còn bao gồm việc oxy hoá, nhiệt phân, hoặc xử lý bằng hơi nước có áp suất cao sinh khối.

Ví dụ về nguyên liệu sinh khối bao gồm giấy, sản phẩm từ giấy, chất thải từ giấy, gỗ, vỏ bào, mùn cưa, chất thải nông nghiệp, nước thải, chất ủ xilô, cỏ, rạ, bã mía, bông, cây đay, cây gai dầu, cây lanh, cây tre, cây xiđan, cây chuối abaca, rom, lõi ngô, thân cây ngô khô, cỏ ba chẽ, cỏ linh lăng, cỏ khô, xơ dừa, bông, xenluloza tổng hợp, rong biển, tảo, hoặc hỗn hợp của chúng.

Sinh khối có thể là hoặc có thể chứa nguyên liệu tự nhiên hoặc tổng hợp.

Ví dụ về nhiên liệu bao gồm một hoặc nhiều nguyên liệu trong số hydro, rượu và hydrocacbon. Ví dụ, rượu có thể là etanol, n-propanol, isoproanol, n-butanol, hoặc hỗn hợp của chúng.

Vi sinh vật có thể là, ví dụ, vi khuẩn hoặc nấm men.

Việc chuyển hoá có thể bao gồm việc lên men nguyên liệu thành sản phẩm, như nhiên liệu dễ cháy.

Việc chiếu xạ có thể, ví dụ, được tiến hành bằng cách chiếu xạ ion hoá, như chiếu tia gama, chiếu xạ bằng chùm tia điện tử, hoặc chiếu tia cực tím C có bước sóng nằm trong khoảng từ 100nm tới 280nm.

Chiếu xạ ion hoá có thể bao gồm việc chiếu xạ bằng chùm tia điện tử.

Ví dụ, việc chiếu xạ có thể được tiến hành với tổng lượng nằm trong khoảng từ 10Mrad tới 150Mrad, như với mức độ chiếu xạ nằm trong khoảng từ 0,5 tới 10Mrad /ngày, hoặc 1Mrad/giây tới 10Mrad/giây.

Theo một số phương án, việc chiếu xạ bao gồm việc sử dụng hai hoặc nhiều nguồn chiếu xạ, như tia gama và chùm tia điện tử.

Ví dụ, việc siêu âm có thể được tiến hành ở tần số nằm trong khoảng từ 15 kHz tới 25 kHz, như nằm trong khoảng từ 18 kHz tới 22 kHz.

Theo một số phương án, sinh khối chứa xenluloza thứ nhất có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất và nguyên liệu hydrat cacbon chứa xenluloza thứ hai có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất. Ví dụ, trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất là cao hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai hơn khoảng một lần. Theo một số phương án, xenluloza thứ nhất có độ kết tinh thứ nhất và xenluloza thứ hai có độ kết tinh thứ hai thấp hơn so với độ kết tinh thứ nhất. Ví dụ, độ kết tinh thứ hai có thể thấp hơn so với độ kết tinh thứ nhất khoảng hơn 10%.

Theo một số phương án, xenluloza thứ nhất có thể có mức oxy hóa thứ nhất và xenluloza thứ hai có mức oxy hóa thứ hai cao hơn so với mức oxy hóa thứ nhất.

Ví dụ, nguyên liệu sinh khối có thể được xử lý bằng cách cắt nguồn sinh khối dạng sợi để tạo ra nguyên liệu dạng sợi. Ví dụ, việc cắt có thể được tiến hành bằng dao cắt quay. Các sợi của nguyên liệu dạng sợi có thể có, ví dụ, tỷ lệ trung bình giữa chiều dài và đường kính lớn hơn 5/1. Nguyên liệu dạng sợi có thể có, ví dụ, diện tích bề mặt BET lớn hơn $0,25\text{m}^2/\text{g}$.

Theo một số phương án, hydrat cacbon có thể chứa một hoặc nhiều liên kết β -1,4 và có trọng lượng phân tử trung bình số nằm trong khoảng từ 3.000 tới 50.000.

Ví dụ, nguyên liệu sinh khối đã được xử lý sơ bộ có thể còn chứa chất đệm, như natri bicacbonat hoặc amoni clorua, chất điện phân, như kali clorua hoặc natri clorua, yếu tố sinh trưởng, như biotin và/hoặc cặp bazơ như uraxil, chất hoạt động bề mặt, khoáng chất, hoặc chất tạo chelat.

Theo một số phương án, nguyên liệu sinh khối được xử lý sơ bộ bằng cách sử dụng ba phương pháp bất kỳ hoặc nhiều hơn trong số các phương pháp bao gồm chiếu xạ, siêu âm, nhiệt phân và oxy hóa, được tiến hành theo trình tự bất kỳ, hoặc gần như đồng thời.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất sản phẩm, như nhiên liệu dễ cháy bao gồm bước tạo ra nguyên liệu chứa hydrat cacbon thu được bằng cách xử lý sơ bộ nguyên liệu sinh khối bằng một hoặc nhiều phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp bao gồm chiếu xạ, siêu âm, oxy hóa, nhiệt phân và xử lý bằng hơi nước có áp suất cao, trong đó ít hơn khoảng 25% khối lượng sinh khối ở trạng thái trương, là trạng thái có thể tích lớn hơn khoảng 2,5% so với trạng thái

không trương danh nghĩa; và cho nguyên liệu này tiếp xúc với vi sinh vật có khả năng chuyển hoá ít nhất một phần, ví dụ, ít nhất khoảng 1% khối lượng, nguyên liệu này thành sản phẩm, như nhiên liệu dễ cháy.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất sản phẩm, như nhiên liệu dễ cháy bao gồm bước tạo ra nguyên liệu chứa hydrat cacbon thu được bằng cách xử lý sơ bộ nguyên liệu sinh khối bằng một hoặc nhiều phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp bao gồm chiếu xạ, siêu âm, oxy hóa, nhiệt phân và xử lý bằng hơi nước có áp suất cao, trong đó ít hơn khoảng 25% khối lượng sinh khối được thủy phân sau khi đã được xử lý sơ bộ; và cho nguyên liệu này tiếp xúc với vi sinh vật có khả năng chuyển hoá ít nhất một phần của nguyên liệu, ví dụ, ít nhất khoảng 1% khối lượng, thành sản phẩm, như nhiên liệu dễ cháy.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất sản phẩm, như nhiên liệu dễ cháy, bao gồm việc tạo ra nguyên liệu chứa hydrat cacbon thu được bằng cách xử lý sơ bộ nguyên liệu sinh khối bằng một hoặc nhiều phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp bao gồm chiếu xạ, siêu âm, oxy hóa, nhiệt phân và xử lý bằng hơi nước có áp suất cao, trong đó ít hơn khoảng 25% khối lượng sinh khối được cho tiếp xúc với chất lỏng, như nước; và cho nguyên liệu này tiếp xúc với vi sinh vật có khả năng chuyển hoá ít nhất một phần, ví dụ, ít nhất khoảng 1% khối lượng, nguyên liệu này thành sản phẩm, như nhiên liệu dễ cháy.

Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm việc chọn hai hoặc nhiều phương pháp xử lý sơ bộ khác nhau. Ví dụ, hai hoặc nhiều phương pháp xử lý sơ bộ khác nhau có thể bao gồm chiếu xạ và siêu âm, chiếu xạ và oxy hóa, chiếu xạ và nhiệt phân, siêu âm và oxy hóa, siêu âm và nhiệt phân, hoặc oxy hóa và nhiệt phân. Tùy ý, xử lý sơ bộ sinh khối có thể bao gồm việc xử lý bằng hơi nước có áp suất cao.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất sản phẩm, như nhiên liệu dễ cháy, bao gồm bước tạo ra nguyên liệu chứa hydrat cacbon thu được bằng cách xử lý sơ bộ nguyên liệu sinh khối đã được cắt nhỏ bằng một hoặc nhiều phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp bao gồm chiếu xạ, siêu âm, oxy hóa, nhiệt phân và xử lý bằng hơi nước có áp suất cao; và cho nguyên liệu này tiếp xúc với vi sinh vật có khả năng chuyển hoá ít nhất một phần nguyên liệu này, ví dụ, ít nhất khoảng 1% khối lượng, thành sản phẩm, như nhiên liệu dễ cháy.

Ví dụ, sinh khối đã được cắt nhỏ có thể bao gồm các sợi riêng biệt có tỷ lệ giữa chiều dài và đường kính(L/D) lớn hơn khoảng 5/1. Ví dụ, sinh khối có thể có các sợi bên trong và sinh khối này được cắt sao cho các sợi bên trong của nó hầu như được lộ ra. Ví dụ, sinh khối được cắt sao cho sinh khối này có mật độ khối thấp hơn khoảng 0,35g/cm³.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất hệ thống xử lý nguyên liệu sinh khối bao gồm môđun chia nhỏ nguyên liệu sinh khối để làm giảm kích thước của các cụm sinh khối; hai hoặc nhiều môđun xử lý sơ bộ tiếp theo: môđun chiếu xạ được bố trí để thực hiện việc chiếu xạ vào sinh khối; môđun siêu âm được bố trí để truyền năng lượng âm thanh vào sinh khối; môđun oxy hóa được bố trí để oxy hoá sinh khối; môđun nhiệt phân được bố trí để truyền nhiệt vào sinh khối; và hệ thống phụ để vận chuyển sinh khối tới các môđun trong hệ thống xử lý. Hai hoặc nhiều môđun xử lý sơ bộ được bố trí theo dãy và/hoặc được bố trí để xử lý một phần sinh khối gần như đồng thời. Ví dụ, hệ thống bất kỳ có thể còn bao gồm bể chứa.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm bể phản ứng chứa nguyên liệu sinh khối đã được xử lý sơ bộ chứa hydrat cacbon. Nguyên liệu sinh khối đã được xử lý sơ bộ này thu được bằng phương pháp bất kỳ được mô tả trong bản mô tả này.

Ví dụ, bể chứa có thể còn chứa vi sinh vật tiếp xúc với nguyên liệu, vi sinh vật này có khả năng chuyển hoá ít nhất một phần của nguyên liệu thành sản phẩm, như nhiên liệu dễ cháy. Ví dụ, bể chứa có thể có tổng thể tích lớn hơn khoảng 1.000 L, như lớn hơn 5.000 L.

Ví dụ, hệ thống bất kỳ có thể bao gồm môđun chiếu xạ và môđun siêu âm.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất nguyên liệu hydrat cacbon thu được từ quy trình bao gồm bước xử lý sơ bộ nguyên liệu sinh khối đã được cắt nhỏ bằng một hoặc nhiều phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp bao gồm chiếu xạ, siêu âm, oxy hóa, nhiệt phân và xử lý bằng hơi nước có áp suất cao. Ví dụ, bước xử lý sơ bộ này có thể được tiến hành bằng hai phương pháp bất kỳ hoặc nhiều hơn trong số các phương pháp bao gồm chiếu xạ, siêu âm, oxy hóa, nhiệt phân và xử lý bằng hơi nước có áp suất cao.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất nguyên liệu hydrat cacbon thu được từ quy trình bao gồm bước xử lý sơ bộ nguyên liệu sinh khối bằng hai phương pháp

bất kỳ hoặc nhiều hơn trong số các phương pháp bao gồm chiếu xạ, siêu âm, oxy hóa, nhiệt phân và xử lý bằng hơi nước có áp suất cao.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất hỗn hợp chứa nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza có đỉnh trọng lượng phân tử cao nhất thấp hơn khoảng 25.000 và độ kết tinh thấp hơn khoảng 55%. Ví dụ, nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza có thể có độ xốp lớn hơn khoảng 72%, bề mặt BET lớn hơn khoảng 0,75 m²/g, hoặc mật độ khối thấp hơn khoảng 0,5g/cm³. Ví dụ, hỗn hợp này có thể còn chứa enzym và/hoặc vi sinh vật.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất hỗn hợp chứa nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza chứa các sợi. Nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza có đỉnh trọng lượng phân tử cao nhất thấp hơn khoảng 25.000 và mật độ khối thấp hơn khoảng 0,5g/cm³.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất vật liệu compozit, như vật liệu compozit chứa nhựa và sợi bao gồm bước chiếu xạ nguyên liệu dạng sợi bao gồm nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza thứ nhất có trọng lượng phân tử thứ nhất để tạo ra nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza thứ hai có trọng lượng phân tử thứ hai cao hơn so với trọng lượng phân tử thứ nhất; và kết hợp nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza thứ hai với nguyên liệu khác, như nhựa.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất vật liệu compozit, như vật liệu compozit chứa nhựa và sợi, bao gồm bước kết hợp nguyên liệu, như nhựa, với nguyên liệu dạng sợi bao gồm nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza có trọng lượng phân tử thứ nhất để tạo ra vật liệu compozit chứa nguyên liệu dạng sợi và chất nền; và chiếu xạ vật liệu compozit thu được để làm tăng trọng lượng phân tử của nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza thứ nhất trong chất nền, như chất nền nhựa.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất vật liệu compozit, như vật liệu compozit chứa nhựa và sợi bao gồm bước chiếu xạ nguyên liệu dạng sợi bao gồm nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza thứ nhất có trọng lượng phân tử thứ nhất để tạo ra nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza thứ hai có trọng lượng phân tử thứ hai cao hơn so với trọng lượng phân tử thứ nhất; kết hợp nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza thứ hai với

nguyên liệu khác, như nhựa, để tạo ra vật liệu composit; và chiếu xạ vật liệu composit thu được.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất sản phẩm gỗ chiếu xạ bao gồm bước tạo ra sản phẩm gỗ chứa nguyên liệu chứa hydrat cacbon thứ nhất có trọng lượng phân tử thứ nhất; và chiếu xạ sản phẩm gỗ để tạo ra sản phẩm gỗ chiếu xạ chứa nguyên liệu chứa hydrat thứ hai có trọng lượng phân tử thứ hai cao hơn so với trọng lượng phân tử thứ nhất. Ví dụ, phương pháp này có thể còn bao gồm việc siêu âm, ví dụ, trước khi, sau khi, hoặc đồng thời với việc chiếu xạ.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm bước tạo ra nguyên liệu thứ nhất chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất; chiếu xạ nguyên liệu thứ nhất để tạo ra nguyên liệu thứ hai chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất; và kết hợp nguyên liệu thứ hai với vi sinh vật. Vi sinh vật sử dụng, ví dụ, lên men hoặc chuyển hoá nguyên liệu thứ hai và trong một số trường hợp, nguyên liệu thứ nhất, thành nguyên liệu hữu ích, ví dụ, nhiên liệu dễ cháy. Ví dụ, nhiên liệu dễ cháy có thể bao gồm một hoặc nhiều nhiên liệu trong số hydro, rượu, axit hữu cơ, hydrocacbon hoặc hỗn hợp của chúng. Nguyên liệu được ưu tiên là etanol hoặc butanol, ví dụ, n-, sec- hoặc t-butanol.

Theo một số phương án, nguyên liệu thứ nhất bao gồm nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza. Ví dụ, nguyên liệu thứ nhất có thể là hoặc có thể chứa giấy, sản phẩm từ giấy, gỗ, nguyên liệu từ gỗ, vỏ bào, cò, rạ, bã mía, bông, cây đay, cây gai dầu, cây lanh, cây tre, cây xidăn, cây chuối abaca, rom, lõi ngô, tảo, rong biển, xơ dừa, bông, xenluloza tổng hợp hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng.

Theo các phương án được ưu tiên, nguyên liệu thứ nhất dưới dạng nguyên liệu dạng sợi bao gồm các sợi được tạo ra bằng cách cắt nguồn sợi. Một mình việc cắt có thể làm giảm độ kết tinh của nguyên liệu dạng sợi và có thể tác dụng hiệp đồng với kỹ thuật bất kỳ trong quy trình cũng làm giảm độ kết tinh và/hoặc trọng lượng phân tử. Ví dụ, việc cắt có thể được tiến hành bằng dao cắt quay. Theo một số phương án, nguyên liệu dạng sợi có tỷ lệ trung bình giữa chiều dài và đường kính lớn hơn 5/1.

Nguyên liệu thứ nhất và/hoặc thứ hai có thể có, ví dụ, diện tích bề mặt BET lớn hơn $0,25 \text{ m}^2/\text{g}$ và/hoặc độ xốp lớn hơn khoảng 25%.

Theo một số phương án, việc chiếu xạ được tiến hành bằng cách chiếu xạ ion hoá, như chiếu tia gama hoặc chiếu xạ bằng chùm tia điện tử.

Theo các phương án được ưu tiên, vi sinh vật là vi khuẩn hoặc nấm, như nấm men.

Theo một số phương án, trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất ít nhất khoảng 25%, ví dụ 50%.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm việc cắt nguồn sợi để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ nhất chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất; và chiếu xạ nguyên liệu dạng sợi thứ nhất để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ hai chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất. Việc cắt có thể tác dụng hiệp đồng với chiếu xạ để làm giảm độ kết tinh và/hoặc trọng lượng phân tử.

Các phương pháp như vậy có thể còn bao gồm bước kết hợp nguyên liệu thứ hai với vi sinh vật.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm bước chiếu xạ nguồn sợi, ví dụ, giấy, chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất để tạo ra nguồn sợi chiếu xạ chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai nhỏ hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất; và cắt nguồn sợi chiếu xạ để tạo ra nguyên liệu dạng sợi. So với nguyên liệu đã được chiếu xạ sơ bộ, nguyên liệu đã được chiếu xạ có thể là giòn và dễ bị “mở ra” hơn trong khi cắt.

Các phương pháp như vậy có thể còn bao gồm việc kết hợp nguyên liệu dạng sợi với vi sinh vật.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm việc tạo ra nguyên liệu lignoxenluloza thứ nhất chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất; và chiếu xạ nguyên liệu lignoxenluloza thứ nhất để tạo ra nguyên liệu lignoxenluloza chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất.

Các phương pháp như vậy có thể còn bao gồm việc kết hợp nguyên liệu lignoxenluloza với vi sinh vật hoặc loại bỏ lignin ra khỏi nguyên liệu lignoxenluloza để tạo ra nguyên liệu đã được loại bỏ lignin và sau đó kết hợp nguyên liệu đã được loại bỏ lignin với vi sinh vật. Ví dụ, lignin sau khi xử lý có thể

được sử dụng làm chất chất trợ xử lý đối với chất dẻo hoặc nó có thể được đốt cháy để tạo ra năng lượng.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm việc tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ nhất chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất; làm đặc nguyên liệu dạng sợi thứ nhất để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ nhất đã được làm đặc; và chiếu xạ nguyên liệu dạng sợi thứ nhất đã được làm đặc để tạo ra nguyên liệu thứ hai đã được làm đặc chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất. Việc làm đặc, có thể tác dụng hiệp đồng với sự chiếu xạ để làm giảm trọng lượng phân tử và có thể còn làm tăng năng suất ở bước xử lý bất kỳ đã được mô tả trong bản mô tả này.

Các phương pháp như vậy có thể còn bao gồm việc kết hợp nguyên liệu dạng sợi đã được làm đặc thứ hai với vi sinh vật hoặc tạo sợi nguyên liệu dạng sợi đã được làm đặc thứ hai để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ hai và sau đó kết hợp nguyên liệu dạng sợi thứ hai với vi sinh vật.

Để trợ giúp thêm cho việc làm giảm trọng lượng phân tử của xenluloza, enzym, ví dụ, enzym thủy phân xenluloza và/hoặc tác nhân gây trương, có thể được sử dụng trong phương pháp bất kỳ được mô tả trong bản mô tả này.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm việc siêu âm nguyên liệu thứ nhất chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất để tạo ra nguyên liệu thứ hai chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất; và kết hợp nguyên liệu thứ hai với vi sinh vật. Vi sinh vật sử dụng, ví dụ, lên men hoặc chuyển hoá, nguyên liệu thứ hai và trong một số trường hợp nguyên liệu thứ nhất, để tạo ra nguyên liệu hữu ích, ví dụ, nhiên liệu dễ cháy. Ví dụ, nhiên liệu dễ cháy có thể là hoặc có thể chứa hydro, rượu, axit hữu cơ, hydrocacbon hoặc hỗn hợp của chúng. Nguyên liệu được ưu tiên là etanol hoặc butanol, ví dụ, n-, sec- đến t-butanol.

Theo một số phương án, nguyên liệu thứ nhất bao gồm nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza. Ví dụ, nguyên liệu thứ nhất có thể là hoặc có thể chứa giấy, sản phẩm từ giấy, gỗ, nguyên liệu từ gỗ, vỏ bào, cò, rạ, bã mía, bông, cây đay, cây gai dầu, cây lanh, cây tre, cây xitlan, cây chuối abaca, rơm, lõi ngô, tảo, rong biển, xơ dừa, bông, xenluloza tổng hợp hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng.

Theo các phương án được ưu tiên, nguyên liệu thứ nhất dưới dạng nguyên liệu dạng sợi bao gồm các sợi được tạo ra bằng cách cắt nguồn sợi. Việc cắt có thể tác dụng hiệp đồng với siêu âm để làm giảm trọng lượng phân tử và/hoặc độ kết tinh. Ví dụ, việc cắt có thể được tiến hành bằng dao cắt quay. Theo một số phương án, nguyên liệu dạng sợi có tỷ lệ trung bình giữa chiều dài và đường kính lớn hơn 5/1.

Nguyên liệu thứ nhất và/hoặc nguyên liệu thứ hai có thể có, ví dụ, diện tích bề mặt BET lớn hơn $0,25 \text{ m}^2/\text{g}$ và/hoặc độ xốp lớn hơn khoảng 25%.

Theo một số phương án, việc siêu âm được tiến hành bằng âm thanh có tần số nằm trong khoảng từ 16 kHz tới 100 kHz và/hoặc cường độ nằm trong khoảng từ 30 W/cm^2 tới 600 W/cm^2 .

Theo các phương án được ưu tiên, vi sinh vật là vi khuẩn hoặc nấm, như nấm men.

Theo một số phương án, trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai là thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất ít nhất khoảng 25%, ví dụ, thấp hơn 50%.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm việc cắt nguồn sợi để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ nhất chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất; và việc siêu âm nguyên liệu dạng sợi thứ nhất để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ hai chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất.

Các phương pháp như vậy có thể còn bao gồm việc kết hợp nguyên liệu thứ hai với vi sinh vật.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm việc siêu âm nguồn sợi, ví dụ, giấy, chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất để tạo ra nguồn sợi được siêu âm chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai nhỏ hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất; và cắt nguồn sợi được siêu âm để tạo ra nguyên liệu dạng sợi. So với nguyên liệu đã được siêu âm sơ bộ, nguyên liệu đã được siêu âm có thể là giòn và dễ bị “mở ra” hơn trong quá trình cắt.

Các phương pháp như vậy có thể còn bao gồm việc kết hợp nguyên liệu dạng sợi với vi sinh vật.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm việc siêu âm nguyên liệu lignoxenluloza thứ nhất chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất để tạo ra nguyên liệu lignoxenluloza chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất.

Các phương pháp như vậy có thể còn bao gồm việc kết hợp nguyên liệu lignoxenluloza với vi sinh vật hoặc loại bỏ lignin ra khỏi nguyên liệu lignoxenluloza để tạo ra nguyên liệu đã được loại bỏ lignin và sau đó kết hợp nguyên liệu đã được loại bỏ lignin với vi sinh vật.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm việc siêu âm nguyên liệu dạng sợi thứ nhất chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ hai chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất; và làm đặc nguyên liệu dạng sợi thứ hai để tạo ra nguyên liệu dạng sợi đã được làm đặc.

Các phương pháp như vậy có thể còn bao gồm việc kết hợp nguyên liệu dạng sợi đã được làm đặc với vi sinh vật hoặc tạo sợi nguyên liệu dạng sợi đã được làm đặc để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ ba và sau đó kết hợp nguyên liệu dạng sợi thứ ba này với vi sinh vật.

Để trợ giúp thêm cho việc làm giảm trọng lượng phân tử của xenluloza, enzym, ví dụ, enzym thuỷ phân xenluloza, hoặc hoá chất, ví dụ, natri hypoclorit, axit, bazơ hoặc tác nhân gây trương, có thể được sử dụng trong phương pháp bất kỳ được mô tả trong bản mô tả này. Việc xử lý bằng enzym và/hoặc hoá chất có thể xảy ra trước, trong khi hoặc sau khi siêu âm.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm việc nhiệt phân nguyên liệu thứ nhất chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất để tạo ra nguyên liệu thứ hai chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất; và kết hợp nguyên liệu thứ hai với vi sinh vật. Vi sinh vật sử dụng, ví dụ, lên men hoặc chuyển hoá, nguyên liệu thứ hai và trong một số trường hợp nguyên liệu thứ nhất, để tạo ra nguyên liệu hữu ích, ví dụ, nhiên liệu dễ cháy. Ví dụ, nhiên liệu dễ cháy có thể bao gồm một hoặc nhiều nguyên liệu trong số hydro, rượu, axit hữu cơ, hydrocacbon hoặc hỗn hợp của chúng. Nguyên liệu được ưu tiên là etanol hoặc butanol.

Theo một số phương án, nguyên liệu thứ nhất bao gồm nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza. Ví dụ, nguyên liệu thứ nhất có thể là hoặc có thể chứa giấy, sản phẩm từ giấy, gỗ, nguyên liệu từ gỗ, vỏ bào, cò, rạ, bã mía, bông, cây đay, cây gai dầu, cây lanh, cây tre, cây xidăn, cây chuối abaca, rơm, lõi ngô, tảo, rong biển, xơ dừa, bông, xenluloza tổng hợp hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng.

Theo các phương án được ưu tiên, nguyên liệu thứ nhất dưới dạng nguyên liệu dạng sợi bao gồm các sợi được tạo ra bằng cách cắt nguồn sợi. Nguyên liệu có tiết diện tương đối nhỏ có thể thường được nhiệt phân một cách dễ kiểm soát và có hiệu quả cao hơn. Ví dụ, việc cắt có thể được tiến hành bằng dao cắt quay. Theo một số phương án, nguyên liệu dạng sợi có tỷ lệ trung bình giữa chiều dài và đường kính lớn hơn 5/1.

Nguyên liệu thứ nhất và/hoặc nguyên liệu thứ hai có thể có, ví dụ, diện tích bề mặt BET lớn hơn $0,25 \text{ m}^2/\text{g}$ và/hoặc độ xốp lớn hơn khoảng 25%. Diện tích bề mặt và/hoặc độ xốp cao có thể làm tăng tốc độ phản ứng, làm cho quy trình có hiệu quả hơn.

Theo các phương án được ưu tiên, vi sinh vật là vi khuẩn hoặc nấm, như nấm men.

Theo một số phương án, trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai là thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất ít nhất khoảng 25%, ví dụ, thấp hơn 50%.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm việc cắt nguồn sợi để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ nhất chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất; và nhiệt phân nguyên liệu dạng sợi thứ nhất để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ hai chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất.

Các phương pháp như vậy có thể còn bao gồm việc kết hợp nguyên liệu thứ hai với vi sinh vật.

Phương pháp bao gồm việc nhiệt phân nguồn sợi, ví dụ, giấy, chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất để tạo ra nguồn sợi nhiệt phân chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai nhỏ hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất; và cắt nguồn sợi đã được nhiệt phân để tạo ra nguyên liệu dạng sợi. So với nguyên liệu đã được nhiệt phân sơ bộ, nguyên liệu đã

được nhiệt phân này có thể là giòn và dễ bị “mở ra” hơn trong quá trình cắt. Việc cắt nguyên liệu đã được nhiệt phân có thể tốn ít năng lượng hơn và có thể có hiệu quả hơn.

Các phương pháp như vậy có thể còn bao gồm việc kết hợp nguyên liệu dạng sợi với vi sinh vật.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm việc nhiệt phân nguyên liệu lignoxenluloza thứ nhất chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất để tạo ra nguyên liệu lignoxenluloza chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất.

Các phương pháp như vậy có thể còn bao gồm việc kết hợp nguyên liệu lignoxenluloza với vi sinh vật hoặc loại bỏ lignin ra khỏi nguyên liệu lignoxenluloza để tạo ra nguyên liệu đã được loại bỏ lignin và sau đó kết hợp nguyên liệu đã được loại bỏ lignin với vi sinh vật.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm việc nhiệt phân nguyên liệu dạng sợi thứ nhất chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ hai chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất; và làm đặc nguyên liệu dạng sợi thứ hai để tạo ra nguyên liệu dạng sợi đã được làm đặc.

Các phương pháp như vậy có thể còn bao gồm việc kết hợp nguyên liệu dạng sợi đã được làm đặc với vi sinh vật hoặc tạo sợi nguyên liệu dạng sợi đã được làm đặc để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ ba và sau đó kết hợp nguyên liệu dạng sợi thứ ba này với vi sinh vật.

Để trợ giúp thêm cho việc làm giảm trọng lượng phân tử của xenluloza, enzym, ví dụ, enzym thuỷ phân xenluloza, hoặc hoá chất, ví dụ, natri hypoclorit hoặc axit hoặc bazơ, có thể được sử dụng trong phương pháp bất kỳ được mô tả trong bản mô tả này. Việc xử lý bằng enzym và/hoặc hoá chất có thể xảy ra trước, trong khi hoặc sau khi nhiệt phân.

Theo khía cạnh hoặc phương án bất kỳ đã được mô tả trong bản mô tả này, việc nhiệt phân có thể bao gồm bất kỳ một hoặc nhiều hình thức sau. Việc nhiệt phân có thể bao gồm việc đốt nóng nguyên liệu thứ nhất bằng cách sử dụng bộ phận đốt nóng có điện trở, như dây kim loại hoặc dải kim loại. Việc đốt nóng có thể xảy ra bằng cách cho bộ phận đốt nóng có điện trở tiếp xúc trực tiếp với nguyên liệu thứ

nhất. Việc nhiệt phân có thể bao gồm việc đốt nóng nguyên liệu thứ nhất bằng cách cảm ứng, như bằng cách sử dụng thiết bị nhiệt phân Currie-Point. Việc nhiệt phân có thể bao gồm việc đốt nóng nguyên liệu thứ nhất bằng cách chiếu xạ, như chiếu xạ hồng ngoại. Việc chiếu xạ có thể được tạo ra bằng laze, như laze hồng ngoại. Việc nhiệt phân có thể bao gồm việc đốt nóng nguyên liệu thứ nhất bằng nhiệt đối lưu. Nhiệt đối lưu có thể được tạo ra bằng dòng khí đã được đốt nóng. Khí đã được đốt nóng có thể được duy trì ở nhiệt độ thấp hơn khoảng 1200°C, như thấp hơn 1000°C, thấp hơn 750°C, thấp hơn 600°C, thấp hơn 400°C hoặc thậm chí thấp hơn 300°C. Khí đã được đốt nóng có thể được duy trì ở nhiệt độ lớn hơn khoảng 250°C. Nhiệt đối lưu có thể được tạo ra bằng bộ toả nhiệt bao quanh nguyên liệu thứ nhất, như trong lò. Việc nhiệt phân có thể bao gồm việc đốt nóng nguyên liệu thứ nhất bằng hơi nước ở nhiệt độ cao hơn khoảng 250°C.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm việc oxy hoá nguyên liệu thứ nhất chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất và có hàm lượng oxy thứ nhất để tạo ra nguyên liệu thứ hai chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai và có hàm lượng oxy thứ hai cao hơn so với hàm lượng oxy thứ nhất. Nguyên liệu thứ hai có thể được kết hợp với nhựa, ví dụ, nhựa dẻo nhiệt được làm nóng chảy, để tạo ra vật liệu compozit. Mức oxy hóa cao hơn, trong khi duy trì trọng lượng phân tử, có thể tạo ra vật liệu compozit có đặc tính cơ học đặc biệt, như độ bền mài mòn, độ bền nén, độ bền chống đứt gãy, độ bền chống va đập, độ bền uốn, mô đun kéo, mô đun uốn và độ giãn dài khi đứt cải thiện. Nguyên liệu thứ hai có thể còn được kết hợp với chất rắn và/hoặc chất lỏng bất kỳ đã được mô tả trong bản mô tả này, hoặc chất rắn và/hoặc chất lỏng bất kỳ được mô tả trong đơn yêu cầu cấp patent, patent hoặc công bố bất kỳ được đưa vào đây bằng cách viện dẫn.

Để cải thiện thêm khả năng phân tán, nhựa có thể chứa hợp phần chứa nhóm liên kết hydro, như một hoặc nhiều nhóm anhydrit, nhóm axit carboxylic, nhóm hydroxyl, nhóm amit, nhóm amin hoặc hỗn hợp bất kỳ bao gồm các nhóm này. Theo một số phương án được ưu tiên, hợp phần chứa polyme được copolyme hoá với và/hoặc được ghép với anhydrit maleic. Các nguyên liệu như vậy có thể mua được từ Dupont dưới nhãn hiệu thương mại FUSABOND®.

Nguyên liệu thứ nhất có thể là hoặc có thể chứa, ví dụ, giấy, sản phẩm từ giấy, gỗ, nguyên liệu từ gỗ, vỏ bào, cò, rạ, bã mía, bông, cây đay, cây gai dầu, cây

lanh, cây tre, cây xidăn, cây chuối abaca, rơm, lõi ngô, xơ dừa, bông, xenluloza tổng hợp hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng. Các nguyên liệu khác chứa xenluloza đã được mô tả trong bản mô tả này. Các nguyên liệu khác còn bao gồm nguyên liệu chứa xenluloza được mô tả trong patent, đơn yêu cầu cấp patent và các công bố được đưa vào đây bằng cách viện dẫn.

Theo một số phương án ưu tiên, nguyên liệu thứ nhất dưới dạng nguyên liệu dạng sợi bao gồm các sợi. Nguyên liệu dạng sợi như vậy có thể, ví dụ, được tạo ra bằng cách cắt nguồn sợi, như bằng cách cắt nguồn sợi bằng dao cắt quay. Ví dụ, để có được đặc tính cơ học cao nhất, thường mong muốn là các sợi của nguyên liệu dạng sợi có tỷ lệ trung bình giữa chiều dài và đường kính lớn hơn 5/1. Ví dụ, để có được khả năng phân tán cao nhất, thường mong muốn là nguyên liệu thứ nhất và/hoặc nguyên liệu thứ hai có diện tích bề mặt BET lớn hơn $0,25\text{m}^2/\text{g}$ và/hoặc độ xốp lớn hơn khoảng 25%.

Việc oxy hóa các nguyên liệu đã được mô tả trong bản mô tả này có thể được trợ giúp bằng nhiều kỹ thuật, bao gồm kỹ thuật nhiệt phân. Ví dụ, việc oxy hoá có thể bao gồm việc nhiệt phân nguyên liệu thứ nhất bằng cách đốt nóng nguyên liệu thứ nhất bằng cách sử dụng bộ phận đốt nóng có điện trở, như dây kim loại hoặc dải kim loại, trong môi trường oxy hoá, như với sự có mặt của không khí, khí trơ đã được làm giàu oxy (ví dụ, argon), hoặc chính oxy. Theo một số phương pháp được ưu tiên, việc đốt nóng xảy ra bằng cách cho bộ phận đốt nóng có điện trở tiếp xúc trực tiếp với nguyên liệu thứ nhất. Theo các phương pháp khác, việc oxy hoá bao gồm việc nhiệt phân nguyên liệu thứ nhất bằng cách đốt nóng nguyên liệu thứ nhất bằng cách cảm ứng, như bằng thiết bị nhiệt phân Currie-Point, trong môi trường oxy hoá. Theo các phương pháp khác, việc oxy hoá bao gồm việc nhiệt phân nguyên liệu thứ nhất bằng cách đốt nóng nguyên liệu thứ nhất bằng cách chiếu xạ, như chiếu xạ hồng ngoại, trong môi trường oxy hoá. Theo một phương pháp, việc chiếu xạ được tạo ra bằng laze hồng ngoại. Theo các phương pháp khác, việc oxy hoá bao gồm việc nhiệt phân nguyên liệu thứ nhất bằng cách đốt nóng nguyên liệu thứ nhất bằng nhiệt đối lưu trong môi trường oxy hoá. Ví dụ, nhiệt đối lưu có thể được tạo ra bằng dòng khí đã được đốt nóng. Ví dụ, khí đã được đốt nóng có thể được duy trì ở nhiệt độ thấp hơn khoảng 1200°C , như thấp hơn 1000°C , thấp hơn 750°C , thấp hơn 600°C , thấp hơn 400°C hoặc thậm chí thấp hơn 300°C . Theo các

phương pháp khác, nhiệt đối lưu được tạo ra bằng bộ toả nhiệt bao quanh nguyên liệu thứ nhất. Theo các phương pháp khác, việc oxy hoá bao gồm việc nhiệt phân nguyên liệu thứ nhất bằng cách đốt nóng nguyên liệu thứ nhất bằng hơi nước ở nhiệt độ cao hơn khoảng 250°C.

Việc oxy hóa các nguyên liệu có thể được trợ giúp bằng các kỹ thuật khác, bao gồm siêu âm. Ví dụ, việc oxy hoá có thể bao gồm việc siêu âm nguyên liệu thứ nhất trong môi trường oxy hoá. Ví dụ, việc siêu âm có thể được tiến hành trong khi nguyên liệu thứ nhất được phân tán trong môi trường nước. Theo một số phương án ưu tiên, việc siêu âm được tiến hành bằng cách sử dụng âm thanh có tần số nằm trong khoảng từ 12 kHz tới 25 kHz.

Việc oxy hóa các nguyên liệu có thể được tiến hành bằng các kỹ thuật khác, bao gồm ion hoá và/hoặc chiếu xạ không ion hoá. Ví dụ, việc oxy hoá có thể bao gồm chiếu xạ nguyên liệu thứ nhất bằng tia gamma trong môi trường oxy hoá và/hoặc chiếu xạ nguyên liệu thứ nhất bằng chùm tia điện tử trong môi trường oxy hoá.

Theo một số phương án ưu tiên để tạo ra vật liệu composit, trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất không quá 15%. Theo một số phương án để tạo ra vật liệu composit, trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai là xấp xỉ với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất.

Theo một số phương án ưu tiên, hàm lượng oxy thứ hai là cao hơn so với hàm lượng oxy thứ nhất ít nhất khoảng 5%, hoặc thậm chí tốt hơn nữa là cao hơn so với hàm lượng oxy thứ nhất 20%.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm việc cắt nguồn sợi để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ nhất chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất và có hàm lượng oxy thứ nhất. Nguyên liệu dạng sợi thứ nhất được oxy hóa để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ hai chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai và có hàm lượng oxy thứ hai cao hơn so với hàm lượng oxy thứ nhất. Nguyên liệu dạng sợi thứ hai có thể được sử dụng để tạo ra vật liệu composit hoặc nó có thể được sử dụng cho các ứng dụng khác. Ví dụ, nguyên liệu thứ hai có thể được kết hợp với chất rắn và/hoặc chất lỏng bất kỳ đã được mô tả trong bản mô tả này, hoặc chất rắn và/hoặc chất lỏng bất kỳ được mô tả trong đơn yêu cầu cấp patent, patent hoặc công bố bất kỳ được đưa vào đây bằng cách viện dẫn.

Nếu muốn và khi tạo ra vật liệu composit, phương pháp này có thể còn bao gồm việc kết hợp nguyên liệu dạng sợi thứ hai với nhựa, như nhựa dẻo nhiệt hoặc rắn nhiệt.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm việc oxy hoá nguồn sợi chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất và có hàm lượng oxy thứ nhất để tạo ra nguồn sợi đã được oxy hóa chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai và có hàm lượng oxy thứ hai cao hơn so với hàm lượng oxy thứ nhất. Sau đó, nguồn sợi đã được oxy hóa được cắt để tạo ra nguyên liệu dạng sợi đã được oxy hóa bao gồm các sợi. Nguyên liệu dạng sợi đã được oxy hóa này có thể được sử dụng để tạo ra vật liệu composit hoặc nó có thể được sử dụng cho các ứng dụng khác. Ví dụ, nguyên liệu thứ hai có thể được kết hợp với chất rắn và/hoặc chất lỏng bất kỳ đã được mô tả trong bản mô tả này, hoặc chất rắn và/hoặc chất lỏng bất kỳ được mô tả trong đơn yêu cầu cấp patent, patent hoặc công bố bất kỳ được đưa vào đây bằng cách viện dẫn.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm việc oxy hoá nguyên liệu thứ nhất chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất và có hàm lượng oxy thứ nhất để tạo ra nguyên liệu thứ hai chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai và có hàm lượng oxy thứ hai cao hơn so với hàm lượng oxy thứ nhất. Nguyên liệu dạng sợi thứ hai được làm đặc để tạo ra nguyên liệu dạng sợi đã được làm đặc.

Nếu muốn, các phương pháp này có thể còn bao gồm việc kết hợp nguyên liệu dạng sợi đã được làm đặc với nhựa. Theo một số được ưu tiên phương án, phương pháp này còn bao gồm việc tạo sợi nguyên liệu dạng sợi đã được làm đặc để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ ba và sau đó kết hợp nguyên liệu dạng sợi thứ ba này với nhựa, như nhựa dẻo nhiệt. Nguyên liệu đã được làm đặc hoặc dạng sợi thứ ba có thể cũng được kết hợp với chất rắn và/hoặc chất lỏng bất kỳ đã được mô tả trong bản mô tả này, hoặc chất rắn và/hoặc chất lỏng bất kỳ được mô tả trong đơn yêu cầu cấp patent, patent hoặc công bố bất kỳ được đưa vào đây bằng cách viện dẫn.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm việc chuyển hoá nguyên liệu thứ nhất chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất và có hàm lượng oxy thứ nhất thành nguyên liệu thứ hai chứa xenluloza có trọng lượng phân tử

trung bình số thứ hai và có hàm lượng oxy thứ hai cao hơn so với hàm lượng oxy thứ nhất; và kết hợp nguyên liệu thứ hai với nhựa để tạo ra vật liệu composit. Nguyên liệu thứ nhất và/hoặc nguyên liệu thứ hai có thể còn được kết hợp với chất rắn và/hoặc chất lỏng bất kỳ đã được mô tả trong bản mô tả này, hoặc chất rắn và/hoặc chất lỏng bất kỳ được mô tả trong đơn yêu cầu cấp patent, patent hoặc công bố bất kỳ được đưa vào đây bằng cách viện dẫn.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm việc oxy hoá nguyên liệu thứ nhất chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất và có hàm lượng oxy thứ nhất để tạo ra nguyên liệu thứ hai chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất và có hàm lượng oxy thứ hai cao hơn so với hàm lượng oxy thứ nhất; và kết hợp nguyên liệu thứ hai với vi sinh vật. Vi sinh vật có thể sử dụng nguyên liệu thứ hai, ví dụ, bằng cách lên men, để tạo ra nhiên liệu, như hydro, rượu, axit hữu cơ và hydrocacbon hoặc hỗn hợp bất kỳ trong số các nhiên liệu này. Theo một số phương án, nguyên liệu thứ nhất cũng được kết hợp.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm việc chuyển hoá nguyên liệu thứ nhất chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất và có hàm lượng oxy thứ nhất thành nguyên liệu thứ hai chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất và có hàm lượng oxy thứ hai cao hơn so với hàm lượng oxy thứ nhất; và kết hợp nguyên liệu thứ hai với chất rắn và/hoặc chất lỏng, như chất lỏng chứa vi sinh vật và/hoặc enzym. Trong một số trường hợp, nguyên liệu thứ nhất cũng được kết hợp. Trong một số trường hợp, vi sinh vật sử dụng nguyên liệu thứ hai để tạo ra nhiên liệu, như hydro, rượu, axit hữu cơ và hydrocacbon hoặc hỗn hợp bất kỳ trong số các nhiên liệu này. Theo một số phương án, nguyên liệu thứ nhất có thể còn được vi sinh vật sử dụng để tạo ra nhiên liệu.

Khi vi sinh vật được sử dụng, nó có thể là vi sinh vật tự nhiên hoặc vi sinh vật được tạo ra bằng kỹ thuật di truyền. Ví dụ, vi sinh vật có thể là vi khuẩn, ví dụ, vi khuẩn thuỷ phân xenluloza, nấm, ví dụ, nấm men, thực vật hoặc sinh vật đơn bào, ví dụ, tảo, động vật nguyên sinh hoặc sinh vật đơn bào như nấm, ví dụ, nấm mốc nhót. Khi các vi sinh vật tương hợp, các hỗn hợp vi sinh vật có thể được sử dụng. Nói chung, các vi sinh vật khác nhau có thể tạo ra một số sản phẩm hữu ích, như

nhiên liệu, bằng cách tiến hành, ví dụ, lên men các nguyên liệu. Ví dụ, rượu, axit hữu cơ, hydrocacbon, hydro, các protein hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng có thể được tạo ra bằng quy trình lên men hoặc quy trình khác.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm việc cắt và xử lý bằng hơi nước có áp suất cao nguồn sợi để tạo ra nguyên liệu dạng sợi; và cho nguyên liệu dạng sợi tiếp xúc với vi sinh vật để tạo ra sản phẩm. Ví dụ về các sản phẩm hữu ích chứa hydro, rượu, axit hữu cơ, hydrocacbon, protein và hỗn hợp của chúng. Ví dụ về nguồn sợi hữu ích bao gồm nguyên liệu xenluloza, nguyên liệu lignoxenluloza và hỗn hợp của chúng.

Cắt và xử lý bằng hơi nước có áp suất cao nguồn sợi để tạo ra nguyên liệu dạng sợi có thể được tiến hành theo trình tự bất kỳ. Ngoài ra, các bước cắt và/hoặc xử lý bằng hơi nước có áp suất cao có thể được tiến hành theo trình tự bất kỳ. Việc cắt có thể được tiến hành, ví dụ, bằng cách sử dụng dao cắt quay. Nguồn sợi có thể được cắt trước khi cắt và/hoặc xử lý bằng hơi nước có áp suất cao.

Ví dụ, theo một số phương án, phương pháp này bao gồm việc cắt nguồn sợi để tạo ra nguồn sợi được cắt và sau đó xử lý bằng hơi nước có áp suất cao nguồn sợi đã được cắt để tạo ra nguyên liệu dạng sợi. Ngoài ra, cũng có thể tạo ra nguyên liệu dạng sợi bằng cách cắt nguồn sợi đã cắt và được xử lý bằng hơi nước có áp suất cao. Cũng có thể cắt nguồn sợi lần thứ hai để tạo ra nguồn sợi đã được cắt thứ hai, nguồn này sau đó được xử lý bằng hơi nước có áp suất cao để tạo ra nguyên liệu dạng sợi.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm việc xử lý bằng hơi nước có áp suất cao nguồn sợi để tạo ra nguồn sợi đã được xử lý bằng hơi nước có áp suất cao và sau đó cắt nguồn sợi đã được xử lý bằng hơi nước có áp suất cao để tạo ra nguyên liệu dạng sợi. Ngoài ra, cũng có thể tạo ra nguyên liệu dạng sợi bằng cách xử lý bằng hơi nước có áp suất cao nguồn sợi đã được xử lý bằng hơi nước có áp suất cao đã được cắt.

Các phương pháp theo sáng chế bao gồm việc cắt và xử lý bằng hơi nước có áp suất cao nguồn sợi đồng thời để tạo ra nguyên liệu dạng sợi.

Theo một số phương án, phương pháp này có thể bao gồm việc cho nguyên liệu đã được cắt đi qua một hoặc nhiều sàng, ví dụ, sàng có cỡ lỗ trung bình bằng 1,59 mm hoặc nhỏ hơn (0,0625 in). Việc sàng đã sàng lọc nguyên liệu theo kích

thước. Ví dụ, theo một phương án, phương pháp này bao gồm các bước: cắt nguồn sợi để tạo ra nguồn sợi đã được cắt; cho nguồn sợi đã được cắt đi qua sàng thứ nhất để tạo ra nguồn sợi đã được sàng lọc; cắt nguồn sợi đã được sàng lọc để tạo ra nguồn sợi đã được cắt thứ hai; cho nguồn sợi đã được cắt thứ hai đi qua sàng thứ hai có cỡ lỗ trung bình nhỏ hơn so với sàng thứ nhất để tạo ra nguồn sợi đã được sàng lọc thứ hai; và xử lý bằng hơi nước có áp suất cao nguồn sợi đã được sàng lọc thứ hai này để tạo ra nguyên liệu dạng sợi. Phương pháp có thể còn bao gồm việc cắt nguồn sợi đã được sàng lọc thứ hai này để tạo ra nguồn sợi đã được cắt thứ ba và sau đó xử lý bằng hơi nước có áp suất cao nguồn sợi đã được cắt thứ ba này để tạo ra nguyên liệu dạng sợi.

Cũng có thể cắt nguồn sợi và đồng thời cho nó đi qua sàng.

Phương pháp này có thể còn bao gồm việc bao bọc nguyên liệu dạng sợi trong chất liệu hầu như không thấm khí để loại bỏ khí hãm và làm đặc nguyên liệu dạng sợi. Chất liệu hầu như không thấm khí có thể là tan trong nước và có thể được tạo ra dưới dạng túi.

Ví dụ về vi sinh vật có thể được sử dụng để tạo ra sản phẩm hữu ích bao gồm vi khuẩn, nấm men, enzym, hoặc hỗn hợp của chúng. Ví dụ, vi sinh vật có thể là vi khuẩn, ví dụ, vi khuẩn thủy phân xenluloza, nấm, ví dụ, nấm men, thực vật hoặc sinh vật đơn bào, ví dụ, tảo, động vật nguyên sinh hoặc sinh vật đơn bào như nấm, ví dụ, nấm mốc nhót.

Ví dụ về các sản phẩm có thể được tạo ra bao gồm các rượu alkylic đơn và đa chức có 1 đến 6 nguyên tử C, axit carboxylic đơn và đa chức, hydrocacbon có 1 đến 6 nguyên tử C và hỗn hợp của chúng. Ví dụ, cụ thể về các rượu thích hợp bao gồm metanol, etanol, propanol, isopropanol, butanol, etylen glycol, propylen glycol, 1,4-butan diol, glyxerin và hỗn hợp của chúng. Ví dụ, cụ thể về axit carboxylic thích hợp bao gồm axit formic, axit axetic, axit propionic, axit butyric axit, axit valeric, axit caproic, axit palmitic, axit stearic, axit oxalic, axit malonic, axit succinic, axit glutaric, axit oleic, axit linoleic, axit glycolic, axit lactic, axit γ -hydroxybutyric và hỗn hợp của chúng. Ví dụ về các hydrocacbon thích hợp bao gồm metan, etan, propan, pentan, n-hexan và hỗn hợp của chúng. Nhiều trong số các sản phẩm này có thể được sử dụng làm nhiên liệu.

Ví dụ về vi sinh vật có thể được sử dụng để tạo ra các sản phẩm hữu ích bao gồm vi khuẩn, nấm men, hoặc hỗn hợp của chúng. Ví dụ, vi sinh vật có thể là vi khuẩn, ví dụ, vi khuẩn thủy phân xenluloza, nấm, ví dụ, nấm men, thực vật hoặc sinh vật đơn bào, ví dụ, tảo, động vật nguyên sinh hoặc sinh vật đơn bào như nấm, ví dụ, nấm mốc nhót.

Ví dụ về các sản phẩm có thể được tạo ra bao gồm các rượu alkyl đơn và đa chức có 1 đến 6 nguyên tử C, axit carboxylic đơn và đa chức, hydrocacbon có 1 đến 6 nguyên tử C và hỗn hợp của chúng. Ví dụ, cụ thể về các rượu thích hợp bao gồm metanol, etanol, propanol, isopropanol, butanol, etylen glycol, propylen glycol, 1,4-butan diol, glyxerin và hỗn hợp của chúng. Ví dụ, cụ thể về axit carboxylic thích hợp bao gồm axit formic, axit axetic, axit propionic, axit butyric axit, axit valeric, axit caproic, axit palmitic, axit stearic, axit oxalic, axit malonic, axit succinic, axit glutaric, axit oleic, axit linoleic, axit glycolic, axit lactic, axit γ -hydroxybutyric và hỗn hợp của chúng. Ví dụ về các hydrocacbon thích hợp bao gồm metan, etan, propan, pentan, n-hexan và hỗn hợp của chúng. Nhiều trong số các sản phẩm này có thể được sử dụng làm nhiên liệu.

Thuật ngữ “nguyên liệu dạng sợi”, như được sử dụng trong bản mô tả này, là nguyên liệu bao gồm nhiều sợi tách biệt và riêng rẽ, lỏng lẻo. Ví dụ, nguyên liệu dạng sợi có thể được xử lý từ nguồn sợi là giấy Kraft đã tẩy trắng bằng cách cắt, ví dụ, bằng dao cắt quay.

Thuật ngữ “sàng”, như được sử dụng trong bản mô tả này, được dùng để chỉ dụng cụ có khả năng sàng lọc nguyên liệu theo kích thước. Ví dụ về sàng bao gồm các tấm có lỗ, hình trụ hoặc các dạng khác, hoặc lưới bằng kim loại hoặc vải.

Thuật ngữ “nhiệt phân”, như được sử dụng trong bản mô tả này, được dùng để chỉ việc làm đứt các liên kết trong nguyên liệu bằng tác dụng của năng lượng nhiệt. Quá trình nhiệt phân có thể xảy ra trong khi nguyên liệu này trong môi trường chân không, hoặc trong môi trường khí, như khí oxy hoá, ví dụ, không khí hoặc oxy, hoặc khí khử, như hydro.

Hàm lượng oxy được đo bằng phân tích nguyên tố bằng cách nhiệt phân mẫu trong lò vận hành ở 1300°C hoặc cao hơn.

Thuật ngữ “sinh khối” được dùng để chỉ chất hữu cơ bất kỳ không phải đã được hoá thạch, tức là có thể tái sinh. Các loại sinh khối bao gồm sinh khối thực vật

(được xác định dưới đây), sinh khối động vật (sản phẩm phụ động vật, chất thải động vật bất kỳ, v.v.) và sinh khối chất thải đô thị (chất thải thương mại trong xây dựng và chiếu sáng với các chất có thể tái chế như kim loại và kính được loại bỏ).

Thuật ngữ “sinh khối thực vật” và “sinh khối lignoxenluloza” được dùng để chỉ các chất hữu cơ có nguồn gốc từ thực vật bất kỳ (gỗ hoặc không phải gỗ) đã có để tạo ra năng lượng như đã được khẳng định qua các tài liệu. Sinh khối thực vật có thể bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các chất thải từ cây nông nghiệp và các phần còn lại như thân cây ngô khô, rơm lúa mì, rạ, bã mía và các chất thải tương tự. Sinh khối thực vật còn bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, cây, cây năng lượng dạng gỗ, các chất thải gỗ và phần còn lại như các mảnh gỗ mềm ở rừng, các chất thải từ vỏ cây, mùn cưa, giấy và các dòng chất thải từ công nghiệp giấy, thớ gỗ và các chất thải tương tự khác. Ngoài ra, các cây cỏ, như cỏ ba chẽ và các loại cỏ tương tự có thể có tiềm năng để được tạo ra trên quy mô lớn làm nguồn sinh khối thực vật khác. Đối với các khu vực đô thị, nguyên liệu sinh khối thực vật tiềm năng nhất bao gồm chất thải ở các kho bãi (ví dụ, phần cỏ đã bị xén, lá cây, phần cây đã xén và chổi quét) và chất thải từ quá trình chế biến thực vật. “Nguyên liệu lignoxenluloza”, là loại sinh khối thực vật bất kỳ như, nhưng không chỉ giới hạn ở, sinh khối thực vật không phải là gỗ, các cây trồng, như, nhưng không chỉ giới hạn ở, cỏ, ví dụ, nhưng không chỉ giới hạn ở, cỏ C4, như cỏ ba chẽ, sậy, cỏ mạch đen, cỏ chèo, lau, hoặc hỗn hợp của chúng, hoặc các chất thải của nhà máy sản xuất đường như bã mía, hoặc bột củ cải đường, chất thải nông nghiệp, ví dụ, rơm đậu tương, thân cây ngô khô, rơm, rơm lúa mạch, lõi ngô, rơm lúa mì, rơm canola, rạ, rơm yến mạch, vỏ yến mạch, sợi ngũ cốc, sợi từ bột gỗ tái sinh, mùn cưa, gỗ cứng, ví dụ, gỗ cây dương lá rung và mùn cưa, gỗ mềm, hoặc hỗn hợp của chúng. Hơn nữa, nguyên liệu lignoxenluloza có thể bao gồm chất thải xenluloza như, nhưng không chỉ giới hạn ở, giấy in báo, bìa cứng, mùn cưa và các chất thải tương tự khác.

Nguyên liệu lignoxenluloza có thể bao gồm một loại sợi hoặc theo cách khác, nguyên liệu lignoxenluloza có thể bao gồm hỗn hợp của các sợi có nguồn gốc từ các nguyên liệu lignoxenluloza khác nhau. Hơn thế nữa, nguyên liệu lignoxenluloza có thể bao gồm nguyên liệu lignoxenluloza mới, nguyên liệu lignoxenluloza đã được làm khô một phần, nguyên liệu lignoxenluloza hoàn toàn khô hoặc hỗn hợp của chúng.

Nhằm mục đích sáng chế, hydrat cacbon là chất chỉ bao gồm một hoặc nhiều đơn vị sacarit hoặc chứa một hoặc nhiều đơn vị sacarit. Hydrat cacbon có thể là polyme (ví dụ, bao gồm 10 monome, 100 monome, 1.000 monome, 10.000 monome, hoặc 100.000 monome hoặc nhiều hơn), oligome (ví dụ, bằng hoặc lớn hơn 4 monome, 5 monome, 6 monome, 7 monome, 8 monome, 9 monome hoặc 10 monome), trime, đime, hoặc monome. Khi hydrat cacbon được tạo ra từ nhiều hơn một đơn vị lặp lại, mỗi đơn vị lặp lại có thể là giống hoặc khác nhau.

Ví dụ về polyme hydrat cacbon chứa xenluloza, xylan, pectin và tinh bột, trong khi xenlobioza và lactoza là đime hydrat cacbon. Ví dụ về monome hydrat cacbon bao gồm glucoza và xyloza.

Hydrat cacbon có thể một phần trong cấu trúc siêu phân tử, ví dụ, được liên kết cộng hóa trị trong cấu trúc. Ví dụ về các nguyên liệu như vậy bao gồm nguyên liệu lignoxenluloza, như có ở gỗ.

Nhiên liệu dễ cháy là chất có thể cháy với sự có mặt của oxy. Ví dụ về nhiên liệu dễ cháy bao gồm etanol, n-propanol, n-butanol, hydro và hỗn hợp bất kỳ của hai hoặc nhiều trong số chúng.

Tác nhân gây trương như được sử dụng trong bản mô tả này là chất gây ra sự trương có thể nhận thấy được, ví dụ, tăng 2,5% thể tích so với trạng thái không trương của nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza, khi được áp dụng cho các nguyên liệu như vậy dưới dạng dung dịch, ví dụ, dung dịch nước. Ví dụ về tác nhân gây trương bao gồm các chất kiềm, như natri hydroxit, kali hydroxit, lithi hydroxit và amoni hydroxit, các chất axit hoá, như axit vô cơ (ví dụ, axit sulfuric, axit clohydric và axit phosphoric), muối, như kẽm clorua, canxi cacbonat, natri cacbonat, benzyltrimetylamon sulfat và amin hữu cơ có tính bazơ như etylen diamine.

Thuật ngữ “nguyên liệu đã được cắt”, như được sử dụng trong bản mô tả này, là nguyên liệu bao gồm các sợi riêng biệt trong đó ít nhất khoảng 50% các sợi riêng biệt, có tỷ lệ chiều dài/đường kính (L/D) ít nhất khoảng bằng 5 và có mật độ khối khi không nén ít hơn khoảng 0,6g/cm³. Do vậy, nguyên liệu đã được cắt là khác với nguyên liệu đã được chặt, băm, xay hoặc nghiền.

Sự thay đổi cấu trúc phân tử nguyên liệu sinh khối, như được sử dụng trong bản mô tả này, được dùng để chỉ sự thay đổi về sắp xếp liên kết hoá học hoặc hình

dạng cấu trúc. Ví dụ, sự thay đổi về cấu trúc phân tử có thể bao gồm sự thay đổi cấu trúc siêu phân tử của nguyên liệu, sự oxy hóa nguyên liệu, sự thay đổi trọng lượng phân tử trung bình, thay đổi độ kết tinh trung bình, thay đổi diện tích bề mặt, thay đổi mức độ polyme hoá, thay đổi độ xốp, thay đổi mức độ phân nhánh, mức độ ghép trên chất khác, thay đổi kích thước miền tinh thể, hoặc thay đổi kích thước miền tổng.

Trừ khi có quy định cụ thể khác, tất cả các thuật ngữ kỹ thuật và khoa học được sử dụng trong bản mô tả này có nghĩa giống như nghĩa thường được biết bởi chuyên gia trung bình trong lĩnh vực của sáng chế. Mặc dù các phương pháp và các chất tương tự hoặc tương đương với các phương pháp và các chất đã được mô tả trong bản mô tả này có thể được sử dụng trong thực tế hoặc thử nghiệm sáng chế, nhưng các phương pháp và các chất thích hợp được mô tả dưới đây. Toàn bộ nội dung của tất cả các công bố, đơn yêu cầu cấp patent, patent và các tài liệu viện dẫn khác được nêu trong bản mô tả này đều được đưa vào đây bằng cách viện dẫn. Trong trường hợp có sự mâu thuẫn, bản mô tả này, bao gồm cả các định nghĩa, sẽ được dùng làm chuẩn. Ngoài ra, các chất, phương pháp và ví dụ, là chỉ để nhằm mục đích minh họa và không làm giới hạn phạm vi của sáng chế.

Các dấu hiệu và ưu điểm khác của sáng chế sẽ trở nên rõ ràng hơn qua phần mô tả một cách chi tiết dưới đây và thông qua các điểm yêu cầu bảo hộ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

FIG.1 là sơ đồ khối minh họa quy trình chuyển hoá sinh khối thành sản phẩm và các đồng sản phẩm.

FIG.2 là sơ đồ khối minh họa quy trình chuyển hoá nguồn sợi thành nguyên liệu dạng sợi thứ nhất và thứ hai.

FIG.3 là hình vẽ mặt cắt của dao cắt quay.

FIG.4 là sơ đồ khối minh họa quy trình chuyển hoá nguồn sợi thành nguyên liệu dạng sợi thứ nhất, thứ hai và thứ ba.

FIG.5 là sơ đồ khối minh họa quá trình làm đặc nguyên liệu.

FIG.6 là hình vẽ phối cảnh của máy nghiền bi.

FIG.7A là nguyên liệu dạng sợi đã được làm đặc ở dạng viên.

FIG.7B là hình vẽ mặt cắt ngang của viên có lỗ rỗng, trong đó tâm của lỗ rỗng là đồng tâm với tâm của viên.

FIG.7C là hình vẽ mặt cắt ngang của viên có lỗ rỗng trong đó tâm của lỗ rỗng là lệch với tâm của viên.

FIG.7D là hình vẽ mặt cắt ngang của viên có ba nhánh.

FIG.8 là sơ đồ khối minh họa trình tự chế biến nguyên liệu.

FIG.9 là hình vẽ phối cảnh, cắt riêng phần của máy chiếu xạ gama.

FIG.10 là hình vẽ phối cảnh phóng to của vùng R trên FIG.9.

FIG.11 là sơ đồ khối minh họa trình tự xử lý sơ bộ nguyên liệu bằng cách chiếu xạ bằng chùm tia điện tử.

FIG.12 là hình vẽ dạng sơ đồ của hệ thống siêu âm dòng xử lý chứa nguyên liệu xenluloza trong môi trường lỏng.

FIG.13 là hình vẽ dạng sơ đồ của thiết bị siêu âm có hai bộ chuyển đổi liên hợp với một đầu cảm.

FIG.14 là sơ đồ khối minh họa hệ thống xử lý sơ bộ nguyên liệu theo kiểu nhiệt phân.

FIG.15 là hình chiếu cạnh dạng sơ đồ của buồng nhiệt phân.

FIG.16 là hình chiếu cạnh dạng sơ đồ của buồng nhiệt phân.

FIG.17 là hình chiếu cạnh dạng sơ đồ của thiết bị nhiệt phân bao gồm các sợi đốt.

FIG.18 là hình chiếu cạnh dạng sơ đồ của thiết bị nhiệt phân Curie-Point.

FIG.19 là hình chiếu cạnh dạng sơ đồ của thiết bị nhiệt phân kiểu lò.

FIG.20 là sơ đồ hình chiếu từ trên xuống của thiết bị nhiệt phân bằng laze.

FIG.21 là sơ đồ hình chiếu từ trên xuống của thiết bị nhiệt phân nhanh có các sợi vonfram.

FIG.22 là sơ đồ khối minh họa hệ thống xử lý sơ bộ nguyên liệu bằng cách oxy hóa.

FIG.23 là sơ đồ khối minh họa quy trình chung để chuyển hoá nguồn sợi thành sản phẩm, ví dụ, etanol.

FIG.24 là hình vẽ mặt cắt của thiết bị xử lý bằng hơi nước có áp suất cao.

FIG.25 là hình chiếu cạnh dạng sơ đồ của thiết bị chùm tia điện tử /siêu âm kết hợp.

FIG.26 là vi ảnh điện tử quét của nguyên liệu dạng sợi đã được tạo ra từ giấy bọc nhiều lớp với độ phóng đại gấp 25 lần. Nguyên liệu dạng sợi này đã được tạo ra bằng dao cắt quay có sử dụng sàng có cỡ lỗ 1/8 inơ.

FIG.27 là vi ảnh điện tử quét của nguyên liệu dạng sợi đã được tạo ra từ giấy Kraft đã được tẩy trắng với độ phóng đại gấp 25 lần. Nguyên liệu dạng sợi được tạo ra bằng dao cắt quay có sử dụng sàng có cỡ lỗ 1/8 inơ.

FIG.28 là vi ảnh điện tử quét của nguyên liệu dạng sợi đã được tạo ra từ giấy Kraft đã được tẩy trắng với độ phóng đại gấp 25 lần. Nguyên liệu dạng sợi này được cắt hai lần bằng dao cắt quay có sử dụng sàng có cỡ lỗ 1/16 inơ trong mỗi lần cắt.

FIG.29 là vi ảnh điện tử quét của nguyên liệu dạng sợi đã được tạo ra từ giấy Kraft đã được tẩy trắng với độ phóng đại gấp 25 lần. Nguyên liệu dạng sợi được cắt ba lần bằng dao cắt quay. Trong quá cắt lần thứ nhất, sàng có cỡ lỗ 1/8 inơ được sử dụng; trong quá trình cắt thứ hai, sàng có cỡ lỗ 1/16 inơ được sử dụng và trong quá trình cắt lần thứ ba, sàng có cỡ lỗ 1/32 inơ được sử dụng.

FIG.30 là hình chiếu cạnh dạng sơ đồ của thiết bị siêu âm, trong khi FIG.31 là hình vẽ mặt cắt qua phòng xử lý trên FIG.30.

FIG.32 là vi ảnh điện tử quét với độ phóng đại gấp 1000 lần của nguyên liệu dạng sợi thu được từ việc cắt cỏ ba chẽ bằng dao cắt quay và sau đó cho nguyên liệu đã được cắt đi qua sàng có cỡ lỗ 1/32 inơ.

FIG.33 và FIG.34 là các vi ảnh điện tử quét của nguyên liệu dạng sợi được thể hiện trên FIG.32 sau khi chiếu tia gama lần lượt với cường độ 10Mrad và 100Mrad với độ phóng đại gấp 1000 lần.

FIG.35 là vi ảnh điện tử quét của nguyên liệu dạng sợi được thể hiện trên FIG.32 sau khi chiếu xạ với cường độ 10Mrad và siêu âm với độ phóng đại gấp 1000 lần.

FIG.36 là vi ảnh điện tử quét của nguyên liệu dạng sợi được thể hiện trên FIG.32 sau khi chiếu xạ với cường độ 100Mrad và siêu âm với độ phóng đại gấp 1000 lần.

FIG.37 là phổ hồng ngoại của giấy Kraft đã được cắt bằng dao cắt quay.

FIG.38 là phổ hồng ngoại của giấy Kraft được thể hiện trên FIG.47 sau khi chiếu tia gama với cường độ bằng 100Mrad.

FIG.39 là hình vẽ dạng sơ đồ của quy trình chuyển hoá sinh khối.

FIG.40 là hình vẽ dạng sơ đồ của quy trình chuyển hoá sinh khối khác.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sinh khối (ví dụ, sinh khối thực vật, sinh khối động vật và sinh khối chất thải đô thị) có thể được xử lý để tạo ra các sản phẩm hữu ích như nhiên liệu. Các hệ thống và quy trình được mô tả dưới đây có thể sử dụng làm nguyên liệu như nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza rất sẵn có, nhưng có thể khó xử lý, ví dụ, bằng cách lên men. Trước tiên, nguyên liệu được xử lý theo cách vật lý, thường bằng cách làm giảm kích thước của nguyên liệu thô. Nguyên liệu đã được xử lý bằng cách vật lý có thể được xử lý sơ bộ hoặc được xử lý bằng cách sử dụng một hoặc nhiều phương pháp bao gồm chiếu xạ, siêu âm, oxy hóa, nhiệt phân và xử lý bằng hơi nước có áp suất cao. Các hệ thống và phương pháp xử lý sơ bộ có thể được sử dụng kết hợp với hai, ba, hoặc thậm chí bốn trong số các công nghệ này.

Trong một số trường hợp, để tạo ra nguyên liệu chứa hydrat cacbon, như xenluloza, có thể được chuyển hóa bởi vi sinh vật thành một số sản phẩm mong muốn, như nhiên liệu dễ cháy (ví dụ, etanol, butanol hoặc hydro), nguyên liệu bao gồm một hoặc nhiều đơn vị sacarit có thể được xử lý bằng một hoặc nhiều quy trình bất kỳ đã được mô tả trong bản mô tả này. Các sản phẩm và các đồng sản phẩm khác có thể được tạo ra bao gồm, ví dụ, thức ăn cho người, thức ăn cho động vật, dược phẩm và các chất dinh dưỡng. Một số ví dụ, được thể hiện cho việc thực thi phương pháp xử lý sơ bộ trên quy mô nhỏ đến thiết bị xử lý sinh khối xử lý sinh khối trên quy mô lớn.

Các loại sinh khối

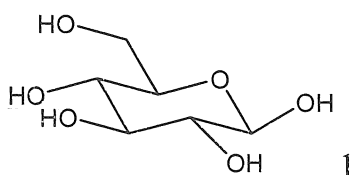
Nói chung, nguyên liệu sinh khối bất kỳ hoặc chứa hydrat cacbon chứa một hoặc nhiều đơn vị sacarit hoặc bao gồm một hoặc nhiều đơn vị sacarit có thể được xử lý bằng phương pháp bất kỳ đã được mô tả trong bản mô tả này. Ví dụ, nguyên liệu sinh khối có thể là nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza.

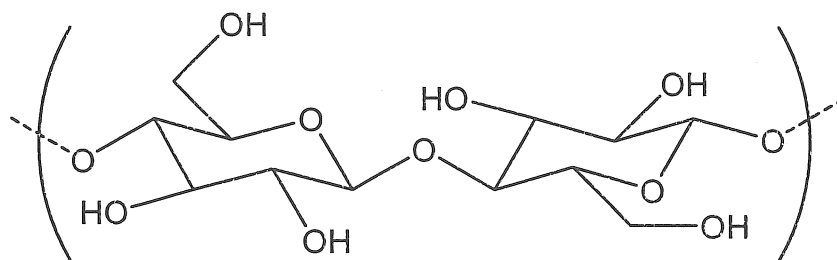
Ví dụ, các nguyên liệu như vậy có thể bao gồm giấy, sản phẩm từ giấy, gỗ, nguyên liệu từ gỗ, vỏ bào, cò, rạ, bã mía, bông, cây đay, cây gai dầu, cây lanh, cây

tre, cây xidăn, cây chuối abaca, rom, lõi ngô, xơ dừa, tảo, rong biển, bông, xenluloza tổng hợp, hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng.

Nguồn sợi bao gồm nguồn sợi xenluloza, bao gồm giấy và sản phẩm từ giấy (ví dụ, giấy bọc nhiều lớp và giấy Kraft) và nguồn sợi lignoxenluloza, bao gồm gỗ và nguyên liệu từ gỗ, ví dụ, vỏ bào. Nguồn sợi thích hợp khác bao gồm nguồn sợi tự nhiên, ví dụ, cỏ, rạ, bã mía, bông, cây đay, cây gai dầu, cây lanh, cây tre, cây xidăn, cây chuối abaca, rom, lõi ngô, xơ dừa; nguồn sợi chứa hàm lượng α -xenluloza cao, ví dụ, bông; và tổng hợp nguồn sợi, ví dụ, sợi ép đùn (sợi định hướng hoặc sợi không định hướng). Nguồn sợi tự nhiên hoặc tổng hợp có thể thu được từ vải phế liệu mới, ví dụ, vải vụn thải bỏ hoặc chúng có thể là chất thải bỏ sau khi dùng, ví dụ, giẻ rách. Khi sản phẩm từ giấy được sử dụng làm nguồn sợi, chúng có thể là chất liệu mới, ví dụ, chất liệu mới thải bỏ, hoặc chúng có thể là chất thải bỏ sau khi dùng. Không kể nguyên liệu thô mới, chất thải bỏ sau khi dùng, chất thải công nghiệp (ví dụ, đồ bỏ đi) và chất thải sau xử lý (ví dụ, chất thải sau khi xử lý giấy) có thể còn được sử dụng làm nguồn sợi. Ngoài ra, nguồn sợi có thể thu được từ người (ví dụ, nước thải), các chất thải động vật hoặc thực vật. Nguồn sợi bổ sung được mô tả trong các patent Mỹ số 6,448,307, 6,258,876, 6,207,729, 5,973,035 và 5,952,105.

Theo một số phương án, hydrat cacbon là hoặc bao gồm chất có một hoặc nhiều liên kết β -1,4 và có trọng lượng phân tử trung bình số nằm trong khoảng từ 3.000 tới 50.000. Hydrat cacbon như vậy là hoặc chứa xenluloza (I), chất này thu được từ (β -glucoza 1) thông qua việc ngưng tụ liên kết β (1-4)-glycosit. Liên kết này là ngược hẳn với chính liên kết β (1-4)-glycosit có mặt trong tinh bột và hydrat cacbon khác.





Hỗn hợp bất kỳ của các chất trên có thể cũng được sử dụng.

Các hệ thống xử lý sinh khối

FIG.1 thể hiện hệ thống 100 để chuyển hoá sinh khối, cụ thể là sinh khối với các hợp phần xenluloza và lignoxenluloza đáng kể, thành các sản phẩm và các dòng sản phẩm hữu ích. Hệ thống 100 bao gồm hệ thống phụ xử lý nguyên liệu 110, hệ thống phụ xử lý sơ bộ 114, hệ thống phụ xử lý sơ cấp 118 và hệ thống xử lý phụ sau xử lý 122. Hệ thống phụ xử lý nguyên liệu 110 tiếp nhận sinh khối ở dạng thô, xử lý sinh khối theo cách vật lý để dùng làm nguyên liệu bằng các quy trình ở bên dưới (ví dụ, làm giảm kích thước và làm đồng nhất sinh khối) và cất giữ sinh khối ở dưới dạng nguyên liệu thô lẫn nguyên liệu. Nguyên liệu sinh khối với các hợp phần xenluloza và lignoxenluloza đáng kể có thể có trọng lượng phân tử trung bình cao và độ kết tinh có thể khiến cho khó xử lý nguyên liệu thành các sản phẩm hữu ích (ví dụ, lên men nguyên liệu để tạo ra etanol).

Hệ thống phụ xử lý sơ bộ 114 tiếp nhận nguyên liệu từ hệ thống phụ xử lý nguyên liệu 110 và xử lý nguyên liệu để sử dụng trong quy trình sản xuất sơ cấp, ví dụ, bằng cách làm giảm trọng lượng phân tử trung bình và mức độ kết tinh của nguyên liệu. Hệ thống phụ xử lý sơ cấp 118 tiếp nhận nguyên liệu đã được xử lý sơ bộ từ hệ thống phụ xử lý sơ bộ 114 và tạo ra các sản phẩm hữu ích (ví dụ, etanol, các rượu khác, dược phẩm và/hoặc thực phẩm). Trong một số trường hợp, sản phẩm đi ra khỏi hệ thống phụ xử lý sơ cấp 118 có thể được sử dụng trực tiếp, nhưng trong một số trường hợp khác, lại cần phải xử lý thêm bằng hệ thống xử lý phụ sau xử lý 122. Hệ thống xử lý phụ sau xử lý 122 dùng để xử lý thêm dòng sản phẩm đi ra khỏi hệ thống xử lý sơ cấp 118 cần đến nó (ví dụ, chưng cất và làm biến tính etanol) cũng như xử lý các dòng chất thải từ các hệ thống phụ khác. Trong một số trường hợp, các dòng sản phẩm của hệ thống phụ 114, 118, 122 có thể còn được sử dụng một cách trực tiếp hoặc gián tiếp như là sản phẩm thứ cấp và/hoặc trong việc làm tăng tổng hiệu suất của

hệ thống 100. Ví dụ, hệ thống xử lý phụ sau xử lý 122 có thể tạo ra nước đã được xử lý để quay vòng lại dùng làm nước quy trình trong hệ thống phụ khác và/hoặc có thể tạo ra chất thải dễ cháy có thể được sử dụng làm nhiên liệu cho các lò hơi sản xuất hơi nước và/hoặc điện.

Kích thước tối ưu đối với thiết bị chuyển hoá sinh khối phụ thuộc vào các yếu tố bao gồm tính kinh tế của quy mô sản xuất và loại và tính khả dụng của sinh khối được sử dụng làm nguyên liệu. Việc tăng kích thước thiết bị thường làm tăng tính kinh tế của quy mô sản xuất liên quan đến quy trình thiết bị. Tuy nhiên, việc tăng kích thước thiết bị cũng thường làm tăng chi phí (ví dụ, chi phí vận chuyển) cho một đơn vị nguyên liệu. Các nghiên cứu phân tích các yếu tố này gợi ý rằng kích thước thích hợp đối với thiết bị chuyển hoá sinh khối có thể nằm trong khoảng từ 2000 tới 10.000 tấn nguyên liệu khô trong một ngày phụ thuộc ít nhất một phần vào loại nguyên liệu được sử dụng. Loại nguyên liệu có thể còn tác động đến các yêu cầu bảo quản thiết bị với các thiết bị được thiết kế chủ yếu để xử lý nguyên liệu mà khả năng cung ứng của nó thay đổi theo mùa (ví dụ, ngũ cốc) cần đến sự bảo quản nguyên liệu nhiều hơn so với các thiết bị được thiết kế để chế biến nguyên liệu mà khả năng cung ứng của nó là tương đối đều đặn (ví dụ, giấy thải).

Xử lý nguyên liệu

Trong một số trường hợp, phương pháp xử lý bắt đầu với việc xử lý nguyên liệu, ví dụ, làm giảm kích thước nguyên liệu thô, như bằng cách cắt, nghiền, xén hoặc cắt khúc. Trong một số trường hợp, nguyên liệu không chặt (ví dụ, giấy tái chế hoặc cỏ ba chẽ) được xử lý bằng cách cắt hoặc băm vụn. Sàng và/hoặc nam châm có thể được sử dụng để loại bỏ đối tượng quá cỡ hoặc đối tượng không mong muốn như, ví dụ, đá hoặc đinh ra khỏi từ dòng nguyên liệu cấp.

Hệ thống xử lý nguyên liệu có thể được cấu tạo để tạo ra dòng nguyên liệu cấp với các đặc tính cụ thể như, ví dụ, kích thước tối đa cụ thể, các tỷ lệ giữa chiều dài với chiều rộng cụ thể, hoặc diện tích bề mặt cụ thể. Khi xử lý nguyên liệu, mật độ khối của nguyên liệu có thể được kiểm soát (ví dụ, được tăng lên).

Làm giảm kích thước

Theo một số phương án, nguyên liệu cần được xử lý dưới dạng nguyên liệu dạng sợi bao gồm các sợi được tạo ra bằng cách cắt nguồn sợi. Ví dụ, việc cắt có thể được tiến hành bằng dao cắt quay.

Ví dụ, và tham khảo FIG.2, nguồn sợi 210 được cắt, ví dụ, bằng dao cắt quay, để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ nhất 212. Nguyên liệu dạng sợi thứ nhất 212 được cho đi qua sàng thứ nhất 214 có cỡ lỗ trung bình bằng 1,59 mm hoặc nhỏ hơn (1/16 inso, 0,0625 inso) để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ hai 216. Nếu muốn, nguồn sợi có thể được xén trước khi việc cắt, ví dụ, bằng máy băm. Ví dụ, khi giấy được sử dụng làm nguồn sợi, trước tiên giấy có thể được xén thành các dải có chiều rộng, ví dụ, nằm trong khoảng 1/4- tới 1/2-inso, bằng cách sử dụng máy băm, ví dụ, máy băm dạng vít quay ngược, như các loại được Munson (Utica, N.Y.) sản xuất. Một cách băm vụn khác, giấy có thể được làm giảm kích thước bằng cách xén thành kích thước mong muốn bằng cách sử dụng máy xén giấy. Ví dụ, máy xén giấy có thể được sử dụng để xén giấy thành các tấm, ví dụ, có chiều rộng 10 inso và chiều dài 12 inso.

Theo một số phương án, việc cắt nguồn sợi và cho nguyên liệu dạng sợi thứ nhất thu được đi qua sàng thứ nhất được tiến hành đồng thời. Việc cắt và cho đi qua sàng có thể còn được tiến hành trong quy trình theo mẻ.

Ví dụ, dao cắt quay có thể được sử dụng để đồng thời cắt nguồn sợi và sàng nguyên liệu dạng sợi thứ nhất. Tham khảo FIG.3, dao cắt quay 220 bao gồm phễu 222 có thể được nạp nguồn sợi băm vụn 224 được xử lý bằng cách băm vụn nguồn sợi. Nguồn sợi băm vụn được cắt bằng các cánh cố định 230 và các cánh quay 232 để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ nhất 240. Nguyên liệu dạng sợi thứ nhất 240 đi qua sàng 242 và nguyên liệu dạng sợi thứ hai thu được 244 được thu gom trong thùng 250. Để trợ giúp cho việc thu gom nguyên liệu dạng sợi thứ hai, thùng này có thể có áp suất thấp hơn áp suất khí quyển không đáng kể danh định, ví dụ, thấp hơn áp suất khí quyển danh định ít nhất 10%, ví dụ, thấp hơn áp suất khí quyển danh định ít nhất 25%, thấp hơn áp suất khí quyển danh định ít nhất 50%, hoặc thấp hơn áp suất khí quyển danh định ít nhất 75%. Theo một số phương án, nguồn chân không 252 được sử dụng để duy trì áp suất của thùng thấp hơn áp suất khí quyển danh định.

Việc cắt có thể có lợi đối với việc “mở” và “tác động” nguyên liệu dạng sợi, làm cho xenluloza của các nguyên liệu dễ bị ngắt mạch và/hoặc giảm mức độ kết tinh hơn. Các nguyên liệu mở có thể còn dễ bị oxy hóa hơn khi được chiếu xạ.

Nguồn sợi có thể được cắt ở trạng thái khô, trạng thái hydrat hoá (ví dụ, có tới 10% khối lượng được hấp thụ nước), hoặc ở trạng thái ướt, ví dụ, chứa nước với lượng nằm trong khoảng từ 10% tới 75% khối lượng. Thậm chí, nguồn sợi có thể được cắt trong khi được làm ngập một phần hoặc hoàn toàn trong chất lỏng, như nước, etanol, isopropanol.

Nguồn sợi có thể còn được cắt trong môi trường khí (như dưới dòng hoặc trong môi trường khí không phải là không khí), ví dụ, oxy hoặc nitơ, hoặc hơi nước.

Phương pháp khác để sản xuất nguyên liệu dạng sợi bao gồm, ví dụ, nghiền đá, chặt hoặc làm đứt bằng phương pháp cơ học, nghiền trục hoặc nghiền đĩa khí.

Nếu muốn, nguyên liệu dạng sợi có thể được tách ra, ví dụ, một cách liên tục hoặc theo mẻ, thành từng phần theo chiều dài, chiều rộng, tỷ trọng, loại nguyên liệu của chúng, hoặc một số hỗn hợp của chúng. Ví dụ, để tạo ra vật liệu composit, thường mong muốn là mức độ phân bố của chiều dài sợi là tương đối hẹp.

Ví dụ, nguyên liệu chứa sắt có thể được tách ra khỏi nguyên liệu dạng sợi bất kỳ bằng cách cho nguyên liệu dạng sợi bao gồm nguyên liệu chứa sắt đi qua nam châm, ví dụ, điện từ và sau đó cho nguyên liệu dạng sợi thu được đi qua một loạt sàng, mỗi sàng có cỡ lỗ khác nhau.

Nguyên liệu dạng sợi có thể còn được tách, ví dụ, bằng cách sử dụng khí có vận tốc cao, ví dụ, không khí. Theo phương pháp như vậy, nguyên liệu dạng sợi được tách bằng cách hút ra các phần khác nhau có thể được đặc trưng bằng âm thanh, nếu muốn. Thiết bị tách như vậy được đề cập trong patent Mỹ số 6,883,667 của Lindsey et al.

Nguyên liệu dạng sợi có thể được chiếu xạ ngay sau khi xử lý chúng, hoặc chúng có thể có thể được làm khô, ví dụ, ở nhiệt độ xấp xỉ 105°C trong thời gian 4-18 giờ, sao cho hàm lượng ẩm là ví dụ, ít hơn khoảng 0,5% trước khi sử dụng.

Nếu muốn, lignin có thể được loại bỏ ra khỏi nguyên liệu dạng sợi bất kỳ chứa lignin. Ngoài ra, để trợ giúp cho việc phân huỷ các nguyên liệu chứa xenluloza, nguyên liệu này có thể được xử lý trước khi chiếu xạ bằng nhiệt, hoá học

(ví dụ, axit, bazơ vô cơ hoặc chất oxy hoá mạnh như natri hypoclorit) và/hoặc enzym.

Theo một số phương án, cỡ lỗ trung bình của sàng thứ nhất nhỏ hơn 0,79 mm (1/32 in, 0,03125 in), ví dụ, nhỏ hơn 0,51 mm (1/50 in, 0,02000 in), nhỏ hơn 0,40 mm (1/64 in, 0,015625 in), nhỏ hơn 0,23 mm (0,009 in), nhỏ hơn 0,20 mm (1/128 in, 0,0078125 in), nhỏ hơn 0,18 mm (0,007 in), nhỏ hơn 0,13 mm (0,005 in), hoặc thậm chí thấp hơn nhỏ hơn 0,10 mm (1/256 in, 0,00390625 in). Sàng này được tạo ra bằng cách dệt sợi đơn có đường kính thích hợp để tạo ra kích thước lỗ mong muốn. Ví dụ, sợi đơn này có thể được tạo ra từ kim loại, ví dụ, thép không gỉ. Khi kích thước lỗ nhỏ hơn, yêu cầu cấu trúc về sợi đơn có thể trở nên lớn hơn. Ví dụ, đối với kích thước lỗ nhỏ hơn 0,40 mm, có thể có lợi nếu tạo ra sàng từ sợi đơn được làm bằng các nguyên liệu không phải là thép không gỉ, ví dụ, titan, hợp kim titan, kim loại vô định hình, niken, vonfram, rơđi, reni, gốm, hoặc thủy tinh. Theo một số phương án, sàng được tạo ra từ tấm, ví dụ, tấm kim loại, có các lỗ hồng, ví dụ, được cắt thành tấm bằng laze. Theo một số phương án, diện tích lỗ của lưới nhỏ hơn 52%, ví dụ, nhỏ hơn 41%, nhỏ hơn 36%, nhỏ hơn 31%, nhỏ hơn 30%.

Theo một số phương án, xơ thứ hai được cắt và cho đi qua sàng thứ nhất, hoặc sàng có kích thước khác. Theo một số phương án, nguyên liệu dạng sợi thứ hai được cho đi qua sàng thứ hai có cỡ lỗ trung bình bằng hoặc nhỏ hơn so với sàng thứ nhất.

Tham khảo FIG.4, nguyên liệu dạng sợi thứ ba 220 có thể được xử lý từ nguyên liệu dạng sợi thứ hai 216 bằng cách cắt nguyên liệu dạng sợi thứ hai 216 và cho nguyên liệu thu được này đi qua sàng thứ hai 222 có cỡ lỗ trung bình nhỏ hơn so với sàng thứ nhất 214.

Nói chung, các sợi của nguyên liệu dạng sợi có thể có tỷ lệ trung bình giữa chiều dài và đường kính tương đối lớn (ví dụ, lớn hơn từ 20 tới 1), thậm chí nếu chúng được cắt nhiều hơn một lần. Ngoài ra, các sợi của nguyên liệu dạng sợi đã được mô tả trong bản mô tả này có thể có chiều dài và/hoặc mức độ phân bố tỷ lệ giữa chiều dài và đường kính tương đối hẹp.

Như được sử dụng trong bản mô tả này, chiều rộng trung bình của sợi (tức là, đường kính) là chiều rộng được xác định bằng cách chọn một cách ngẫu nhiên

xấp xỉ 5.000 sợi. Chiều dài sợi trung bình được hiệu chỉnh là chiều dài trọng số theo chiều dài. (Brunauer, Emmet and Teller) Diện tích bề mặt BET là diện tích bề mặt nhiều điểm và độ xốp là độ xốp được xác định bằng xốp kế thủy ngân.

Tỷ lệ trung bình giữa chiều dài và đường kính nguyên liệu dạng sợi thứ hai 14 có thể, ví dụ, lớn hơn 8/1, ví dụ, lớn hơn 10/1, lớn hơn 15/1, lớn hơn 20/1, lớn hơn 25/1, hoặc lớn hơn 50/1. Độ dài trung bình của nguyên liệu dạng sợi thứ hai 14 có thể, ví dụ, nằm trong khoảng từ 0,5 mm tới 2,5 mm, ví dụ, nằm trong khoảng từ 0,75 mm tới 1,0 mm và chiều rộng trung bình (tức là, đường kính) của nguyên liệu dạng sợi thứ hai 14 có thể, ví dụ, nằm trong khoảng từ 5 μm và 50 μm , ví dụ, nằm trong khoảng từ 10 μm và 30 μm .

Theo một số phương án, độ lệch chuẩn của chiều dài của nguyên liệu dạng sợi thứ hai 14 nhỏ hơn 60% chiều dài trung bình của nguyên liệu dạng sợi thứ hai 14, ví dụ, nhỏ hơn 50% chiều dài trung bình, nhỏ hơn 40% chiều dài trung bình, nhỏ hơn 25% chiều dài trung bình, nhỏ hơn 10% chiều dài trung bình, nhỏ hơn 5% chiều dài trung bình, hoặc thậm chí thấp hơn 1% chiều dài trung bình.

Theo một số phương án, diện tích bề mặt BET của nguyên liệu dạng sợi thứ hai lớn hơn 0,1 m^2/g , ví dụ, lớn hơn 0,25 m^2/g , lớn hơn 0,5 m^2/g , lớn hơn 1,0 m^2/g , lớn hơn 1,5 m^2/g , lớn hơn 1,75 m^2/g , lớn hơn 5,0 m^2/g , lớn hơn 10 m^2/g , lớn hơn 25 m^2/g , lớn hơn 35 m^2/g , lớn hơn 50 m^2/g , lớn hơn 60 m^2/g , lớn hơn 75 m^2/g , lớn hơn 100 m^2/g , lớn hơn 150 m^2/g , lớn hơn 200 m^2/g , hoặc thậm chí lớn hơn 250 m^2/g . Độ xốp của nguyên liệu dạng sợi thứ hai 14 có thể, ví dụ, lớn hơn 20%, lớn hơn 25%, lớn hơn 35%, lớn hơn 50%, lớn hơn 60%, lớn hơn 70%, ví dụ, lớn hơn 80%, lớn hơn 85%, lớn hơn 90%, lớn hơn 92%, lớn hơn 94%, lớn hơn 95%, lớn hơn 97,5%, lớn hơn 99%, hoặc thậm chí lớn hơn 99,5%.

Theo một số phương án, tỷ lệ giữa tỷ lệ trung bình giữa chiều dài và đường kính của nguyên liệu dạng sợi thứ nhất với tỷ lệ trung bình giữa chiều dài và đường kính nguyên liệu dạng sợi thứ hai là, ví dụ, nhỏ hơn 1,5, ví dụ, nhỏ hơn 1,4, nhỏ hơn 1,25, nhỏ hơn 1,1, nhỏ hơn 1,075, nhỏ hơn 1,05, nhỏ hơn 1,025, hoặc thậm chí gần như bằng 1.

Theo các phương án cụ thể, nguyên liệu dạng sợi thứ hai lại được cắt và nguyên liệu dạng sợi thu được được cho đi qua sàng thứ hai có cỡ lỗ trung bình nhỏ hơn so với sàng thứ nhất để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ ba. Trong các trường

hợp như vậy, tỷ lệ giữa tỷ lệ trung bình giữa chiều dài và đường kính nguyên liệu dạng sợi thứ hai và tỷ lệ trung bình giữa chiều dài và đường kính của nguyên liệu dạng sợi thứ ba có thể, ví dụ, nhỏ hơn 1,5, ví dụ, nhỏ hơn 1,4, nhỏ hơn 1,25, hoặc thậm chí thấp hơn 1,1.

Theo một số phương án, nguyên liệu dạng sợi thứ ba được cho đi qua sàng thứ ba để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ tư. Nguyên liệu dạng sợi thứ tư này có thể, ví dụ, được cho đi qua sàng thứ tư để tạo ra nguyên liệu thứ năm. Các quy trình sàng tương tự có thể được lặp lại nhiều lần, nếu muốn để tạo ra nguyên liệu dạng sợi mong muốn có đặc tính mong muốn.

Quy trình làm đặc

Các nguyên liệu đã được làm đặc có thể được xử lý bằng phương pháp bất kỳ đã được mô tả trong bản mô tả này.

Nguyên liệu, ví dụ, nguyên liệu dạng sợi, có mật độ khối thấp có thể được làm đặc thành sản phẩm có mật độ khối cao hơn. Ví dụ, hỗn hợp nguyên liệu có mật độ khối $0,05 \text{ g/cm}^3$ có thể được làm đặc bằng cách bịt kín nguyên liệu dạng sợi trong cấu trúc tương đối không thấm khí, ví dụ, túi được làm bằng polyetylen hoặc túi được làm bằng các lớp polyetylen và nylon xen nhau và sau đó đuổi khí hãm, ví dụ, không khí, ra khỏi cấu trúc này. Sau khi rút hết không khí ra khỏi cấu trúc, nguyên liệu dạng sợi có thể có, ví dụ, mật độ khối lớn hơn $0,3\text{g/cm}^3$, ví dụ, $0,5\text{g/cm}^3$, $0,6\text{g/cm}^3$, $0,7\text{g/cm}^3$ hoặc cao hơn, ví dụ, $0,85 \text{ g/cm}^3$. Sau khi làm đặc, sản phẩm có thể được xử lý bằng phương pháp bất kỳ đã được mô tả trong bản mô tả này, ví dụ, được chiếu xạ, ví dụ, chiếu xạ gama. Điều này có thể có lợi khi muốn vận chuyển nguyên liệu tới một địa điểm khác, ví dụ, nhà máy sản xuất ở xa, nơi hỗn hợp nguyên liệu dạng sợi có thể được bổ sung vào dung dịch, ví dụ, để tạo ra etanol. Sau khi đục thùng cấu trúc hầu như không thấm khí, nguyên liệu dạng sợi đã được làm đặc có thể trở lại về gần với mật độ khối ban đầu của nó, ví dụ, lớn hơn 60% mật độ khối ban đầu của nó, ví dụ 70%, 80%, 85% hoặc cao hơn, ví dụ 95% mật độ khối ban đầu của nó. Để làm giảm độ tĩnh điện trong nguyên liệu dạng sợi, chất chống tĩnh điện có thể được bổ sung vào nguyên liệu.

Theo một số phương án, cấu trúc, ví dụ, túi được tạo ra bằng chất liệu hòa tan trong chất lỏng, như nước. Ví dụ, cấu trúc có thể được tạo ra từ rượu polyvinyllic sao cho nó hòa tan khi tiếp xúc với hệ trên cơ sở nước. Các phương án như vậy cho

phép các cấu trúc đã được làm đặc được bổ sung trực tiếp vào dung dịch chứa vi sinh vật, mà không cần giải phóng nguyên liệu được chứa trong cấu trúc, ví dụ, bằng cách cắt.

Tham khảo FIG.5, nguyên liệu sinh khối có thể được kết hợp với các chất phụ gia và chất kết dính mong muốn bất kỳ và sau đó được làm đặc bằng cách sử dụng áp suất, ví dụ, bằng cách cho nguyên liệu đi qua khe được tạo ra giữa các trục lăn áp lực quay ngược hoặc bằng cách cho nguyên liệu đi qua máy nghiền bi. Trong quá trình tác động áp suất, nhiệt có thể tùy ý được sử dụng để trợ giúp cho việc làm đặc nguyên liệu dạng sợi. Sau đó, nguyên liệu đã được làm đặc có thể được chiếu xạ.

Theo một số phương án, nguyên liệu trước khi làm đặc có mật độ khối nhỏ hơn $0,25\text{g/cm}^3$, ví dụ, $0,20\text{g/cm}^3$, $0,15\text{g/cm}^3$, $0,10\text{g/cm}^3$, $0,05\text{g/cm}^3$ hoặc nhỏ hơn, ví dụ, $0,025\text{g/cm}^3$. Mật độ khối được xác định bằng cách sử dụng ASTM D1895B. Vấn tắt, phương pháp này bao gồm việc nạp đầy mẫu vào hình trụ có thể tích đã biết và xác định trọng lượng của mẫu. Mật độ khối được tính toán bằng cách chia trọng lượng của mẫu tính theo gam cho thể tích đã biết của hình trụ tính theo xentimet khối.

Chất kết dính được ưu tiên bao gồm chất kết dính tan trong nước, được trương trong nước, hoặc có nhiệt độ chuyển hoá thủy tinh nhỏ hơn 25°C , như xác định được bằng phép đo nhiệt lượng quét vi sai. Thuật ngữ "chất kết dính tan trong nước" được dùng để chỉ chất kết dính có độ tan ít nhất khoảng 0,05% trọng lượng trong nước. Thuật ngữ "chất kết dính trương trong nước" được dùng để chỉ chất kết dính có thể tích tăng hơn 0,5% khi tiếp xúc với nước.

Theo một số phương án, chất kết dính tan hoặc trương trong nước bao gồm nhóm chức có khả năng tạo ra liên kết, ví dụ, liên kết hydro, với các sợi của nguyên liệu dạng sợi, ví dụ, nguyên liệu dạng sợi xenluloza. Ví dụ, nhóm chức có thể là nhóm axit carboxylic, nhóm cacboxylat, nhóm carbonyl, ví dụ, aldehyt hoặc keton, nhóm axit sulfonic, nhóm sulfonat, nhóm axit phosphoric, nhóm phosphat, nhóm amit, nhóm amin, nhóm hydroxyl, ví dụ, rượu và hỗn hợp của các nhóm này, ví dụ, nhóm axit carboxylic và nhóm hydroxyl. Ví dụ, cụ thể về monome bao gồm glyxerin, glyoxal, axit ascorbic, urea, glyxin, pentaerythritol, monosacarit hoặc disacarit, axit xitric và axit tartaric. Các sacarit thích hợp bao gồm glucoza, sucroza,

lactoza, riboza, fructoza, mannoza, arabimnoza và erythroza. Ví dụ về polyme bao gồm polyglycol, polyetylen oxit, axit polycarboxylic, polyamit, polyamin và polysulfonat của axit polysulfonic. Ví dụ, cụ thể về polyme bao gồm polypropylen glycol (PPG), polyetylen glycol (PEG), polyetylen oxit, ví dụ, POLYOX[®], copolyme của etylen oxit và propylen oxit, axit polyacrylic (PAA), polyacrylamit, polypeptit, polyetylenimin, polyvinylpyridin, poly(natri-4-styrenesulfonat) và poly(2-acrylamido-metyl-1-propansulfonic axit).

Theo một số phương án, chất kết dính bao gồm polyme có nhiệt độ chuyển hoá thuỷ tinh nhỏ hơn 25°C. Ví dụ về các polyme như vậy bao gồm dẻo nhiệt thể đàn hồi (TPE). Ví dụ về TPE bao gồm các amit khối polyete, như các amit có bán dưới nhãn hiệu thương mại PEBAX[®], thể đàn hồi polyeste, như các thể đàn hồi có bán dưới nhãn hiệu thương mại HYTREL[®] và copolyme khối styren, như copolyme có bán dưới nhãn hiệu thương mại KRATON[®]. Các polyme thích hợp khác có nhiệt độ chuyển hoá thuỷ tinh nhỏ hơn 25°C bao gồm etylen copolyme vinyl axetat (EVA), polyolefin, ví dụ, polyetylen, copolyme polypropylen, etylen-propylen và copolyme của etylen và alpha olefin, ví dụ 1-octen, như các copolyme có bán dưới nhãn hiệu thương mại ENGAGE[®]. Theo một số phương án, ví dụ, khi nguyên liệu là giấy bọc nhiều lớp dạng sợi, thì nguyên liệu này được làm đặc để không cần bổ sung polyme có nhiệt độ chuyển hoá thuỷ tinh thấp riêng biệt.

Theo phương án cụ thể, chất kết dính là lignin, ví dụ, lignin được làm biến tính tự nhiên hoặc tổng hợp.

Lượng thích hợp chất kết dính được bổ sung vào nguyên liệu, được tính toán dựa vào trọng lượng khô, ví dụ, nằm trong khoảng từ 0,01% tới 50%, ví dụ, 0,03%, 0,05%, 0,1%, 0,25%, 0,5%, 1,0%, 5%, 10% hoặc cao hơn, ví dụ 25%, dựa vào tổng trọng lượng của nguyên liệu đã được làm đặc. Chất kết dính này có thể được bổ sung vào nguyên liệu dưới dạng chất lỏng tinh khiết tuyệt đối, chất lỏng chứa chất kết dính được hòa tan trong đó, bột khô chứa chất kết dính, hoặc viên chứa chất kết dính.

Nguyên liệu dạng sợi đã được làm đặc có thể được tạo ra trong máy nghiền bi. Tham khảo FIG.6, máy nghiền bi 300 có phễu 301 để giữ nguyên liệu chưa được làm đặc 310 chứa nguyên liệu chứa hydrat cacbon, như xenluloza. Phễu này thông với máy khoan 312 được dẫn động bởi động cơ biến tốc 314 sao cho nguyên

liệu chưa được làm đặc có thể được vận chuyển tới máy điều hoà 320 khuấy nguyên liệu chưa được làm đặc bằng các cánh khuấy 322 được quay bằng động cơ điều hoà 330. Các thành phần khác, ví dụ, các chất phụ gia và/hoặc chất độn bất kỳ đã được mô tả trong bản mô tả này, có thể được bổ sung ở cửa vào 332. Nếu muốn, nhiệt có thể được bổ sung trong khi nguyên liệu dạng sợi trong máy điều hoà. Sau khi điều hoà, nguyên liệu đi từ máy điều hoà tới máng tháo 340 và tới máy khoan khác 342. Máng tháo, khi được kiểm soát bằng cơ cấu dẫn động 344, cho phép đường nguyên liệu thông từ máy điều hoà tới máy khoan. Máy khoan được quay bằng động cơ 346 và kiểm soát việc nạp nguyên liệu dạng sợi vào cụm khuôn và con lăn 350. Đặc biệt, nguyên liệu được đưa vào vào khuôn hình trụ 352, quay ngang và có các lỗ khuôn kéo dài theo phương hướng kính 250. Khuôn 352 được quay quanh trục nhờ động cơ 360, động cơ này bao gồm áp kế mã lực, cho biết tổng năng lượng động cơ đã tiêu thụ. Nguyên liệu đã được làm đặc 370, ví dụ, dưới dạng viên, rơi khỏi máng 372 và được thu gom và xử lý, như bằng cách chiếu xạ.

Sau khi làm đặc, thuận lợi nếu nguyên liệu có thể ở dạng viên hoặc các lát mỏng có nhiều hình dạng. Sau đó, các viên có thể được chiếu xạ. Theo một số phương án, các viên hoặc các lát mỏng ở dạng hình trụ, ví dụ, có kích thước chiều ngang tối đa bằng, ví dụ 1 mm hoặc nhiều hơn, ví dụ 2 mm, 3 mm, 5 mm, 8 mm, 10 mm, 15 mm hoặc nhiều hơn, ví dụ 25 mm. Hình dạng thuận tiện khác để tạo ra vật liệu composit bao gồm viên hoặc các lát mỏng có dạng tấm, ví dụ, có độ đặc bằng 1 mm hoặc nhiều hơn, ví dụ 2 mm, 3 mm, 5 mm, 8 mm, 10 mm hoặc nhiều hơn, ví dụ 25 mm; chiều rộng bằng, ví dụ 5 mm hoặc nhiều hơn, ví dụ 10 mm, 15 mm, 25 mm, 30 mm hoặc nhiều hơn, ví dụ 50 mm; và chiều dài bằng 5 mm hoặc nhiều hơn, ví dụ 10 mm, 15 mm, 25 mm, 30 mm hoặc nhiều hơn, ví dụ 50 mm.

Tham khảo FIG.7A-7D, các viên có thể được tạo ra sao cho chúng có lỗ rỗng bên trong. Như được thể hiện, nói chung lỗ rỗng này có thể đồng tâm với tâm của viên (FIG.7B), hoặc lệch với tâm của viên (FIG.7C). Việc tạo ra lỗ rỗng bên trong viên có thể làm tăng tốc độ hoà tan trong chất lỏng sau khi chiếu xạ.

Tham khảo FIG.7D, viên có thể có, ví dụ, hình dạng elip nhiều thùy, ví dụ, ba thùy như được thể hiện, hoặc bốn thùy, năm thùy, sáu thùy hoặc mười thùy. Việc tạo ra các viên có hình dạng elip như vậy có thể còn làm tăng tốc độ hoà tan trong dung dịch sau khi chiếu xạ.

Theo một ví dụ, hộp giấy đựng nước ép hoa quả dung tích nửa galông (1,89 l) được làm bằng bìa Kraft trắng chưa in ấn có mật độ khối bằng 20 lb/ft³ có thể được sử dụng làm nguyên liệu. Các hộp giấy này có thể được gấp phẳng và sau đó được cấp vào máy băm để tạo ra nguyên liệu giống hoa giấy có chiều rộng nằm trong khoảng từ 0,1 inso tới 0,5 inso, chiều dài nằm trong khoảng từ 0,25 inso và 1 inso và độ đặc tương đương với độ đặc của nguyên liệu ban đầu (khoảng 0,075 inso). Nguyên liệu giống hoa giấy này có thể được cấp cho dao cắt quay để cắt các dải giống hoa giấy, làm đứt các dải này và giải phóng nguyên liệu dạng sợi.

Trong một số trường hợp, nhiều dãy máy băm-máy cắt có thể được bố trí theo dãy với sản phẩm đi ra. Theo một phương án, hai dãy máy băm-máy cắt có thể được bố trí theo dãy với sản phẩm đi ra khỏi máy cắt thứ nhất được cấp làm nguyên liệu đi vào máy băm thứ hai. Theo phương án khác, ba dãy máy băm-máy cắt có thể được bố trí theo dãy với sản phẩm đi ra khỏi máy cắt thứ nhất được cấp làm nguyên liệu đi vào máy băm thứ hai và sản phẩm đi ra khỏi máy cắt thứ hai được cấp làm nguyên liệu đi vào máy băm thứ ba. Có thể có nhiều đường đi qua dãy máy băm-máy cắt để làm tăng cỡ hạt và làm tăng tổng diện tích bề mặt trong dòng nguyên liệu.

Theo ví dụ khác, nguyên liệu dạng sợi được tạo ra bằng cách băm vụn và cắt hộp giấy đựng nước ép hoa quả có thể được xử lý để làm tăng mật độ khối của nó. Trong một số trường hợp, nguyên liệu dạng sợi có thể được phun nước hoặc dung dịch POLYOXTM WSR N10 (polyetylen oxit) được pha loãng bằng nước. Sau đó, nguyên liệu dạng sợi đã được làm ướt có thể được xử lý qua máy nghiền bi vận hành ở nhiệt độ trong phòng. Máy nghiền bi có thể làm tăng mật độ khối dòng nguyên liệu.

Quy trình xử lý sơ bộ

Nguyên liệu đã được xử lý bằng cách vật lý có thể được xử lý sơ bộ để sử dụng trong quy trình sản xuất sơ cấp bằng cách, ví dụ, làm giảm trọng lượng phân tử trung bình và mức độ kết tinh của nguyên liệu và/hoặc làm tăng diện tích bề mặt và/hoặc độ xốp của nguyên liệu. Quy trình xử lý sơ bộ có thể bao gồm một hoặc các bước bao gồm chiếu xạ, siêu âm, oxy hóa, nhiệt phân và xử lý bằng hơi nước có áp

suất cao. Nhiều hệ thống và phương pháp xử lý sơ bộ khác nhau có thể được sử dụng kết hợp với hai, ba, hoặc thậm chí bốn trong số các công nghệ này.

Quy trình xử lý sơ bộ kết hợp

Theo một số phương án, sinh khối có thể được xử lý bằng cách sử dụng hai hoặc nhiều phương pháp bất kỳ đã được mô tả trong bản mô tả này, như hai hoặc nhiều phương pháp bao gồm chiếu xạ, siêu âm, oxy hóa, nhiệt phân và xử lý bằng hơi nước có áp suất cao được hoặc không được kết hợp trước khi, trong khi hoặc sau khi xử lý nguyên liệu như đã được mô tả trong bản mô tả này. Các quy trình này có thể được áp dụng theo trình tự bất kỳ (hoặc đồng thời) cho sinh khối, ví dụ, nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza. Theo phương án khác, nguyên liệu chứa hydrat cacbon được xử lý bằng cách áp dụng ba, bốn phương pháp bất kỳ đã được mô tả trong bản mô tả này (theo trình tự bất kỳ hoặc đồng thời), hoặc nhiều hơn. Ví dụ, hydrat cacbon có thể được xử lý bằng cách chiếu xạ, siêu âm, oxy hóa, nhiệt phân và, tùy ý, xử lý bằng hơi nước có áp suất cao cho nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza (theo trình tự bất kỳ hoặc đồng thời). Sau đó, nguyên liệu chứa hydrat cacbon đã được tạo ra có thể được chuyển hóa bằng một hoặc nhiều vi sinh vật, như vi khuẩn, nấm men, hoặc hỗn hợp gồm nấm men và vi khuẩn, thành một số sản phẩm mong muốn, như đã được mô tả trong bản mô tả này. Nhiều quy trình có thể tạo ra nguyên liệu có thể được nhiều vi sinh vật sử dụng một cách dễ dàng hơn bởi vì chúng có trọng lượng phân tử thấp hơn, độ kết tinh thấp hơn và/hoặc độ tan tăng. Nhiều quy trình có thể tạo ra tác dụng hiệp đồng và có thể làm giảm tổng năng lượng cung cấp cần thiết so với một quy trình bất kỳ.

Ví dụ, theo một số phương án, nguyên liệu được tạo ra chứa hydrat cacbon thu được từ quy trình bao gồm bước chiếu xạ và siêu âm (theo trình tự hoặc đồng thời) xenluloza và/hoặc nguyên liệu lignoxenluloza, quy trình bao gồm bước chiếu xạ và oxy hoá (theo trình tự hoặc đồng thời) xenluloza và/hoặc nguyên liệu lignoxenluloza, quy trình bao gồm bước chiếu xạ và nhiệt phân (theo trình tự hoặc đồng thời) xenluloza và/hoặc nguyên liệu lignoxenluloza, quy trình bao gồm bước chiếu xạ và nhiệt phân (theo trình tự hoặc đồng thời) xenluloza và/hoặc nguyên liệu lignoxenluloza, hoặc quy trình bao gồm bước chiếu xạ và xử lý bằng hơi nước có áp suất cao (theo trình tự hoặc đồng thời) xenluloza và/hoặc nguyên liệu lignoxenluloza. Sau đó, nguyên liệu tạo ra có thể được cho tiếp xúc với vi sinh vật

có khả năng chuyển hoá ít nhất một phần, ví dụ, ít nhất khoảng 1% khối lượng nguyên liệu thành sản phẩm, như nhiên liệu dễ cháy, như đã được mô tả trong bản mô tả này.

Theo một số phương án, phương pháp này không bao gồm bước thủy phân nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza, như bằng axit hoặc bazơ, ví dụ, axit vô cơ, như axit clohydric hoặc sulfuric.

Nếu muốn, nguyên liệu có thể chứa khoắc không chứa nguyên liệu đã được thủy phân. Ví dụ, theo một số phương án, ít nhất khoảng 70% khối lượng nguyên liệu là nguyên liệu không được thủy phân, ví dụ, ít nhất 95% khối lượng nguyên liệu là nguyên liệu không được thủy phân. Theo một số phương án, hầu như tất cả nguyên liệu là nguyên liệu không được thủy phân.

Nguyên liệu bất kỳ hoặc thiết bị phản ứng hoặc bình bên men bất kỳ được nạp nguyên liệu có thể chứa chất đệm, như natri bicacbonat, amoni clorua hoặc Tris; chất điện phân, như kali clorua, natri clorua, hoặc canxi clorua; yếu tố sinh trưởng, như biotin và/hoặc cặp bazơ như uraxil hoặc chất tương đương của chúng; chất hoạt động bề mặt, như Tween[®] hoặc polyetylen glycol; khoáng chất, như canxi, crom, đồng, iot, sắt, selen, hoặc kẽm; hoặc chất tạo chelat, như etylen điamin, axit etylen điamin tetraaxetic (EDTA) (hoặc muối của nó, ví dụ, natri hoặc kali EDTA), hoặc đimercaprol.

Khi phương pháp chiếu xạ được sử dụng, nó có thể được áp dụng cho mẫu bất kỳ ở dạng khô hoặc ướt, hoặc thậm chí được phân tán trong lỏng, như nước. Ví dụ, sự chiếu xạ có thể được tiến hành trên nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza trong đó ít hơn khoảng 25% khối lượng nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza có bề mặt được làm ướt bằng chất lỏng, như nước. Theo một số phương án, chiếu xạ được tiến hành trên nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza trong đó về cơ bản là không có nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza nào được làm ướt bằng chất lỏng, như nước.

Theo một số phương án, việc xử lý bất kỳ đã được mô tả trong bản mô tả này được tiến hành sau khi nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza vẫn ở dạng khô như khi thu được hoặc được làm khô, ví dụ, bằng cách sử dụng nhiệt và/hoặc áp suất giảm. Ví dụ, theo một số phương án, nguyên liệu xenluloza và/hoặc

lignoxenluloza có lượng nước tồn lại ít hơn khoảng 5% khối lượng, được đo ở nhiệt độ 25°C và ở độ ẩm tương đối bằng 50%.

Nếu muốn, tác nhân gây trương, như được xác định trong bản mô tả này, có thể được sử dụng trong quy trình bất kỳ đã được mô tả trong bản mô tả này. Theo một số phương án, khi nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza được xử lý bằng cách sử dụng chiếu xạ, ít hơn khoảng 25% khối lượng nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza là ở trạng thái trương, là trạng thái có thể tích lớn hơn khoảng 2,5% so với trạng thái không trương, ví dụ, lớn hơn 5,0, 7,5, 10, hoặc 15% cao hơn so với trạng thái không trương. Theo một số phương án, khi việc chiếu xạ được sử dụng đối với nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza, hầu như không có nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza nào ở trạng thái trương.

Theo các phương án cụ thể khi việc chiếu xạ được sử dụng, nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza chứa tác nhân gây trương và trương xenluloza và/hoặc lignoxenluloza tiếp nhận cường độ chiếu xạ ít hơn khoảng 10Mrad.

Khi việc chiếu xạ được sử dụng trong quy trình bất kỳ, nó có thể được áp dụng trong khi xenluloza và/hoặc lignoxenluloza được cho tiếp xúc với không khí, không khí được làm giàu bằng oxy, hoặc thậm chí chính oxy, hoặc được bao phủ bằng khí trơ như nitơ, argon, hoặc heli. Khi mong muốn quá trình oxy hóa đạt tối đa, môi trường oxy hoá được sử dụng, như không khí hoặc oxy.

Khi việc chiếu xạ được sử dụng, nó có thể được áp dụng cho sinh khối, như nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza, với áp suất cao hơn khoảng 2,5at (250 MPa), như lớn hơn 5, 10, 15, 20 hoặc thậm chí lớn hơn khoảng 50 at.

Theo các phương án cụ thể, quy trình này bao gồm bước chiếu xạ và siêu âm và chiếu xạ được tiến hành trước siêu âm. Theo các phương án cụ thể khác, siêu âm được tiến hành trước chiếu xạ, hoặc chiếu xạ và siêu âm được tiến hành đồng thời.

Theo một số phương án, quy trình này bao gồm bước chiếu xạ và siêu âm (theo trình tự hoặc đồng thời) và còn bao gồm bước oxy hoá, nhiệt phân hoặc xử lý bằng hơi nước có áp suất cao.

Khi quy trình bao gồm bước chiếu xạ, bước chiếu xạ có thể được tiến hành bằng cách chiếu xạ ion hoá, như tia gama, tia X, chiếu tia cực tím năng lượng cao, như chiếu tia cực tím C có bước sóng nằm trong khoảng từ 100nm tới 280nm, chùm

các hạt, như chùm tia điện tử, neutron chậm hoặc các hạt alpha. Theo một số phương án, chiếu xạ bao gồm hai hoặc nhiều nguồn chiếu xạ, như tia gama và chùm tia điện tử, có thể được tiến hành theo trình tự hoặc đồng thời.

Theo các phương án cụ thể, việc siêu âm có thể được tiến hành ở tần số nằm trong khoảng từ 15khz tới 25khz, như nằm trong khoảng từ 18khz và 22khz bằng cách sử dụng đầu phóng 1 KW hoặc lớn hơn, ví dụ, đầu phóng 2, 3, 4, 5, hoặc thậm chí 10 KW.

Theo một số phương án, nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza chứa xenluloza thứ nhất có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất và hydrat cacbon thu được chứa xenluloza thứ hai có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất. Ví dụ, trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai là thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất nhiều hơn khoảng khoảng 25%, ví dụ 2, 3, 5, 7, 10, 25, thậm chí 100 lần.

Theo một số phương án, xenluloza thứ nhất có độ kết tinh thứ nhất và xenluloza thứ hai có độ kết tinh thứ hai thấp hơn so với độ kết tinh thứ nhất, như thấp hơn khoảng hai, ba, năm, mười, 15 hoặc 25%.

Theo một số phương án, xenluloza thứ nhất có mức oxy hóa thứ nhất và xenluloza thứ hai có mức oxy hóa thứ hai cao hơn so với mức oxy hóa thứ nhất, như hai, ba, bốn, năm, mười hoặc thậm chí 25%.

Một ví dụ về việc sử dụng chiếu xạ cùng với oxy hóa để xử lý sơ bộ, hộp giấy đựng nước ép hoa quả dung tích nửa galông (1,89 l) được làm bằng giấy bìa Kraft trắng nhiều lớp chưa in ấn có mật độ khối bằng 20 lb/ft³ được sử dụng làm nguyên liệu. các hộp giấy được gấp phẳng và sau đó được cấp theo trình tự gồm ba dây máy băm-máy cắt được bố trí theo dãy với sản phẩm đi ra khỏi máy cắt thứ nhất được cấp làm nguyên liệu đi vào máy băm thứ hai và sản phẩm đi ra khỏi máy cắt thứ hai được cấp làm nguyên liệu đi vào máy băm thứ ba. Nguyên liệu dạng sợi được tạo ra có thể được phun nước và được xử lý qua máy nghiền bi vận hành ở nhiệt độ trong phòng. Các viên đã được làm đặc có thể được đưa vào ống thủy tinh được bịt kín trong môi trường không khí. Các viên này trong ống thủy tinh được chiếu xạ gama trong thời gian khoảng 3 giờ với suất liều lượng khoảng 1Mrad trong một giờ để tạo ra nguyên liệu đã được chiếu xạ trong đó xenluloza có trọng lượng phân tử thấp hơn so với nguyên liệu ban đầu Kraft dạng sợi.

Xử lý chiếu xạ

Một hoặc nhiều trình tự xử lý chiếu xạ có thể được sử dụng để xử lý nguyên liệu thô từ rất nhiều nguồn khác nhau để chiết các chất hữu ích ra khỏi nguyên liệu và để tạo ra chất hữu cơ phân huỷ một phần làm nguyên liệu đầu vào cho các bước và/hoặc trình tự xử lý thêm. Sự chiếu xạ có thể làm giảm trọng lượng phân tử và/hoặc độ kết tinh của nguyên liệu. Theo một số phương án, năng lượng có trong nguyên liệu làm giải phóng electron ra khỏi quỹ đạo nguyên tử của nó được sử dụng để chiếu xạ các nguyên liệu. Việc chiếu xạ có thể được tạo ra bởi 1) các hạt mang điện nặng, như các hạt alpha, 2) electron, được tạo ra, ví dụ, trong phân rã beta hoặc chất tăng tốc chùm tia điện từ, hoặc 3) chiếu xạ điện từ, ví dụ, tia gamma, tia X, hoặc tia cực tím. Theo một phương án, chiếu xạ được tạo ra bởi các chất phóng xạ có thể được sử dụng để chiếu xạ nguyên liệu. Theo phương án khác, chiếu xạ điện từ (ví dụ, được tạo ra bằng cách sử dụng nguồn phát ra chùm tia điện từ) có thể được sử dụng để chiếu xạ nguyên liệu. Liều lượng được áp dụng phụ thuộc vào tác dụng mong muốn và nguyên liệu cụ thể. Ví dụ, chiếu xạ liều cao có thể phá vỡ các liên kết hoá học trong các thành phần nguyên liệu và chiếu xạ liều thấp có thể làm tăng việc liên kết hoá học (ví dụ, liên kết ngang) trong các thành phần nguyên liệu.

Tham khảo FIG.8, theo một phương pháp, nguyên liệu thứ nhất 2 chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất (M_{N1}) được chiếu xạ, ví dụ, bằng cách xử lý với việc chiếu xạ ion hoá (ví dụ, dưới dạng chiếu xạ gamma, chiếu xạ tia X, ánh sáng tia cực tím ở bước sóng nằm trong khoảng từ 100nm tới 280nm (UV), chùm tia điện từ hoặc các hạt mang điện khác) để tạo ra nguyên liệu thứ hai 3 chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai (M_{N2}) thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất. Nguyên liệu thứ hai (hoặc nguyên liệu thứ nhất và thứ hai) có thể được kết hợp với vi sinh vật (ví dụ, vi khuẩn hoặc nấm men) có thể sử dụng nguyên liệu thứ nhất và/hoặc thứ hai để tạo ra nhiên liệu 5 là hoặc chứa hydro, rượu (ví dụ, etanol hoặc butanol, như n-, sec- hoặc t-butanol), axit hữu cơ, hydrocacbon hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng.

Do nguyên liệu thứ hai 3 có xenluloza có trọng lượng phân tử giảm so với nguyên liệu thứ nhất và trong một số trường hợp, mức độ kết tinh cũng giảm, nguyên liệu thứ hai nói chung dễ phân tán, trương và/hoặc tan hơn trong dung dịch chứa vi sinh vật. Các đặc tính này khiến cho nguyên liệu thứ hai 3 dễ bị tác động

bởi hoá học, enzym và/hoặc vi sinh vật hơn so với nguyên liệu thứ nhất 2, điều này có thể cải thiện đáng kể tốc độ sản xuất và/hoặc mức độ sản xuất sản phẩm mong muốn, ví dụ, etanol. Chiếu xạ có thể còn làm tiệt trùng nguyên liệu.

Theo một số phương án, trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai (M_{N2}) thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất (M_{N1}) nhiều hơn khoảng 10%, ví dụ 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50%, 60%, hoặc thậm chí nhiều hơn khoảng 75%.

Trong một số trường hợp, nguyên liệu thứ hai có xenluloza có mức độ kết tinh (C_2) thấp hơn mức độ kết tinh (C_1) của xenluloza trong nguyên liệu thứ nhất. Ví dụ, (C_2) có thể thấp hơn (C_1) nhiều hơn khoảng 10%, ví dụ 15, 20, 25, 30, 35, 40, hoặc thậm chí nhiều hơn khoảng 50%.

Theo một số phương án, chỉ số kết tinh ban đầu (trước khi chiếu xạ) là nằm trong khoảng từ 40 tới 87,5%, ví dụ, nằm trong khoảng từ 50 tới 75% hoặc nằm trong khoảng từ 60 tới 70% và chỉ số kết tinh sau khi chiếu xạ là nằm trong khoảng từ khoảng 10 tới 50%, ví dụ, nằm trong khoảng từ 15 tới 45% hoặc nằm trong khoảng từ khoảng 20 tới 40%. Tuy nhiên, theo một số phương án, ví dụ, sau khi chiếu xạ toàn diện, nó có thể có chỉ số kết tinh thấp hơn 5%. Theo một số phương án, nguyên liệu sau khi chiếu xạ gần như là vô định hình.

Theo một số phương án, trọng lượng phân tử trung bình số ban đầu (trước khi chiếu xạ) là nằm trong khoảng từ 200.000 tới 3.200.000, ví dụ, nằm trong khoảng từ 250.000 tới 1.000.000 hoặc nằm trong khoảng từ 250.000 tới 700.000 và trọng lượng phân tử trung bình số sau khi chiếu xạ là nằm trong khoảng từ 50.000 tới 200.000, ví dụ, nằm trong khoảng từ 60.000 tới 150.000 hoặc nằm trong khoảng từ 70.000 tới 125.000. Tuy nhiên, theo một số phương án, ví dụ, sau khi chiếu xạ toàn diện, nó có thể có trọng lượng phân tử trung bình số ít hơn khoảng 10.000 hoặc thậm chí thấp hơn khoảng 5.000.

Theo một số phương án, nguyên liệu thứ hai có thể có mức oxy hóa (O_2) cao hơn so với mức oxy hóa (O_1) của nguyên liệu thứ nhất. Mức oxy hóa cao hơn của nguyên liệu có thể trợ giúp khả năng phân tán, khả năng trương và/hoặc độ tan của nó, còn làm tăng độ nhạy cảm của nguyên liệu dưới động của hoá học, enzym

hoặc sinh học. Theo một số phương án, để tăng mức oxy hóa của nguyên liệu thứ hai so với nguyên liệu thứ nhất, việc chiếu xạ được tiến hành trong môi trường oxy hoá, ví dụ, trong môi trường không khí hoặc oxy, tạo ra nguyên liệu thứ hai được oxy hóa mạnh hơn so với nguyên liệu thứ nhất. Ví dụ, nguyên liệu thứ hai có thể có thêm nhóm hydroxyl, nhóm aldehyt, nhóm keton, các nhóm este hoặc nhóm axit carboxylic, có thể làm tăng tính ưa nước của nó.

Chiếu xạ ion hoá

Mỗi cách chiếu xạ đều ion hoá sinh khối qua các tương tác cụ thể, như xác định được bằng năng lượng chiếu xạ. Các hạt mang điện nặng chủ yếu ion hoá vật chất qua tán xạ Coulomb; hơn thế nữa, các tương tác này tạo ra năng lượng electron cao có thể ion hoá tiếp vật chất. Các hạt alpha là giống với nhân của nguyên tử heli và được tạo ra bởi sự phân rã alpha của các hạt nhân phóng xạ khác nhau, như các chất đồng vị của bismut, poloni, astatin, radon, franxi, radi, một số actinit, như actini, thori, uranium, neptuni, curium, californi, amerixi và plutoni.

Tương tác electron qua tán xạ Coulomb và bức xạ hãm được tạo ra bằng cách thay đổi vận tốc của electron. Electron có thể được tạo ra bởi các hạt nhân phóng xạ trải qua phân rã beta, như các chất đồng vị của iot, xesi, tecneti và iridi. Theo cách khác, súng điện tử có thể được sử dụng làm nguồn điện tử qua phát xạ nhiệt ion.

Các tương tác chiếu xạ điện từ qua ba quy trình: hấp thụ quang điện, tán xạ Compton và tạo cặp. Sự tương tác trội hơn được xác định bởi năng lượng của việc chiếu xạ tới và số nguyên tử của vật chất. Tổng các tương tác đóng góp vào chiếu xạ hấp thụ trong nguyên liệu xenluloza có thể được biểu hiện bằng hệ số hấp thụ khối lượng.

Chiếu xạ điện từ được phân loại thành chiếu xạ tia gama, tia X, tia cực tím, tia hồng ngoại, vi sóng, hoặc sóng vô tuyến, tùy thuộc vào bước sóng của nó.

Ví dụ, chiếu xạ gama có thể được sử dụng để chiếu xạ các nguyên liệu. Tham khảo FIG.9 và FIG.10 (hình vẽ mở rộng của vùng R), máy chiếu xạ gama 10 bao gồm nguồn chiếu xạ gama 408, ví dụ, các viên ^{60}Co , bàn làm việc 14 để giữ các nguyên liệu được chiếu xạ và bộ phận lưu giữ 16, ví dụ, được tạo ra bởi nhiều đĩa sắt, tất cả chúng đều được bố trí trong buồng chứa bê tông 20, buồng này bao gồm lõi vào mê cung 22 cách xa cửa bọc chì 26. Bộ phận lưu giữ 16 bao gồm nhiều rãnh 30, ví dụ 16 rãnh hoặc nhiều hơn, cho phép nguồn chiếu xạ gama đi qua bộ phận lưu giữ trên đường của chúng gần sát bàn làm việc.

Trong quá trình vận hành, mẫu để được chiếu xạ được đặt trên bàn làm việc. Máy chiếu xạ được cấu tạo để phân phối suất liều lượng mong muốn và theo dõi thiết bị được nối với khối thử nghiệm 31. Sau đó, người thao tác để cho buồng chứa, đi qua lõi vào mê cung và tới cửa bọc chì. Người thao tác điều khiển bằng điều khiển 32, chỉ dẫn máy tính 33 nâng nguồn chiếu xạ 12 tới vị trí làm việc bằng cách sử dụng hình trụ 36 được gắn vào bom thủy lực 40.

Việc chiếu xạ gama có ưu điểm là độ sâu thẩm đáng kể vào nhiều chất trong mẫu. Các nguồn tia gama bao gồm các hạt nhân phóng xạ, như các chất đồng vị của coban, canxi, tecni-xi, crom, gali, indi, iot, sắt, krypton, samari, selen, natri, tali và xenon.

Các nguồn tia X bao gồm sự va chạm chùm tia điện tử với các đích kim loại, như vonfram hoặc molybden hoặc các hợp kim, hoặc nguồn ánh sáng compact, như các nguồn được Lyncean tạo ra có bán trên thị trường.

Các nguồn chiếu tia cực tím bao gồm các đèn đơteri hoặc cađimi.

Các nguồn chiếu xạ hồng ngoại bao gồm sa phia, kẽm, hoặc các đèn gốm cửa sổ selenua.

Các nguồn vi sóng bao gồm các nguồn klystron, các nguồn RF loại Slevin, hoặc các nguồn chùm nguyên tử sử dụng các chất khí hydro, oxy, hoặc nitơ.

Chùm tia điện tử

Theo một số phương án, chùm tia điện tử được sử dụng làm nguồn chiếu xạ. Chùm tia điện tử có ưu điểm là suất liều lượng cao (ví dụ 1, 5, hoặc thậm chí 10Mrad trong một giây), năng suất cao, thiết bị ít cần tới biện pháp ngăn chặn và sự hạn chế. Electron có thể còn có hiệu quả hơn khi gây ra sự ngắt mạch. Ngoài ra, electron có khả năng cung cấp năng lượng từ 4 tới 10 MeV, có thể có độ sâu thâm nhập trong khoảng từ 5 tới 30 mm hoặc nhiều hơn, như 40 mm.

Chùm tia điện tử có thể được tạo ra, ví dụ, bằng máy phát tĩnh máy phát điện, máy phát theo đợt, máy phát kiểu biến áp, chất tăng tốc năng lượng thấp có hệ thống quét, chất tăng tốc năng lượng thấp với catốt tuyến tính, chất tăng tốc tuyến tính và chất tăng tốc xung. Các electron là nguồn chiếu xạ ion hoá có thể là hữu ích, ví dụ, cho các pin nguyên liệu tương đối mỏng, ví dụ, nhỏ hơn 0,5 in_{sơ}, ví dụ, nhỏ hơn 0,4 in_{sơ}, 0,3 in_{sơ}, 0,2 in_{sơ}, hoặc nhỏ hơn 0,1 in_{sơ}. Theo một số phương án, năng lượng của mỗi electron trong chùm tia điện tử là nằm trong khoảng từ 0,3 MeV tới 2,0 MeV (triệu electron vôn), ví dụ, nằm trong khoảng từ 0,5 MeV tới 1,5 MeV, hoặc nằm trong khoảng từ 0,7 MeV tới 1,25 MeV.

FIG.11 thể hiện sơ đồ quy trình sản xuất 3000 bao gồm các bước khác nhau trong trình tự xử lý sơ bộ nguyên liệu chiếu xạ bằng chùm tia điện tử. Ở bước thứ nhất 3010, sự cung cấp nguyên liệu khô là từ nguồn nguyên liệu. Như nêu trên, nguyên liệu khô từ nguồn nguyên liệu có thể được xử lý sơ bộ trước khi phân phối tới các thiết bị chiếu xạ bằng chùm tia điện tử. Ví dụ, nếu nguyên liệu có nguồn gốc thực vật, một số phần của nguyên liệu thực vật có thể được loại bỏ trước khi thu gom nguyên liệu thực vật và/hoặc trước khi nguyên liệu thực vật được phân phối bằng thiết bị vận chuyển nguyên liệu. Theo cách khác, hoặc ngoài ra, như được thể hiện ở bước tùy chọn 3020, nguyên liệu sinh khối có thể được xử lý cơ học (ví dụ, để giảm chiều dài trung bình của các sợi trong nguyên liệu) trước khi phân phối tới các thiết bị chiếu xạ bằng chùm tia điện tử.

Ở bước 3030, nguyên liệu khô được chuyển tới thiết bị vận chuyển nguyên liệu (ví dụ, kiểu băng chuyền) và được phân bố trên chiều rộng của tiết diện của thiết bị vận chuyển nguyên liệu gần như đồng đều về thể tích. Điều này có thể

đạt được, ví dụ, bằng cách điều khiển bằng tay hoặc bằng cách gây ra chuyển động rung cục bộ ở một số điểm trên thiết bị vận chuyển nguyên liệu trước khi chiếu xạ bằng chùm tia điện tử xử lý.

Theo một số phương án, hệ phối trộn đưa hoá chất 3045 vào nguyên liệu trong quy trình tùy chọn 3040 tạo ra huyền phù đặc. Việc kết hợp nước với nguyên liệu đã được xử lý ở bước trộn 3040 tạo ra huyền phù nước chứa nguyên liệu có thể được vận chuyển qua, ví dụ, ống dẫn chứ không phải là bằng cách sử dụng, ví dụ, băng chuyền.

Bước tiếp theo 3050 là một chu trình bao gồm việc cho nguyên liệu tiếp xúc (dưới dạng khô hoặc huyền phù) với chùm tia điện tử chiếu xạ qua một hoặc nhiều (tức là N) thiết bị chiếu xạ bằng chùm tia điện tử. Huyền phù nguyên liệu được chuyển động qua mỗi “đầu phun” N của chùm tia điện tử ở bước 3052. Sự chuyển động có thể là ở tốc độ liên tục đi qua và giữa các đầu phun, hoặc có thể tạm dừng qua mỗi đầu phun, tiếp đó là sự chuyển động đột ngột tới đầu phun tiếp theo. Một phần nhỏ huyền phù nguyên liệu được cho tiếp xúc với mỗi đầu phun trong thời gian một khoảng thời gian tiếp xúc định trước ở bước 3053.

Các thiết bị chiếu xạ bằng chùm tia điện tử có thể mua được trên thị trường từ Ion Beam Applications, Louvain-la-Neuve, Belgium hoặc Titan Corporation, San Diego, CA. Năng lượng electron thông thường có thể là 1 MeV, 2 MeV, 4,5 MeV, 7,5 MeV, hoặc 10 MeV. Công suất của thiết bị chiếu xạ bằng chùm tia điện tử thông thường có thể là 1 kW, 5 kW, 10 kW, 20 kW, 50 kW, 100 kW, 250 kW, hoặc 500 kW. Hiệu quả của việc khử trùng hợp huyền phù nguyên liệu tùy thuộc vào năng lượng electron được sử dụng và liều lượng được áp dụng, trong khi thời gian tiếp xúc tùy thuộc vào công suất và liều lượng. Các liều lượng thông thường có thể là 1 kGy, 5 kGy, 10 kGy, 20 kGy, 50 kGy, 100 kGy, hoặc 200 kGy.

Việc cân bằng khi cân nhắc các chỉ số kỹ thuật của công suất của thiết bị chiếu xạ bằng chùm tia điện tử bao gồm chi phí vận hành, vốn đầu tư cơ bản, hao mòn và điện thế thiết bị. Việc cân bằng khi cân nhắc các mức liều lượng tiếp xúc của việc chiếu xạ bằng chùm tia điện tử sẽ là các chi phí năng lượng và các vấn đề về môi trường, sự an toàn và sức khỏe (ESH). Việc cân bằng khi cân nhắc năng lượng electron bao gồm các chi phí năng lượng; trong đó năng lượng electron thấp

hơn có thể có lợi trong việc kích thích quá trình khử trùng hợp của một số huyền phù nguyên liệu (Xem, ví dụ, Bouchard, et al, Cellulose (2006) 13: 601-610).

Có thể có lợi nếu để tạo ra hai luồng chiếu xạ bằng chùm tia điện tử để tạo ra quá trình khử trùng hợp có hiệu quả hơn. Ví dụ, thiết bị vận chuyển nguyên liệu có thể vận chuyển trực tiếp nguyên liệu (dưới dạng khô hoặc huyền phù) từ dưới đi lên và ngược hướng với hướng vận chuyển ban đầu của nó. Hệ thống hai luồng có thể cho phép nguyên liệu huyền phù đặc đặc hơn được xử lý và có thể tạo ra mức độ khử trùng hợp đồng đều hơn qua độ đặc của huyền phù nguyên liệu.

Thiết bị chiếu xạ bằng chùm tia điện tử có thể tạo ra chùm cố định hoặc chùm quét. Chùm quét có thể có lợi với độ dài quét lớn hơn và tốc độ quét cao, vì điều này sẽ thay thế một cách hiệu quả bề rộng chùm tia cố định lớn. Hơn nữa, độ rộng quét khả dụng là 0,5 m, 1m, 2 m hoặc hơn đều có thể dùng được.

Theo một số phương án, khi một phần huyền phù nguyên liệu được vận chuyển qua các thiết bị chiếu xạ bằng chùm tia điện tử N , nó có thể là cần thiết khi ở bước 3060, để tách theo phương pháp cơ học các hợp phần lỏng và rắn trong huyền phù nguyên liệu. Theo các phương án này, phần lỏng trong huyền phù nguyên liệu được lọc để thu được các hạt rắn còn lại và được quay trở lại tới bước xử lý huyền phù 3040. Sau đó, phần rắn của huyền phù nguyên liệu được đưa tới bước xử lý tiếp theo 3070 qua thiết bị vận chuyển nguyên liệu. Theo phương án khác, nguyên liệu được duy trì ở dạng huyền phù để xử lý thêm.

Chiếu xạ điện tử

Theo các phương án, trong đó việc chiếu xạ được tiến hành bằng chiếu xạ điện tử, chiếu xạ điện tử có thể có, ví dụ, năng lượng cho mỗi photon (tính theo electron vôn) là lớn hơn 10^2 eV, ví dụ, lớn hơn 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 , hoặc thậm chí lớn hơn 10^7 eV. Theo một số phương án, chiếu xạ điện tử có năng lượng cho mỗi photon nằm trong khoảng từ 10^4 tới 10^7 , ví dụ, nằm trong khoảng từ 10^5 tới 10^6 eV. Chiếu xạ điện tử có thể có tần số, ví dụ, lớn hơn 10^{16} hz, lớn hơn 10^{17} hz, 10^{18} , 10^{19} , 10^{20} , hoặc thậm chí lớn hơn 10^{21} hz. Theo một số phương án, chiếu xạ điện tử có tần số nằm trong khoảng từ 10^{18} tới 10^{22} hz, ví dụ, từ 10^{19} tới 10^{21} hz.

Liều lượng

Theo một số phương án, chiếu xạ (với nguồn chiếu xạ bất kỳ hoặc các nguồn kết hợp) được tiến hành đến khi nguyên liệu tiếp nhận liều lượng bằng ít nhất 0,25Mrad, ví dụ, ít nhất 1,0Mrad, ít nhất 2,5Mrad, ít nhất 5,0Mrad, hoặc ít nhất 10,0Mrad. Theo một số phương án, việc chiếu xạ được tiến hành đến khi nguyên liệu tiếp nhận liều lượng nằm trong khoảng từ 1,0Mrad tới 6,0Mrad, ví dụ, nằm trong khoảng từ 1,5Mrad tới 4,0Mrad.

Theo một số phương án, việc chiếu xạ được tiến hành ở suất liều lượng nằm trong khoảng từ 5,0 tới 1500,0 kilorad/giờ, ví dụ, nằm trong khoảng từ 10,0 tới 750,0 kilorad/giờ hoặc nằm trong khoảng từ 50,0 tới 350,0 kilorad/giờ.

Theo một số phương án, hai hoặc nhiều nguồn chiếu xạ được sử dụng, như hai hoặc nhiều chiếu xạ ion hoá. Ví dụ, các mẫu có thể được xử lý, theo trình tự bất kỳ, bằng chùm tia điện tử, tiếp đó là chiếu xạ gama và ánh sáng cực tím có bước sóng nằm trong khoảng từ 100nm tới 280nm. Theo một số phương án, các mẫu được xử lý bằng ba nguồn chiếu xạ ion hoá, như chùm tia điện tử, chiếu xạ gama và ánh sáng cực tím có năng lượng cao.

Theo một số phương án, các liều lượng chiếu xạ tương đối thấp có thể liên kết ngang, ghép, hoặc theo cách khác là làm tăng trọng lượng phân tử của nguyên liệu chứa hydrat cacbon, như nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza (ví dụ, xenluloza). Nguyên liệu như vậy có trọng lượng phân tử tăng có thể là hữu ích, ví dụ, trong việc tạo ra vật liệu composít, ví dụ, có các đặc tính cơ học cải thiện, như độ bền mài mòn, độ bền nén, độ bền chống đứt gãy, độ bền chống va đập, độ bền uốn, mô đun kéo, mô đun uốn và độ giãn dài khi đứt. Nguyên liệu như vậy có trọng lượng phân tử tăng có thể là hữu ích trong việc tạo ra hỗn hợp.

Ví dụ, nguyên liệu dạng sợi bao gồm nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza thứ nhất có trọng lượng phân tử thứ nhất có thể được chiếu xạ theo cách như vậy là để tạo ra nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza thứ hai có trọng lượng phân tử thứ hai cao hơn so với trọng lượng phân tử thứ nhất. Ví dụ, nếu chiếu xạ gama được sử dụng làm nguồn chiếu xạ, liều lượng nằm trong khoảng từ 1Mrad tới 10Mrad, ví dụ, nằm trong khoảng từ 1,5Mrad tới 7,5Mrad hoặc nằm trong khoảng từ 2,0Mrad tới 5,0Mrad, có thể được áp dụng. Sau liều lượng chiếu xạ thấp, nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza thứ hai có thể được kết hợp

với nhựa và được tạo thành vật liệu compozit, ví dụ, bằng cách đúc ép, đúc phun, hoặc ép đùn. Việc tạo hình vật liệu compozit đã được mô tả trong WO 2006/102543 và trong đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số 60/664,832, nộp ngày 24/3/2005, đơn 60/688,002, nộp ngày 7/6/2005, đơn 60/711,057, nộp ngày 24/8/2005, đơn 60/715,822, nộp ngày 9/9/2005, đơn 60/725,674, nộp ngày 12/12/2005, đơn 60/726,102 nộp ngày 12/12/2005 và 60/750,205, nộp ngày 13/12/2005.

Theo cách khác, nguyên liệu dạng sợi bao gồm nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza thứ nhất có trọng lượng phân tử thứ nhất có thể được kết hợp với nhựa để tạo ra vật liệu compozit và sau đó vật liệu compozit này có thể được chiếu xạ với lượng chiếu xạ tương đối thấp để tạo ra nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza thứ hai có trọng lượng phân tử thứ hai cao hơn so với trọng lượng phân tử thứ nhất. Ví dụ, nếu chiếu xạ gama được sử dụng làm nguồn chiếu xạ, liều lượng nằm trong khoảng từ 1Mrad tới 10Mrad có thể được áp dụng. Việc sử dụng phương pháp này đã làm tăng trọng lượng phân tử của nguyên liệu khi nó với chất nền nhựa. Theo một số phương án, nhựa là nhựa dễ liên kết ngang và do đó nó liên kết ngang khi nguyên liệu chứa hydrat cacbon có trọng lượng phân tử tăng, điều này có thể tạo ra tác dụng hiệp đồng để tạo ra đặc tính cơ học cao nhất cho vật liệu compozit. Ví dụ, vật liệu compozit như vậy có thể có đặc tính nhiệt độ thấp mỹ mãn, ví dụ, có xu hướng bị đứt vỡ và/hoặc rạn nứt giảm ở nhiệt độ thấp, ví dụ, nhiệt độ thấp hơn 0 °C, ví dụ, thấp hơn -10 °C, -20 °C, -40 °C, -50 °C, -60 °C hoặc thậm chí thấp hơn -100 °C và/hoặc tính năng mỹ mãn ở nhiệt độ cao, ví dụ, có khả năng duy trì đặc tính cơ học có lợi của chúng ở nhiệt độ tương đối cao, ví dụ, ở nhiệt độ cao hơn 100 °C, ví dụ, cao hơn 125 °C, 150 °C, 200 °C, 250 °C, 300 °C, 400 °C, hoặc thậm chí cao hơn 500 °C. Ngoài ra, vật liệu compozit như vậy có thể có

độ bền hoá học mỹ mãn, ví dụ, độ bền chống trương trong dung môi, ví dụ, dung môi hydrocacbon, độ bền chống ăn mòn hoá học, ví dụ, bởi các axit mạnh, các bazơ mạnh, các chất oxy hóa (ví dụ, clo hoặc chất tẩy trắng) hoặc các chất khử (ví dụ, các kim loại hoạt động như natri và kali) mạnh.

Theo cách khác, ở ví dụ khác, nguyên liệu dạng sợi bao gồm nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza được chiếu xạ và, tùy ý, được xử lý bằng năng lượng âm thanh, ví dụ, siêu âm.

Trong một ví dụ về việc sử dụng chiếu xạ để xử lý sơ bộ, hộp giấy đựng nước ép hoa quả dung tích nửa galông (1,89 l) được làm bằng giấy bìa Kraft trắng nhiều lớp chưa in ấn có mật độ khối bằng 20 lb/ft³ được sử dụng làm nguyên liệu. Các hộp giấy này được gấp phẳng và sau đó được cấp lần lượt vào ba dây máy băm-máy cắt được bố trí theo dây với sản phẩm đi ra khỏi máy cắt thứ nhất được cấp làm nguyên liệu đi vào máy băm thứ hai và sản phẩm đi ra khỏi máy cắt thứ hai được cấp làm nguyên liệu đi vào máy băm thứ ba. Nguyên liệu dạng sợi được tạo ra có thể được phun nước và được xử lý qua máy nghiền bi vận hành ở nhiệt độ trong phòng. Các viên đã được làm đặc có thể được đưa vào ống thủy tinh, ống này được tháo ra trong môi trường có độ chân không cao và sau đó được nạp trở lại bằng khí argon. Ống được bịt kín trong môi trường argon. Các viên trong ống được chiếu xạ gamma trong thời gian khoảng 3 giờ ở suất liều lượng khoảng 1Mrad mỗi giờ để tạo ra nguyên liệu đã được chiếu xạ trong đó xenluloza có trọng lượng phân tử thấp hơn so với nguyên liệu ban đầu.

Siêu âm

Một hoặc nhiều trình tự xử lý siêu âm có thể được sử dụng để xử lý nguyên liệu thô từ rất nhiều nguồn khác nhau để chiết các chất hữu ích từ nguyên liệu và để tạo ra chất hữu cơ phân huỷ một phần có chức năng như là nguyên liệu đầu vào cho bước và/hoặc trình tự xử lý thêm. Siêu âm có thể làm giảm trọng lượng phân tử và/hoặc độ kết tinh của nguyên liệu.

Tham khảo FIG.8, theo một phương pháp, nguyên liệu thứ nhất 2 chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất (M_{N1}) được phân tán trong môi trường, như nước và được siêu âm và/hoặc theo cách khác được sục khí, để tạo ra nguyên liệu thứ hai 3 chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai (M_{N2}) thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất. Nguyên liệu thứ hai (hoặc nguyên liệu thứ nhất và thứ hai theo một số phương án) có thể được kết hợp với vi sinh vật (ví dụ, vi khuẩn hoặc nấm men) có thể sử dụng nguyên liệu thứ nhất và/hoặc thứ hai để tạo ra nhiên liệu 5 là hoặc chứa hydro, rượu, axit hữu cơ, hydrocacbon hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng.

Do nguyên liệu thứ hai có xenluloza có trọng lượng phân tử giảm so với nguyên liệu thứ nhất và trong một số trường hợp, mức độ kết tinh cũng giảm, nguyên liệu thứ hai nói chung dễ phân tán, dễ trương và/hoặc tan hơn trong dung dịch chứa vi sinh vật, ví dụ, ở nồng độ lớn hơn 10^6 vi sinh vật/mL. Các đặc tính này làm cho nguyên liệu thứ hai 3 dễ chịu sự tấn công của hoá học, enzym và/hoặc vi sinh vật hơn so với nguyên liệu thứ nhất 2, có thể cải thiện một cách đáng kể tốc độ sản xuất và/hoặc mức độ sản xuất sản phẩm mong muốn, ví dụ, etanol. Siêu âm có thể còn làm tiệt trùng nguyên liệu, nhưng không nên sử dụng khi các vi sinh vật vẫn còn sống.

Theo một số phương án, trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai ($^T M_{N2}$) thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất ($^T M_{N1}$) nhiều hơn khoảng 10%, ví dụ 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50%, 60%, hoặc thậm chí nhiều hơn khoảng 75%.

Trong một số trường hợp, nguyên liệu thứ hai có xenluloza có mức độ kết tinh ($^T C_2$) thấp hơn mức độ kết tinh ($^T C_1$) của xenluloza trong nguyên liệu thứ nhất. Ví dụ, ($^T C_2$) có thể thấp hơn ($^T C_1$) nhiều hơn khoảng 10%, ví dụ 15, 20, 25, 30, 35, 40, hoặc thậm chí nhiều hơn khoảng 50%.

Theo một số phương án, chỉ số kết tinh ban đầu (trước khi siêu âm) là nằm trong khoảng từ 40 tới 87,5%, ví dụ, nằm trong khoảng từ 50 tới 75% hoặc nằm trong khoảng từ 60 tới 70% và chỉ số kết tinh sau khi siêu âm là nằm trong khoảng từ 10 tới 50%, ví dụ, nằm trong khoảng từ 15 tới 45% hoặc nằm trong khoảng từ 20 tới 40%. Tuy nhiên, theo một số phương án, ví dụ, sau khi siêu âm toàn diện, nó có thể có chỉ số kết tinh thấp hơn 5%. Theo một số phương án, nguyên liệu sau khi siêu âm là gần như là vô định hình.

Theo một số phương án, trọng lượng phân tử trung bình số ban đầu (trước khi siêu âm) là nằm trong khoảng từ 200.000 tới 3.200.000, ví dụ, nằm trong khoảng từ 250.000 tới 1.000.000 hoặc nằm trong khoảng từ 250.000 tới 700.000 và trọng lượng phân tử trung bình số sau khi siêu âm là nằm trong khoảng từ 50.000 tới 200.000, ví dụ, nằm trong khoảng từ 60.000 tới 150.000 hoặc nằm trong khoảng từ 70.000 tới 125.000. Tuy nhiên, theo một số phương án, ví dụ, sau khi siêu âm toàn diện, nó có thể có trọng lượng phân tử trung bình số ít hơn khoảng 10.000, hoặc thậm chí thấp hơn khoảng 5.000.

Theo một số phương án, nguyên liệu thứ hai có thể có mức oxy hóa ($^T\text{O}_2$) cao hơn so với mức oxy hóa ($^T\text{O}_1$) của nguyên liệu thứ nhất. Mức oxy hóa cao hơn của nguyên liệu có thể trợ giúp khả năng phân tán, khả năng trương và/hoặc độ tan của nó, tiếp theo còn làm tăng độ nhạy cảm của nguyên liệu đối với sự tấn công của hoá học, enzym hoặc vi sinh vật. Theo một số phương án, để làm tăng mức oxy hóa của nguyên liệu thứ hai so với nguyên liệu thứ nhất, việc siêu âm được tiến hành trong môi trường oxy hoá, tạo ra nguyên liệu thứ hai được oxy hóa mạnh hơn so với nguyên liệu thứ nhất. Ví dụ, nguyên liệu thứ hai có thể có nhiều nhóm hydroxyl, nhóm aldehyt, nhóm keton, các nhóm este hoặc nhóm axit carboxylic, có thể làm tăng tính ưa nước của nó.

Theo một số phương án, môi trường siêu âm là môi trường nước. Nếu muốn, môi trường có thể bao gồm chất oxy hóa, như peroxit (ví dụ, hydro peroxit), chất phân rã và/hoặc chất đệm. Ví dụ về các chất phân tán bao gồm các chất phân tán ion, ví dụ, natri lauryl sulfat và các chất phân tán không ion, ví dụ, poly(etylen glycol).

Theo phương án khác, môi trường siêu âm là không chứa nước. Ví dụ, việc siêu âm có thể được tiến hành trong hydrocacbon, ví dụ, toluen hoặc heptan, ete, ví dụ, dietyl ete hoặc tetrahydrofuran, hoặc thậm chí trong khí đã được hoá lỏng như argon, xenon, hoặc nitơ.

Dù không muốn bị ràng buộc bởi lý thuyết cụ thể bất kỳ, đã cho rằng việc siêu âm làm phá vỡ liên kết trong xenluloza bởi sự tạo ra các bọt bong bóng trong môi trường chứa xenluloza, dần phát triển và sau đó xẹp xuống rất nhanh. Trong khi các bọt bong bóng bị xẹp xuống, quá trình này có thể xảy ra nhỏ hơn nano giây, lực khép làm tăng nhiệt độ cục bộ trong bọt bong bóng tới 5100 K (trong một số trường hợp, thậm chí còn cao hơn; Xem, ví dụ, Suslick et al., Nature 434, 52-55) và tạo ra áp suất nằm trong khoảng từ vào trăm atmotphe tới cao hơn 1000 atmotphe hoặc hơn nữa. Nhiệt độ và áp suất cao này làm phá vỡ các liên kết. Ngoài ra, dù không muốn bị ràng buộc bởi lý thuyết cụ thể bất kỳ, đã cho rằng mức độ kết tinh giảm là do, ít nhất một phần, từ tốc độ làm nguội cực kỳ cao trong khi các bọt bong bóng xẹp xuống, tốc độ này có thể là lớn hơn khoảng 10^{11} K/giây. Nói chung, tốc độ làm nguội cao không cho phép xenluloza tạo tổ chức và kết tinh, dẫn đến làm cho nguyên liệu có mức độ kết tinh giảm. Hệ thống siêu âm và phương pháp âm hoá

học đã được mô tả trong, ví dụ, Olli et al., Patent Mỹ số 5,766,764; Roberts, Patent Mỹ số 5,828,156; Mason, Chemistry with Ultrasound, Elsevier, Oxford, (1990); Suslick (editor), Ultrasound: its Chemical, Physical and Biological Effects, VCH, Weinheim, (1988); Price, "Current Trends in Sonochemistry" Royal Society of Chemistry, Cambridge, (1992); Suslick et al., Ann. Rev. Mater. Sci. 29, 295, (1999); Suslick et al., Nature 353, 414 (1991); Hiller et al., Phys. Rev. Lett. 69, 1182 (1992); Barber et al., Nature, 352, 414 (1991); Suslick et al., J. Am. Chem. Soc., 108, 5641 (1986); Tang et al., Chem. Comm., 2119 (2000); Wang et al., Advanced Mater., 12, 1137 (2000); Landau et al., J. of Catalysis, 201, 22 (2001); Perkash et al., Chem. Comm., 988 (2001); Nikitenko et al., Angew. Chem. Inter. Ed. (December 2001); Shafi et al., J. Phys. Chem B 103, 3358 (1999); Avivi et al., J. Amer. Chem. Soc. 121, 4196 (1999); and Avivi et al., J. Amer. Chem. Soc. 122, 4331 (2000).

Hệ thống siêu âm

FIG.12 thể hiện hệ thống chung, trong đó dòng nguyên liệu xenluloza 1210 được trộn với dòng nước 1212 trong bể lớn 1214 để tạo ra dòng xử lý 1216. Bơm thứ nhất 1218 hút dòng xử lý 1216 từ bể lớn 1214 và đưa tới khoang 1224. Bộ chuyển đổi siêu âm 1226 truyền năng lượng siêu âm vào dòng xử lý 1216 khi dòng xử lý chảy qua khoang 1224. Bơm thứ hai 1230 hút dòng xử lý 1216 từ khoang 1224 và đưa tới quá trình xử lý tiếp sau.

Bể lớn 1214 bao gồm cửa nạp thứ nhất 1232 và cửa nạp thứ hai 1234 thông chất lỏng với thể tích 1236. Băng chuyền (không được thể hiện) phân phối dòng nguyên liệu xenluloza 1210 tới bể lớn 1214 qua cửa nạp thứ nhất 1232. Dòng nước 1212 đi vào bể lớn 1214 qua cửa nạp thứ hai 1234. Theo một số phương án, dòng nước 1212 đi vào thể tích 1236 dọc theo phương tiếp tuyến tạo nên dòng chảy rối trong thể tích 1236. Theo một số phương án, dòng nguyên liệu xenluloza 1210 và dòng nước 1, FIG.39 là hình vẽ dạng sơ đồ của quy trình chuyển hoá sinh khối.

212 được đưa vào thể tích 1236 dọc theo các trục đối diện để tăng cường việc trộn trong thể tích này.

Van 1238 không chế lưu lượng của dòng nước 1212 qua cửa nạp thứ hai 1232 để tạo ra tỷ lệ mong muốn giữa nguyên liệu xenluloza với nước (ví dụ, xấp xỉ 10% nguyên liệu xenluloza, trọng lượng theo thể tích). Ví dụ 2000 tấn nguyên liệu

xenluloza/ngày có thể được kết hợp với nước với lượng nằm trong khoảng từ 1 triệu tới 1,5 triệu galông/ngày, ví dụ 1,25 triệu galông/ngày.

Việc trộn nguyên liệu xenluloza và nước trong bể lớn 1214 được kiểm soát bởi kích thước của thể tích 1236 và tốc độ chảy của nguyên liệu xenluloza và nước trong thể tích này. Theo một số phương án, thể tích 1236 có kích thước để tạo ra thời gian lưu trộn tối thiểu đối với nguyên liệu xenluloza và nước. Ví dụ, khi 2000 tấn nguyên liệu xenluloza/ngày và 1,25 triệu galông nước /ngày được chảy qua bể lớn 1214, thể tích 1236 có thể là khoảng 32.000 galông để tạo ra thời gian lưu trộn tối thiểu khoảng 15 phút.

Bể lớn 1214 bao gồm thiết bị khuấy 1240 thông chất lỏng với thể tích 1236. Thiết bị khuấy 1240 khuấy các chất trong thể tích 1236 để phân tán nguyên liệu xenluloza đều khắp trong nước trong thể tích này. Ví dụ, thiết bị khuấy 1240 có thể là cánh quạt quay được bố trí trong bể lớn 1214. Theo một số phương án, thiết bị khuấy 1240 phân tán nguyên liệu xenluloza về cơ bản là đồng đều khắp trong nước.

Bể lớn 1214 còn bao gồm bể thoát 1242 thông chất lỏng với thể tích 1236 và dòng xử lý 1216. Hỗn hợp chứa nguyên liệu xenluloza và nước trong thể tích 1236 chảy ra khỏi bể lớn 1214 tới bể thoát 1242. Bể thoát 1242 được bố trí gần đáy bể lớn 1214 để cho phép trọng lực kéo hỗn hợp chứa nguyên liệu xenluloza và nước ra khỏi bể lớn 1214 và vào dòng xử lý 1216.

Bơm thứ nhất 1218 (ví dụ, bơm bất kỳ trong số các bơm xoáy ly tâm kiểu rãnh do Essco Pumps & Controls, Los Angeles, California cung cấp) đưa các chất trong dòng xử lý 1216 tới khoang 1224. Theo một số phương án, bơm thứ nhất 1218 khuấy các chất trong dòng xử lý 1216 sao cho hỗn hợp chứa nguyên liệu xenluloza và nước về cơ bản là đồng đều tại cửa vào 1220 của khoang 1224. Ví dụ, bơm thứ nhất 1218 khuấy dòng xử lý 1216 để tạo ra dòng chảy rối luôn đi dọc theo dòng xử lý giữa bơm thứ nhất và cửa vào 1220 của khoang 1224.

Khoang 1224 bao gồm buồng phản ứng 1244 thông chất lỏng với cửa vào 1220 và cửa ra 1222. Theo một số phương án, buồng phản ứng 1244 là ống thép không gỉ có khả năng chịu áp suất cao (ví dụ 10 ba). Ngoài ra hoặc theo phương án khác, buồng phản ứng 1244 có mặt cắt ngang hình chữ nhật.

Khoang 1224 còn bao gồm thiết bị trao đổi nhiệt 1246 tiếp xúc nhiệt với ít nhất một phần của buồng phản ứng 1244. Chất lỏng làm mát 1248 (ví dụ, nước)

chảy vào thiết bị trao đổi nhiệt 1246 và hấp thụ nhiệt sinh ra khi dòng xử lý 1216 được siêu âm trong buồng phản ứng 1244. Theo một số phương án, tốc độ chảy của chất lỏng làm mát 1248 vào thiết bị trao đổi nhiệt 1246 được kiểm soát để duy trì nhiệt độ gần như không đổi trong buồng phản ứng 1244. Ngoài ra hoặc theo phương án khác, nhiệt độ của chất lỏng làm mát 1248 chảy vào thiết bị trao đổi nhiệt 1246 được kiểm soát để duy trì nhiệt độ gần như không đổi trong buồng phản ứng 1244. Theo một số phương án, nhiệt độ của buồng phản ứng 1244 được duy trì nằm trong khoảng từ 20 tới 50 °C, ví dụ 25, 30, 35, 40, hoặc 45 °C. Ngoài ra, hoặc theo cách khác, nhiệt được chuyển tới chất lỏng làm mát 1248 từ buồng phản ứng 1244 có thể được sử dụng trong các bộ phận khác trong toàn bộ quy trình.

Bộ phận làm thích ứng 1226 tạo ra sự thông chất lỏng giữa buồng phản ứng 1244 và bộ khuếch đại 1250 được liên hợp (ví dụ, được liên hợp một cách cơ học bằng cách sử dụng vành gờ) với bộ chuyển đổi siêu âm 1226. Ví dụ, bộ phận làm thích ứng 1226 có thể bao gồm vành gờ và bộ vòng chữ O được bố trí để tạo ra mối nối thông kín giữa buồng phản ứng 1244 và bộ khuếch đại 1250. Theo một số phương án, bộ chuyển đổi siêu âm 1226 là bộ chuyển đổi siêu âm có công suất lớn do Hielscher Siêu âm of Teltow, Germany sản xuất.

Trong quá trình vận hành, máy phát 1252 phân phối điện năng tới bộ chuyển đổi siêu âm 1252. Bộ chuyển đổi siêu âm 1226 bao gồm phần tử áp điện chuyển hoá điện năng thành âm thanh trong khoảng sóng siêu âm. Theo một số phương án, các nguyên liệu được siêu âm bằng cách sử dụng âm thanh có tần số nằm trong khoảng từ 16 kHz tới 110 kHz, ví dụ, nằm trong khoảng từ 18 kHz tới 75 kHz hoặc nằm trong khoảng từ 20 kHz tới 40 kHz. (ví dụ, âm thanh có tần số nằm trong khoảng từ 20 kHz tới 40 kHz).

Năng lượng siêu âm sau đó được phân phối môi trường làm việc qua bộ khuếch đại 1248.

Năng lượng siêu âm đi qua bộ khuếch đại 1248 trong buồng phản ứng 1244 tạo ra một loạt sự nén và làm loãng khí trong dòng xử lý 1216 với cường độ đủ để tạo ra sự tạo hốc chân không trong dòng xử lý 1216. Sự tạo hốc chân không tách nguyên liệu xenluloza được phân tán trong dòng xử lý 1216. Sự tạo hốc chân không cũng tạo ra các gốc tự do trong nước của dòng xử lý 1216. Các gốc tự do này có tác dụng làm phá vỡ tiếp nguyên liệu xenluloza trong dòng xử lý 1216.

Nói chung,

từ 5 tới 4000 MJ/m³, ví dụ 10, 25, 50, 100, 250, 500, 750, 1000, 2000, hoặc 3000 MJ/m³, năng lượng siêu âm được áp dụng cho dòng xử lý 16 chảy với tốc độ khoảng 0,2 m³/s (khoảng 3200 galông/phút). Sau khi tiếp xúc với năng lượng siêu âm trong buồng phản ứng 1244, dòng xử lý 1216 đi ra khỏi khoang 1224 qua cửa ra 1222. bơm thứ hai 1230 dẫn dòng xử lý 1216 tới công đoạn xử lý tiếp theo (ví dụ, máy bơm bất kỳ trong số các bơm xoáy ly tâm kiểu rãnh do Essco Pumps & Controls, Los Angeles, California cung cấp).

Mặc dù trên đây chỉ mô tả một số phương án, nhưng các phương án khác đều là có thể.

Để làm ví dụ, mặc dù dòng xử lý 1216 được mô tả dưới dạng dòng chảy một đường, nhưng các kiểu bố trí khác đều là có thể. Theo một số phương án ví dụ, dòng xử lý 1216 bao gồm nhiều dòng chảy song song (ví dụ, chảy với tốc độ bằng 10 galông/phút). Ngoài ra hoặc theo phương án khác, nhiều dòng chảy song song của dòng xử lý 1216 chảy vào các khoang riêng biệt và được siêu âm một cách song song (ví dụ, bằng cách sử dụng nhiều bộ chuyển đổi siêu âm 16 kW).

Để làm ví dụ khác, mặc dù một bộ chuyển đổi siêu âm 1226 được mô tả dưới dạng liên hợp với khoang 1224, nhưng các cách bố trí khác đều là có thể. Theo một số phương án, nhiều bộ chuyển đổi siêu âm 1226 được bố trí trong khoang 1224 (ví dụ, mười bộ chuyển đổi siêu âm có thể được bố trí trong khoang 1224). Theo một số phương án, sóng âm được tạo ra bởi mỗi bộ chuyển đổi siêu âm trong số nhiều bộ chuyển đổi siêu âm 1226 là được định thời (ví dụ, được làm đồng bộ hoá pha với nhau) để tăng cường tác dụng sự tạo hốc đến dòng xử lý 1216.

Để làm ví dụ khác, mặc dù chỉ một khoang 1224 được mô tả, nhưng các cách bố trí khác đều là có thể. Theo một số phương án, bơm thứ hai 1230 dẫn dòng xử lý tới khoang thứ hai, nơi bộ khuếch đại và bộ chuyển đổi siêu âm thứ hai siêu âm tiếp dòng xử lý 1216.

Để làm ví dụ khác, mặc dù buồng phản ứng 1244 được mô tả dưới dạng thể tích kín, theo một số phương án, buồng phản ứng 1244 là để ngỏ với các điều kiện môi trường. Theo các phương án như vậy, việc xử lý sơ bộ bằng siêu âm có thể được tiến hành gần như đồng thời với các kỹ thuật xử lý sơ bộ khác. Ví dụ, năng

lượng siêu âm có thể được áp dụng cho dòng xử lý 1216 trong buồng phản ứng 1244, trong khi chùm tia điện tử đồng thời được đưa vào dòng xử lý 1216.

Để làm ví dụ khác, mặc dù quy trình chảy qua được mô tả, nhưng các cách bố trí khác đều là có thể. Theo một số phương án, siêu âm có thể được tiến hành trong quy trình gián đoạn. Ví dụ, thể tích có thể được nạp 10% (trọng lượng theo thể tích) hỗn hợp chứa nguyên liệu xenluloza trong nước và được cho tiếp xúc với âm thanh với cường độ nằm trong khoảng từ 50 W/cm^2 tới 600 W/cm^2 , ví dụ, nằm trong khoảng từ 75 W/cm^2 tới 300 W/cm^2 hoặc nằm trong khoảng từ 95 W/cm^2 tới 200 W/cm^2 . Ngoài ra, hoặc theo cách khác, hỗn hợp trong thể tích này có thể được siêu âm với thời gian nằm trong khoảng từ 1 giờ tới 24 giờ, ví dụ, với thời gian nằm trong khoảng từ 1,5 giờ tới 12 giờ, hoặc với thời gian nằm trong khoảng từ 2 giờ tới 10 giờ. Theo một số phương án, nguyên liệu được siêu âm trong khoảng thời gian định trước và sau đó được để yên trong thời gian khoảng thời gian định trước thứ hai trước khi lại siêu âm.

Tham khảo FIG.13, theo một số phương án, hai bộ chuyển đổi điện thanh được liên hợp một cách cơ học với một đầu cắm. Như được thể hiện trên hình vẽ, một cặp bộ chuyển đổi áp điện 60 và 62 được liên hợp với đầu phóng dạng thanh có rãnh 64 bằng trung gian các đầu phóng liên hợp tương ứng 70 và 72, các đầu phóng này còn được gọi là đầu phóng bộ khuếch đại. Việc làm rung cơ học được tạo ra bởi bộ chuyển đổi, đáp ứng với điện năng tần số cao được áp dụng vào đó, được truyền tới các đầu phóng liên hợp tương ứng, các đầu này có thể có cấu trúc để tạo ra sự khuếch đại cơ học, như tỷ lệ từ 1 tới 1,2. Các đầu phóng được tạo ra với vành gờ tương ứng 74 và 76 để đỡ tập hợp bộ chuyển đổi và đầu phóng trong thân đứng yên.

Sự rung được truyền từ bộ chuyển đổi qua các đầu phóng liên hợp hoặc bộ khuếch đại được liên hợp với bề mặt đưa vào 78 của đầu phóng và được truyền qua đầu phóng tới bề mặt đi ra được bố trí đối diện 80, trong quá trình vận hành, nó ăn khớp cưỡng bức với phôi gia công (không được thể hiện) mà việc làm rung được áp dụng lên nó.

Điện năng tần số cao được tạo bởi nguồn cấp điện 82 được cấp tới mỗi bộ chuyển đổi, được mắc điện theo kiểu song song, qua biến áp cân bằng 84 và bộ tụ điện được mắc theo dãy tương ứng 86 và 90, một bộ tụ điện được mắc theo dãy nối

điện với mỗi bộ chuyển đổi. Biến áp cân bằng còn được gọi là “bộ làm cân bằng” là “thiết bị cân bằng”. Biến áp cân bằng bao gồm lõi từ 92 và một cặp cuộn dây giống hệt nhau 94 và 96, còn được gọi lần lượt là cuộn dây sơ cấp và cuộn dây thứ cấp.

Theo một số phương án, bộ chuyển đổi bao gồm bộ chuyển đổi áp điện có bán trên thị trường, như Branson Ultrasonics Corporation model 105 hoặc 502, mỗi bộ được thiết kế để vận hành ở 20 kHz và mức năng lượng tối đa bằng 3 kW. Điện áp cung ứng để tạo ra sự dịch chuyển tối đa ở nhiệt độ bề mặt ngoài của bộ chuyển đổi là 930 vôn rms. Dòng điện chảy qua bộ chuyển đổi có thể thay đổi từ 0 tới 3,5 ampe tùy thuộc vào tổng trở tải. Ở 930 vôn rms, chuyển động đầu ra là xấp xỉ 20 micro. Sự khác biệt tối đa về điện áp đầu cuối đối với biên độ chuyển động, do đó, có thể là 186 vôn. Sự khác biệt điện áp có thể tạo ra dòng điện tuần hoàn lớn chạy giữa các bộ chuyển đổi. Thiết bị cân bằng 430 đảm bảo trạng thái cân bằng bởi việc tạo ra dòng điện tương đương chạy qua các bộ chuyển đổi, do đó loại trừ khả năng của dòng điện tuần hoàn. Kích thước dây kim loại của các cuộn dây phải được chọn đối với dòng tải đầy đủ nêu trên và điện áp tối đa xuất hiện ngang qua đầu vào cuộn dây là 93 vôn.

Như là một phương án lựa chọn để sử dụng năng lượng siêu âm, thiết bị rôto-stato cao tần có thể được sử dụng. Loại thiết bị này tạo ra lực tạo vi hốc chân không với lực cắt cao có thể phân huỷ sinh khối khi tiếp xúc với lực như vậy. Hai thiết bị phân tán rôto-stato cao tần có bán trên thị trường là thiết bị SupratorTM do Krupp Industrietechnik GmbH sản xuất và được bán bởi Dorr-Oliver Deutschland GmbH ở Connecticut và thiết bị DispaxTM được sản xuất và được bán bởi Ika-Works, Inc. of Cincinnati, Ohio. Việc vận hành thiết bị tạo vi hốc chân không đã được Stuart mô tả trong patent Mỹ số 5,370,999.

Mặc dù bộ chuyển đổi siêu âm 1226 được mô tả dưới dạng bao gồm một hoặc nhiều phần tử phóng xạ áp điện để tạo ra năng lượng siêu âm, nhưng các cách bố trí khác đều là có thể. Theo một số phương án, bộ chuyển đổi siêu âm 1226 bao gồm các phần tử phóng xạ được làm bằng các loại nguyên liệu từ giảo khác (ví dụ, kim loại chứa sắt). Thiết kế và vận hành của bộ chuyển đổi siêu âm có công suất lớn đã được Hansen và các đồng tác giả mô tả trong patent Mỹ số 6,624,539. Theo một số phương án, năng lượng siêu âm được chuyển tới dòng xử lý 16 qua hệ thống thủy điện.

Mặc dù bộ chuyển đổi siêu âm 1226 được mô tả dưới dạng sử dụng đáp ứng điện từ của nguyên liệu hạn chế từ để tạo ra năng lượng siêu âm, nhưng các cách bố trí khác đều là có thể. Theo một số phương án, năng lượng âm thanh dưới dạng sóng xung kích dồn dập có thể được áp dụng trực tiếp cho dòng xử lý 16 bằng cách sử dụng đánh lửa dưới nước. Theo một số phương án, năng lượng siêu âm được chuyển tới dòng xử lý 16 qua hệ thống thủy nhiệt. Ví dụ, sóng âm có mật độ năng lượng cao có thể được tạo ra bằng cách áp dụng năng lượng qua thể tích chất điện phân được khép kín, nhờ đó làm nóng thể tích khép kín này và tạo ra sự tấn áp, sau đó được truyền qua môi trường truyền âm (ví dụ, dòng xử lý 1216). Thiết kế và vận hành bộ chuyển đổi thủy nhiệt như vậy đã được Hartmann và các đồng tác giả mô tả trong patent Mỹ số 6,383,152.

Nhiệt phân

Một hoặc nhiều trình tự xử lý nhiệt phân có thể được sử dụng để xử lý nguyên liệu thô từ nhiều nguồn khác nhau để chiết các chất hữu ích từ nguyên liệu và để tạo ra chất hữu cơ phân huỷ một phần có chức năng như là nguyên liệu đầu vào cho bước và/hoặc trình tự xử lý tiếp theo.

Tham khảo sơ đồ tổng quát trên FIG.8, nguyên liệu thứ nhất 2 chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất ($T_{M_{N1}}$) được nhiệt phân, ví dụ, bằng cách đốt nóng nguyên liệu thứ nhất trong lò ống, để tạo ra nguyên liệu thứ hai 3 chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai ($T_{M_{N2}}$) thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất. Nguyên liệu thứ hai (hoặc nguyên liệu thứ nhất và thứ hai theo một số phương án) được kết hợp với vi sinh vật (ví dụ, vi khuẩn hoặc nấm men) có thể sử dụng nguyên liệu thứ nhất và/hoặc thứ hai để tạo ra nhiên liệu 5 là hoặc chứa hydro, rượu (ví dụ, etanol hoặc butanol, như n-, sec hoặc t-butanol), axit hữu cơ, hydrocarbon hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng.

Do nguyên liệu thứ hai có xenluloza có trọng lượng phân tử giảm so với nguyên liệu thứ nhất và trong một số trường hợp, mức độ kết tinh cũng giảm, nguyên liệu thứ hai nói chung là dễ phân tán, trương và/hoặc tan hơn trong dung dịch chứa vi sinh vật, ví dụ, ở nồng độ lớn hơn 10^6 vi sinh vật/mL. Các đặc tính này làm cho nguyên liệu thứ hai 3 dễ bị hoá học, enzym và/hoặc vi sinh vật tấn công hơn so với nguyên liệu thứ nhất 2, điều này có thể cải thiện đáng kể tốc độ sản

xuất và/hoặc mức độ sản xuất sản phẩm mong muốn, ví dụ, etanol. Quá trình nhiệt phân có thể còn làm tiết trùng nguyên liệu thứ nhất và thứ hai.

Theo một số phương án, trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai ($^TM_{N2}$) thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất ($^TM_{N1}$) by nhiều hơn khoảng 10%, ví dụ 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50%, 60%, hoặc thậm chí nhiều hơn khoảng 75%.

Trong một số trường hợp, nguyên liệu thứ hai có xenluloza có mức độ kết tinh (TC_2) thấp hơn mức độ kết tinh (TC_1) của xenluloza trong nguyên liệu thứ nhất. Ví dụ, (TC_2) có thể thấp hơn (TC_1) nhiều hơn khoảng 10%, ví dụ 15, 20, 25, 30, 35, 40, hoặc thậm chí nhiều hơn khoảng 50%.

Theo một số phương án, mức độ kết tinh ban đầu (trước khi nhiệt phân) là nằm trong khoảng từ 40 tới 87,5%, ví dụ, nằm trong khoảng từ 50 tới 75% hoặc nằm trong khoảng từ 60 tới 70% và chỉ số kết tinh sau khi nhiệt phân là nằm trong khoảng từ 10 tới 50%, ví dụ, nằm trong khoảng từ 15 tới 45% hoặc nằm trong khoảng từ 20 tới 40%. Tuy nhiên, theo một số phương án, ví dụ, sau khi nhiệt phân toàn diện, nó có thể có chỉ số kết tinh thấp hơn 5%. Theo một số phương án, nguyên liệu sau khi nhiệt phân gần như là vô định hình.

Theo một số phương án, trọng lượng phân tử trung bình số ban đầu (trước khi nhiệt phân) là nằm trong khoảng từ 200.000 tới 3.200.000, ví dụ, nằm trong khoảng từ 250.000 tới 1.000.000 hoặc nằm trong khoảng từ 250.000 tới 700.000 và trọng lượng phân tử trung bình số sau khi nhiệt phân là nằm trong khoảng từ 50.000 tới 200.000, ví dụ, nằm trong khoảng từ 60.000 tới 150.000 hoặc nằm trong khoảng từ 70.000 tới 125.000. Tuy nhiên, theo một số phương án, ví dụ, sau khi nhiệt phân toàn diện, nó có thể có trọng lượng phân tử trung bình số ít hơn khoảng 10.000 hoặc thậm chí thấp hơn khoảng 5.000.

Theo một số phương án, nguyên liệu thứ hai có thể có mức oxy hóa (TO_2) cao hơn so với mức oxy hóa (TO_1) của nguyên liệu thứ nhất. Mức oxy hóa cao hơn của nguyên liệu có thể trợ giúp cho khả năng phân tán, khả năng trương và/hoặc độ tan của nó, tiếp theo còn làm tăng độ nhạy cảm của nguyên liệu với sự tấn công của hoá học, enzym hoặc vi sinh vật. Theo một số phương án, để tăng mức oxy hóa của nguyên liệu thứ hai so với nguyên liệu thứ nhất, việc nhiệt phân được tiến hành trong môi trường oxy hoá, tạo ra nguyên liệu thứ hai được oxy hóa mạnh hơn so với

nguyên liệu thứ nhất. Ví dụ, nguyên liệu thứ hai có thể có nhiều nhóm hydroxyl, nhóm aldehyt, nhóm keton, nhóm este hoặc nhóm axit carboxylic, có thể làm tăng tính ưa nước của nó.

Theo một số phương án, quá trình nhiệt phân các nguyên liệu là diễn ra liên tục. Theo phương án khác, nguyên liệu được nhiệt phân trong khoảng thời gian định trước và sau đó để nguội trong khoảng thời gian định trước thứ hai trước khi lại nhiệt phân.

Hệ thống nhiệt phân

FIG.14 thể hiện sơ đồ quy trình sản xuất 6000 bao gồm các bước khác nhau trong hệ thống xử lý sơ bộ nguyên liệu theo kiểu nhiệt phân. Ở bước thứ nhất 6010, sự cung cấp nguyên liệu khô được nhận từ nguồn nguyên liệu.

Như mô tả trên đây, nguyên liệu khô từ nguồn nguyên liệu có thể được xử lý sơ bộ trước khi phân phối tới buồng nhiệt phân. Ví dụ, nếu nguyên liệu có nguồn gốc thực vật, một số phần của nguyên liệu thực vật có thể được loại bỏ trước khi thu gom nguyên liệu thực vật và/hoặc trước khi nguyên liệu thực vật được phân phối bằng thiết bị vận chuyển nguyên liệu. Theo cách khác, hoặc ngoài ra, nguyên liệu sinh khối có thể được xử lý cơ học 6020 (ví dụ, để giảm chiều dài trung bình của các sợi trong nguyên liệu) trước khi phân phối tới buồng nhiệt phân.

Sau khi xử lý cơ học, nguyên liệu được đưa tới bước điều chỉnh độ ẩm 6030. Bản chất của bước điều chỉnh độ ẩm tùy thuộc vào hàm lượng ẩm của nguyên liệu được xử lý cơ học. Thông thường, việc nhiệt phân nguyên liệu tiến hành một cách có hiệu quả nhất khi hàm lượng ẩm nguyên liệu là nằm trong khoảng từ 10% tới 30% (ví dụ, nằm trong khoảng từ 15% tới 25%) theo khối lượng nguyên liệu. Nếu hàm lượng ẩm nguyên liệu là lớn hơn khoảng 40% trọng lượng, việc cung cấp nhiệt thêm được thể hiện bởi hàm lượng nước của nguyên liệu làm tăng mức tiêu thụ năng lượng ở bước nhiệt phân tiếp theo.

Theo một số phương án, nếu nguyên liệu có hàm lượng ẩm lớn hơn khoảng 30% trọng lượng, nguyên liệu khô hơn 6220 có hàm lượng ẩm thấp có thể được trộn, tạo ra hỗn hợp nguyên liệu ở bước 6030 có hàm lượng ẩm trung bình trong các khoảng giới hạn nêu trên. Theo một số phương án, nguyên liệu có hàm lượng ẩm cao có thể được làm khô đơn giản bằng cách phân tán nguyên liệu trên băng chuyền

đang chuyển động quay vòng nguyên liệu qua thiết bị đốt nóng trực tiếp. Thiết bị đốt nóng làm bay hơi một phần nước có mặt trong nguyên liệu.

Theo một số phương án, nếu nguyên liệu từ bước 6020 có hàm lượng ẩm là quá thấp (ví dụ, thấp hơn khoảng 10% trọng lượng), nguyên liệu được xử lý cơ học có thể được kết hợp với nguyên liệu ẩm hơn 6230 có hàm lượng ẩm cao hơn, như bùn cặn thải. Theo cách khác, hoặc ngoài ra, nước 6240 có thể được bổ sung vào nguyên liệu khô từ bước 6020 để tăng hàm lượng ẩm của nó.

Ở bước 6040, nguyên liệu – hiện có hàm lượng ẩm được điều chỉnh để nằm trong khoảng giới hạn thích hợp – có thể được đốt nóng sơ bộ ở bước đốt nóng sơ bộ tùy ý 6040. Bước đốt nóng sơ bộ 6040 có thể được sử dụng để làm tăng nhiệt độ của nguyên liệu tới khoảng từ 75°C tới 150°C để chuẩn bị cho việc nhiệt phân nguyên liệu tiếp theo. Tùy thuộc vào bản chất của nguyên liệu và thiết kế cụ thể của buồng nhiệt phân, việc đốt nóng sơ bộ nguyên liệu có thể đảm bảo rằng sự phân bố nhiệt trong nguyên liệu vẫn đồng đều hơn trong quá trình nhiệt phân và có thể làm giảm việc cung cấp nhiệt đến buồng nhiệt phân.

Sau đó, nguyên liệu được vận chuyển tới buồng nhiệt phân để thực hiện việc nhiệt phân ở bước 6050. Theo một số phương án, việc vận chuyển nguyên liệu được trợ giúp bằng cách bổ sung một hoặc nhiều chất khí có áp 6210 tới dòng nguyên liệu. Các chất khí này làm tăng gradien áp suất trong ống vận chuyển nguyên liệu, đẩy nguyên liệu vào buồng nhiệt phân (và thậm chí qua buồng nhiệt phân). Theo một số phương án, việc vận chuyển nguyên liệu xảy ra theo cách cơ học; tức là, hệ thống vận chuyển bao gồm băng chuyền như máy khoan vận chuyển nguyên liệu tới buồng nhiệt phân.

Các chất khí khác 6210 có thể còn được bổ sung vào nguyên liệu trước khi tới buồng nhiệt phân. Theo một số phương án, ví dụ, một hoặc nhiều chất xúc tác các chất khí có thể được bổ sung vào nguyên liệu để trợ giúp quá trình phân hủy nguyên liệu trong quá trình nhiệt phân. Theo một số phương án, một hoặc nhiều chất dọn dẹp có thể được bổ sung vào nguyên liệu để bẫy các chất dễ bay hơi được giải phóng trong quá trình nhiệt phân. Ví dụ, nhiều hợp chất trên cơ sở lưu huỳnh như sulfua có thể được giải phóng trong quá trình nhiệt phân và tác nhân như khí hydro có thể được bổ sung vào nguyên liệu để gây ra sự tách lưu huỳnh trong các

sản phẩm nhiệt phân. Hydro kết hợp với sulfua để tạo ra khí hydro sulfua, chất này có thể được loại bỏ ra khỏi nguyên liệu đã được nhiệt phân.

Việc nhiệt phân nguyên liệu trong buồng có thể bao gồm việc đốt nóng nguyên liệu tới nhiệt độ tương đối cao để gây ra quá trình phân hủy một phần nguyên liệu. Thông thường, nguyên liệu được đốt nóng tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ 150°C tới 1100°C. Nhiệt độ mà nguyên liệu được đốt nóng tùy thuộc vào số các yếu tố, bao gồm hỗn hợp chứa nguyên liệu, cỡ hạt trung bình của nguyên liệu, hàm lượng ẩm và các sản phẩm nhiệt phân mong muốn. Đối với nhiều loại nguyên liệu sinh khối, ví dụ, nhiệt độ nhiệt phân nằm trong khoảng từ 300 °C tới 550 °C được sử dụng.

Thời gian lưu của nguyên liệu trong buồng nhiệt phân nói chung tùy thuộc vào số các yếu tố, bao gồm nhiệt độ nhiệt phân, hỗn hợp chứa nguyên liệu, cỡ hạt trung bình của nguyên liệu, hàm lượng ẩm và các sản phẩm nhiệt phân mong muốn. Theo một số phương án, nguyên liệu được nhiệt phân ở nhiệt độ ngay trên nhiệt độ phân hủy của nguyên liệu trong môi trường khí trơ, ví dụ, cao hơn nhiệt độ phân hủy từ 2°C tới 10 °C hoặc cao hơn nhiệt độ phân hủy từ 3°C tới 7 °C. Theo các phương án như vậy, nói chung nguyên liệu được giữ ở nhiệt độ này trong thời gian lớn hơn 0,5 giờ, ví dụ, lớn hơn 1,0 giờ hoặc lớn hơn khoảng 2,0 giờ. Theo phương án khác, các nguyên liệu được nhiệt phân ở nhiệt độ cao hơn nhiều so với nhiệt độ phân hủy của nguyên liệu trong môi trường khí trơ, ví dụ, cao hơn nhiệt độ phân hủy từ 75°C tới 175°C hoặc cao hơn nhiệt độ phân hủy từ 85°C tới 150°C. Theo các phương án như vậy, nói chung nguyên liệu được giữ ở nhiệt độ này trong thời gian nhỏ hơn 0,5 giờ, ví dụ, nhỏ hơn 20 phút, nhỏ hơn 10 phút, nhỏ hơn 5 phút hoặc nhỏ hơn 2 phút. Còn theo các phương án khác, các nguyên liệu được nhiệt phân ở nhiệt độ cực cao, ví dụ, cao hơn nhiệt độ phân hủy của nguyên liệu trong môi trường khí trơ từ 200 °C 500 °C hoặc cao hơn nhiệt độ phân hủy từ 250 °C tới 400 °C. Theo các phương án như vậy, nguyên liệu nói chung được giữ ở nhiệt độ này trong thời gian nhỏ hơn 1 phút, ví dụ, nhỏ hơn 30 giây, nhỏ hơn 15 giây, nhỏ hơn 10 giây, nhỏ hơn 5 giây, nhỏ hơn 1 giây, nhỏ hơn 500 miligiây. Các phương án như vậy thường được gọi là nhiệt phân nhanh.

Theo một số phương án, nguyên liệu được đốt nóng tương đối nhanh tới nhiệt độ nhiệt phân được chọn trong buồng. Ví dụ, buồng này có thể được thiết kế

để đốt nóng nguyên liệu với tốc độ nằm trong khoảng từ 500 °C/s tới 11.000 °C/s. Tốc độ đốt nóng thông thường đối với nguyên liệu thu được từ sinh khối là nằm trong khoảng từ 500 °C/s tới 1000 °C/s chẳng hạn.

Dòng chảy rối của nguyên liệu trong buồng nhiệt phân thường là có lợi, vì nó đảm bảo sự truyền nhiệt tương đối có hiệu quả tới nguyên liệu từ hệ thống đốt nóng phụ. Dòng chảy rối có thể đạt được bằng cách phun nguyên liệu qua buồng bằng cách sử dụng một hoặc nhiều chất khí mang được phun 6210 chẳng hạn. Nói chung, các chất khí mang là tương đối trơ đối với nguyên liệu, thậm chí ở nhiệt độ cao trong buồng nhiệt phân. Các chất khí mang được lấy làm ví dụ, bao gồm, ví dụ, nitơ, argon, metan, cacbon monoxit và cacbon đioxit. Theo cách khác, hoặc ngoài ra, hệ thống vận chuyển cơ học như máy khoan có thể vận chuyển và tuần hoàn nguyên liệu trong buồng nhiệt phân để tạo ra dòng nguyên liệu chảy rối.

Theo một số phương án, việc nhiệt phân nguyên liệu xảy ra hầu như không có mặt của oxy và các chất khí dễ phản ứng khác. Oxy có thể được loại bỏ ra khỏi buồng nhiệt phân bằng cách thổi định kỳ vào buồng khí nitơ có áp suất cao (ví dụ, áp suất của nitơ bằng 2 ba hoặc cao hơn). Sau khi thổi khí vào buồng, hỗn hợp khí có mặt trong buồng nhiệt phân (ví dụ, trong quá trình nhiệt phân nguyên liệu) có thể chứa oxy với lượng nhỏ hơn 4 mol% (ví dụ, nhỏ hơn 1 mol% oxy và thậm chí thấp hơn 0,5 mol% oxy). Sự không có mặt của oxy đảm bảo rằng sự bốc cháy của nguyên liệu không xảy ra ở nhiệt độ nhiệt phân cao.

Theo một số phương án, oxy với lượng tương đối nhỏ có thể được đưa vào nguyên liệu và có mặt trong quá trình nhiệt phân. Kỹ thuật này được gọi là kỹ thuật nhiệt phân oxy hóa. Thông thường, quá trình nhiệt phân oxy hóa xảy ra ở nhiều giai đoạn đốt nóng. Ví dụ, ở giai đoạn đốt nóng thứ nhất, nguyên liệu được đốt nóng với sự có mặt của oxy để oxy hóa một phần nguyên liệu. Giai đoạn này tiêu thụ oxy sẵn có trong buồng nhiệt phân. Sau đó, ở giai đoạn đốt nóng tiếp theo, nhiệt độ của nguyên liệu được nâng lên. Tuy nhiên, với việc tất cả oxy trong buồng được tiêu thụ, sự đốt cháy nguyên liệu không xảy ra và sự phân hủy nhiệt phân không cháy của nguyên liệu (ví dụ, để tạo ra các sản phẩm hydrocacbon) xảy ra. Nói chung, quá trình xử lý đốt nóng nguyên liệu trong buồng nhiệt phân để bắt đầu việc phân hủy là quá trình thu nhiệt. Tuy nhiên, trong quá trình nhiệt phân oxy hóa, sự tạo thành của cacbon đioxit bằng cách oxy hóa nguyên liệu là quá trình tỏa nhiệt. Nhiệt

được giải phóng từ việc tạo ra cacbon đioxit có thể trợ giúp các giai đoạn đốt nóng nhiệt phân tiếp theo, nhờ đó làm giảm việc cung cấp nhiệt qua nguyên liệu.

Theo một số phương án, quá trình nhiệt phân xảy ra trong môi trường khí trơ, như trong khi nguyên liệu được để trong môi trường khí argon hoặc nitơ. Theo một số phương án, quá trình nhiệt phân có thể xảy ra trong môi trường oxy hoá, như trong không khí hoặc trong không khí được làm giàu khí argon. Theo một số phương án, quá trình nhiệt phân có thể xảy ra trong môi trường khử, như trong khi nguyên liệu được để trong môi trường khí hydro. Để trợ giúp việc nhiệt phân, nhiều hoá chất khác nhau, như chất oxy hóa, chất khử, axit hoặc bazơ có thể được bổ sung vào nguyên liệu trước khi hoặc trong quá trình nhiệt phân. Ví dụ, axit sulfuric có thể được bổ sung, hoặc peroxit (ví dụ, benzoyl peroxit) có thể được bổ sung.

Như nêu trên, nhiều điều kiện xử lý khác nhau có thể được sử dụng, tùy thuộc vào các yếu tố như nguyên liệu hỗn hợp và các sản phẩm nhiệt phân mong muốn. Ví dụ, đối với nguyên liệu chứa xenluloza, các điều kiện nhiệt phân tương đối êm dịu có thể được sử dụng, bao gồm nhiệt độ nhiệt phân nhanh nằm trong khoảng từ 375 °C tới 450 °C và thời gian lưu nhỏ hơn 1 giây. Để làm ví dụ khác, đối với nguyên liệu là chất thải hữu cơ rắn như bùn cặn thải, nhiệt độ nhiệt phân nhanh nằm trong khoảng từ 500 °C tới 650°C là thường được sử dụng, với thời gian lưu nằm trong khoảng từ 0,5 tới 3 giây. Nói chung, nhiều chỉ số trong số các chỉ số của nhiệt quy trình phân, bao gồm thời gian lưu, nhiệt độ nhiệt phân, sự chảy rớt của nguyên liệu, hàm lượng ẩm, thành phần nguyên liệu, thành phần của sản phẩm nhiệt phân và thành phần khí bổ sung có thể được điều chỉnh một cách tự động bằng hệ thống điều chỉnh và hệ thống kiểm soát tự động.

Sau bước nhiệt phân 6050, các sản phẩm nhiệt phân được trải qua bước làm nguội 6250 để giảm nhiệt độ của sản phẩm trước khi xử lý thêm. Thông thường, bước làm nguội 6250 bao gồm việc phun vào các sản phẩm nhiệt phân bằng các dòng nước làm nguội 6260. Nước làm nguội cũng tạo ra huyền phù đặc bao gồm các sản phẩm rắn, không hòa tan và sản phẩm hòa tan khác nhau. Cũng có mặt trong dòng sản phẩm là hỗn hợp chứa các chất khí khác nhau, bao gồm các chất khí sản phẩm, các chất khí mang và các chất khí khác của quy trình.

Dòng sản phẩm được vận chuyển qua ống dẫn trực tuyến tới thiết bị tách khí thực hiện bước tách khí 6060, trong đó các chất khí sản phẩm và các chất khí khác được tách ra khỏi huyền phù được tạo thành bằng cách làm nguội các sản phẩm nhiệt phân. Hỗn hợp khí tách ra này tùy ý được đưa trực tiếp tới quạt 6130, quạt này làm tăng áp suất khí bằng cách thổi không khí vào hỗn hợp. Hỗn hợp khí này có thể được đưa tới bước lọc 6140, trong đó hỗn hợp khí đi qua một hoặc nhiều bộ lọc (ví dụ, các bộ lọc than hoạt tính) để loại bỏ các hạt và các tạp chất khác. Ở bước tiếp sau 6150, khí đã được lọc có thể được nén và cất giữ để sử dụng tiếp. Theo cách khác, khí đã được lọc có thể được đưa tới bước xử lý thêm 6160. Ví dụ, theo một số phương án, khí đã được lọc có thể được ngưng tụ để tách các hợp chất khí khác nhau trong hỗn hợp khí. Các hợp chất khác nhau có thể bao gồm, ví dụ, các sản phẩm hydrocacbon khác nhau (ví dụ, rượu, alkan, alken, alkyne, etc) được tạo ra trong quá trình nhiệt phân. Theo một số phương án, khí đã được lọc chứa hỗn hợp gồm các hợp phần hydrocacbon có thể được kết hợp với hơi nước khí 6170 (ví dụ, hỗn hợp gồm hơi nước và oxy) và được trải qua quá trình crackinh để làm giảm trọng lượng phân tử của các hợp phần hydrocacbon.

Theo một số phương án, buồng nhiệt phân bao gồm các nguồn nhiệt làm đốt cháy các chất khí hydrocacbon như metan, propan và/hoặc butan để đốt nóng nguyên liệu. Bộ phận 6270 chứa các chất khí đã tách có thể được tái tuần hoàn trong buồng nhiệt phân để đốt cháy, để tạo ra nhiệt quy trình nhằm duy trì quy trình nhiệt phân.

Theo một số phương án, buồng nhiệt phân có thể nhận nhiệt quy trình có thể được sử dụng để làm tăng nhiệt độ của nguyên liệu. Ví dụ, việc chiếu xạ nguyên liệu (ví dụ, chiếu xạ gama, chùm tia điện tử chiếu xạ, hoặc các loại chiếu xạ khác) có thể đốt nóng nguyên liệu tới nhiệt độ tương đối cao. Nguyên liệu đã được đốt nóng có thể được làm nguội bằng hệ thống trao đổi nhiệt rút bớt một số nhiệt thừa ra khỏi nguyên liệu đã được chiếu xạ. Hệ thống trao đổi nhiệt có thể được tạo kết cấu để chuyển một số nhiệt năng tới buồng nhiệt phân để đốt nóng (hoặc đốt nóng sơ bộ) nguyên liệu, nhờ đó làm giảm chi phí năng lượng cho quy trình nhiệt phân.

Huyền phù chứa các sản phẩm nhiệt phân lỏng và rắn có thể trải qua bước loại nước tùy ý 6070, trong đó nước dư có thể được loại bỏ ra khỏi huyền phù qua các quy trình như nén ép cơ học và làm bay hơi. Nước dư 6280 có thể được lọc và

sau đó được tái tuần hoàn để sử dụng tiếp trong việc làm nguội các sản phẩm phân hủy nhiệt phân ở bước 6250.

Sau đó, huyền phù đã được loại nước trải qua bước tách cơ học 6080, trong đó sản phẩm rắn 6110 được tách ra khỏi sản phẩm lỏng 6090 bằng một loạt các bộ lọc có cơ lỗ nhỏ mịn tăng dần. Ở bước 6100, sản phẩm lỏng 6090 có thể sau đó được ngưng tụ (ví dụ, bằng cách làm bay hơi) để loại bỏ chất thải nước 6190 và được tinh chế bằng cách xử lý như chiết. Việc chiết có thể bao gồm việc bổ sung một hoặc nhiều dung môi hữu cơ 6180, ví dụ, để tách sản phẩm như các dầu ra khỏi các sản phẩm như rượu. Các dung môi hữu cơ thích hợp bao gồm, ví dụ, các hydrocarbon và các halo-hydrocarbon khác nhau. Các sản phẩm lỏng tinh chế 6200 sau đó có thể được trải qua bước xử lý thêm. Chất thải nước 6190 có thể được lọc nếu cần và được tái tuần hoàn để sử dụng tiếp để làm nguội sản phẩm phân hủy nhiệt phân ở bước 6250.

Sau khi tách ở bước 6080, sản phẩm rắn 6110 tùy ý được trải qua bước làm khô 6120 có thể bao gồm bước làm bay hơi nước. Chất rắn 6110 sau đó có thể được cất giữ để sử dụng sau đó, hoặc được trải qua bước xử lý thêm, nếu thích hợp.

Các chỉ số của quy trình nhiệt phân đã được nêu ở trên đây được lấy làm ví dụ. Nói chung, các giá trị của các chỉ số này có thể thay đổi trong khoảng rộng phụ thuộc vào bản chất của nguyên liệu và sản phẩm mong muốn. Ngoài ra, rất nhiều kỹ thuật nhiệt phân khác nhau, bao gồm sử dụng các nguồn nhiệt như các ngọn lửa hydrocarbon và/hoặc lò, laze hồng ngoại, các thiết bị gia nhiệt vi sóng, các thiết bị gia nhiệt cảm ứng, các thiết bị gia nhiệt điện trở và các thiết bị gia nhiệt khác có thể được sử dụng.

Nhiều buồng nhiệt phân khác nhau có thể được sử dụng để phân hủy nguyên liệu. Ví dụ, theo một số phương án, việc nhiệt phân nguyên liệu có thể bao gồm việc đốt nóng nguyên liệu bằng cách sử dụng bộ phận đốt nóng có điện trở, như dây kim loại hoặc dải kim loại. Việc đốt nóng có thể xảy ra bằng cách cho bộ phận đốt nóng có điện trở tiếp xúc trực tiếp với nguyên liệu.

Theo một số phương án, việc nhiệt phân có thể bao gồm việc đốt nóng nguyên liệu bằng cách cảm ứng, như bằng cách sử dụng thiết bị nhiệt phân Currie-Point. Theo một số phương án, việc nhiệt phân có thể bao gồm việc đốt nóng

nguyên liệu bằng cách chiếu xạ, như chiếu xạ hồng ngoại. Chiếu xạ có thể được tạo ra bằng laze, như laze hồng ngoại.

Theo một số phương án, việc nhiệt phân có thể bao gồm việc đốt nóng nguyên liệu bằng nhiệt đối lưu. Nhiệt đối lưu có thể được tạo ra bằng dòng khí đã được đốt nóng. Khí đã được đốt nóng có thể được duy trì ở nhiệt độ thấp hơn khoảng 1200 °C, như thấp hơn 1000 °C, thấp hơn 750 °C, thấp hơn 600 °C, thấp hơn 400 °C hoặc thậm chí thấp hơn 300 °C. Khí đã được đốt nóng có thể được duy trì ở nhiệt độ lớn hơn khoảng 250°C. Nhiệt đối lưu có thể được tạo ra bằng bộ tỏa nhiệt bao quanh nguyên liệu thứ nhất, như trong lò.

Theo một số phương án, việc nhiệt phân có thể bao gồm việc đốt nóng nguyên liệu bằng hơi nước ở nhiệt độ cao hơn khoảng 250 °C.

Buồng nhiệt phân theo phương án được thể hiện trên FIG.15. Buồng 6500 bao gồm thành buồng được cách nhiệt 6510 có cửa thông gió 6600 để xả các chất khí, nhiều buồng đốt 6520 tạo ra nhiệt cho quy trình nhiệt phân, ống vận chuyển 6530 để vận chuyển nguyên liệu qua buồng 6500, máy khoan 6590 để đưa nguyên liệu qua ống 6530 trong dòng chảy rồi và hệ thống làm nguội 6540 bao gồm máy khoan 6610 để vận chuyển các sản phẩm nhiệt phân, các vòi phun nước 6550 để phun các sản phẩm nhiệt phân cùng với nước làm nguội và thiết bị tách khí để tách các sản phẩm khí 6580 ra khỏi huyền phù đặc 6570 chứa các sản phẩm rắn và lỏng.

Phương án khác của buồng nhiệt phân được thể hiện trên FIG.16. Buồng 6700 bao gồm thành buồng được cách nhiệt 6710, ống cung cấp nguyên liệu 6720, thành buồng bên trong dốc 6730, các buồng đốt 6740 tạo ra nhiệt cho quy trình nhiệt phân, cửa thông gió 6750 để xả các chất khí và thiết bị tách khí 6760 để tách các sản phẩm khí 6770 ra khỏi các sản phẩm lỏng và rắn 6780. Buồng 6700 được cấu tạo để quy theo hướng được thể hiện bằng mũi tên 6790 để đảm bảo việc trộn thỏa đáng và dòng chảy rồi của nguyên liệu trong buồng này.

Buồng nhiệt phân theo phương án tiếp theo được thể hiện trên FIG.17. Thiết bị nhiệt phân sợi đốt 1712 bao gồm bộ phận giữ mẫu 1713 có phần tử đốt nóng bằng điện trở 1714 dưới dạng dây kim loại quấn qua không gian mở được xác định bởi bộ phận giữ mẫu 1713. Tùy ý, phần tử đã được đốt nóng này có thể được quấn quanh trục 1715 (như được chỉ ra bằng mũi tên 1716) để đảo trộn nguyên liệu chứa nguyên liệu xenluloza trong bộ phận giữ mẫu 1713. Không gian 1718 được xác

định bởi khoang kín 1719 được duy trì ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ trong phòng, ví dụ, nằm trong khoảng từ 200 tới 250 °C. Trong sử dụng thông thường, khí mang, ví dụ, khí trơ, hoặc khí oxy hoá hoặc khí khử, đi qua bộ phận giữ mẫu 1713 trong khi phần tử đốt nóng bằng điện trở được quay và được đốt nóng tới nhiệt độ mong muốn, ví dụ 325 °C. Sau thời gian thích hợp, ví dụ, từ 5 tới 10 phút, nguyên liệu đã được nhiệt phân được lấy hết ra khỏi bộ phận giữ mẫu. Hệ thống được thể hiện trên FIG.17 có thể được vẽ theo tỷ lệ và được thực hiện một cách liên tục. Ví dụ, bộ phận đốt nóng không phải là dây kim loại, mà bộ phận đốt nóng có thể là vít máy khoan. Nguyên liệu có thể rơi một cách liên tục vào bộ phận giữ mẫu, đập vào vít đã được đốt nóng nhiệt phân nguyên liệu. Đồng thời, vít này có thể đẩy nguyên liệu đã được nhiệt phân ra khỏi bộ phận giữ mẫu để cho phép nguyên liệu mới chưa được nhiệt phân đi vào.

Buồng nhiệt phân theo phương án khác được thể hiện trên FIG.18, là một thiết bị nhiệt phân Curie-Point 1820 bao gồm buồng chứa mẫu 1821 chứa lá sắt từ 1822. Bao quanh buồng chứa mẫu 1821 là cuộn dây RF 1823. Khoang không 1824 được xác định bởi khoang kín 1825 được duy trì ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ trong phòng, ví dụ, ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 200 tới 250 °C. Trong sử dụng thông thường, khí mang đi qua buồng chứa mẫu 1821 trong khi lá 1822 được đốt nóng bằng cách cảm ứng bởi trường RF được áp dụng để nhiệt phân nguyên liệu ở nhiệt độ mong muốn.

Buồng nhiệt phân theo một phương án khác nữa được thể hiện trên FIG.19. Thiết bị nhiệt phân kiểu lò 130 bao gồm bộ phận giữ mẫu di động 131 và lò 132. Trong sử dụng thông thường, mẫu được hạ thấp (như được chỉ ra bằng mũi tên 137) đưa vào vùng nóng 135 của lò 132, trong khi khí mang làm đầy thân 136 và đi qua bộ phận giữ mẫu 131. Mẫu này được đốt nóng tới nhiệt độ mong muốn trong thời gian mong muốn để tạo ra sản phẩm nhiệt phân. Sản phẩm được nhiệt phân được loại lấy ra khỏi thiết bị nhiệt phân bằng cách nâng bộ phận giữ mẫu (như được chỉ ra bằng mũi tên 134).

Theo một số phương án, như được thể hiện trên FIG.20, dịch xenluloza 140 có thể được nhiệt phân bằng cách xử lý dịch này, dịch này được giữ trong buồng chân không 141, với ánh sáng laze, ví dụ, ánh sáng có bước sóng nằm trong khoảng từ 225nm tới 1500nm. Ví dụ, dịch này có thể bị bốc bay ở bước sóng 266nm, bằng

cách sử dụng sóng hài bậc bốn của laze Nd-YAG (Spectra Physics, GCR170, San Jose, Calif.). Cấu hình quang học được thể hiện cho phép ánh sáng gần đơn sắc 143 được tạo ra bằng laze 142 để hướng trực tiếp bằng cách sử dụng các gương 144 và 145 đến đích sau khi cho đi qua thấu kính 146 trong buồng chân không 141. Thông thường, áp suất trong buồng chân không được duy trì ở áp suất thấp hơn khoảng 10^{-6} mm Hg. Theo một số phương án, chiếu xạ hồng ngoại được sử dụng, ví dụ, chiếu xạ 1,06 micron từ laze Nd-YAG. Theo các phương án như vậy, thuốc nhuộm nhạy ánh sáng hồng ngoại có thể được kết hợp với nguyên liệu xenluloza để tạo ra đích xenluloza. Thuốc nhuộm hồng ngoại này có thể tăng cường việc đốt nóng nguyên liệu xenluloza. Việc bốc bay bằng laze được Blanchet-Fincher và các đồng tác giả mô tả trong patent Mỹ số 5,942,649.

Tham khảo FIG.21, theo một số phương án, nguyên liệu xenluloza có thể được nhiệt phân nhanh bằng cách bọc sợi vonfram 150, như sợi vonfram có kích thước nằm trong khoảng từ 5 tới 25 mil, bằng nguyên liệu xenluloza mong muốn trong khi nguyên liệu được chứa trong buồng chân không 151. Để tiến hành nhiệt phân, dòng điện được cho đi qua sợi này, gây ra việc đốt nóng nhanh sợi này trong thời gian mong muốn. Thông thường, việc đốt nóng được liên tục trong vài giây trước khi cho phép sợi này nguội xuống. Theo một số phương án, việc đốt nóng được tiến hành một số lần để thực hiện được lượng nhiệt phân mong muốn.

Theo một số phương án, nguyên liệu sinh khối chứa hydrat cacbon có thể được đốt nóng với sự không có mặt của oxy trong thiết bị phản ứng tầng sôi. Nếu muốn, hydrat cacbon chứa sinh khối có thể có tiết diện tương đối mỏng và có thể bao gồm bất kỳ trong số các nguyên liệu dạng sợi đã được mô tả trong bản mô tả này, để truyền nhiệt có hiệu quả. Nguyên liệu có thể được đốt nóng bằng cách truyền nhiệt từ kim loại hoặc gốm nóng, như các hạt thủy tinh hoặc cát trong thiết bị phản ứng này và chất lỏng nhiệt phân thu được hoặc dầu có thể được vận chuyển tới thiết bị tinh luyện trung tâm để tạo ra nhiên liệu dễ cháy hoặc các sản phẩm hữu ích khác.

Quy trình oxy hóa

Một hoặc nhiều trình tự xử lý oxy hóa có thể được sử dụng để xử lý nguyên liệu thô từ nhiều nguồn khác nhau để chiết các chất hữu ích từ nguyên liệu và để tạo

ra chất hữu cơ phân huỷ một phần có chức năng như là nguyên liệu đầu vào cho bước và/hoặc trình tự xử lý tiếp theo.

Tham khảo FIG.8, nguyên liệu thứ nhất 2 chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất ($^T M_{N1}$) và có hàm lượng oxy thứ nhất ($^T O_1$) được oxy hóa, ví dụ, bằng cách đốt nóng nguyên liệu thứ nhất trong lò ống trong dòng không khí hoặc không khí được làm giàu bằng oxy, để tạo ra nguyên liệu thứ hai 3 chứa xenluloza có trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai ($^T M_{N2}$) và có hàm lượng oxy thứ hai ($^T O_2$) cao hơn so với hàm lượng oxy thứ nhất ($^T O_1$). Nguyên liệu thứ hai (hoặc nguyên liệu thứ nhất và thứ hai theo một số phương án) có thể, ví dụ, kết hợp với nhựa, như nhựa dẻo nhiệt được làm nóng chảy hoặc vi sinh vật, để tạo ra vật liệu composít 4 có đặc tính cơ học mong muốn, hoặc nhiên liệu 5. Mức oxy hóa cao hơn có thể cải thiện khả năng phân tán của nguyên liệu đã được oxy hóa trong nhựa và có thể còn cải thiện được liên kết chung giữa nguyên liệu đã được oxy hóa và nhựa. Khả năng phân tán và/hoặc liên kết chung được cải thiện (trong một số trường hợp kết hợp với việc duy trì trọng lượng phân tử) có thể tạo ra vật liệu composít có đặc tính cơ học đặc biệt, như độ bền mài mòn cải thiện, độ bền nén, độ bền chống đứt gãy, độ bền chống va đập, độ bền uốn, mô đun kéo, mô đun uốn và độ giãn dài khi đứt.

Các nguyên liệu như vậy có thể còn được kết hợp với chất rắn và/hoặc chất lỏng. Ví dụ, chất lỏng có thể ở dạng dung dịch và chất rắn có thể là ở dạng hạt. Chất lỏng và/hoặc chất rắn có thể chứa vi sinh vật, ví dụ, vi khuẩn và/hoặc enzym. Ví dụ, vi khuẩn và/hoặc enzym có thể hoạt động trên nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza để tạo ra nhiên liệu, như etanol, hoặc các đồng sản phẩm, như protein. Các nhiên liệu và các đồng sản phẩm được mô tả trong "FIBROUS MATERIALS AND COMPOSITES" USSN 11/453,951, nộp ngày 15/6/2006. Toàn bộ nội dung của các đơn này được đưa vào đây bằng cách tham khảo.

Theo một số phương án, trọng lượng phân tử trung bình số thứ hai là thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất không quá 97%, ví dụ, không quá 95%, 90, 85, 80, 75, 70, 65, 60, 55, 50, 45, 40, 30, 20, 12,5, 10,0, 7,5, 5,0, 4,0, 3,0, 2,5, 2,0 hoặc thấp hơn so với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất không quá 1,0%. Mức giảm trọng lượng phân tử sẽ phụ thuộc vào ứng dụng. Ví dụ, theo một số phương án được ưu tiên tạo ra vật liệu composít, trọng lượng phân tử trung

bình số thứ hai là xấp xỉ với trọng lượng phân tử trung bình số thứ nhất. Trong các ứng dụng khác, như sản xuất etanol hoặc nhiên liệu khác hoặc các đồng sản phẩm, mức giảm trọng lượng phân tử cao hơn nói chung là được ưu tiên.

Ví dụ, theo một số phương án tạo ra vật liệu composit, trọng lượng phân tử trung bình số ban đầu (trước khi oxy hóa) là nằm trong khoảng từ 200.000 tới 3.200.000, ví dụ, nằm trong khoảng từ 250.000 tới 1.000.000 hoặc nằm trong khoảng từ 250.000 tới 700.000 và trọng lượng phân tử trung bình số sau khi oxy hóa là nằm trong khoảng từ 175.000 tới 3.000.000, ví dụ, nằm trong khoảng từ 200.000 tới 750.000 hoặc nằm trong khoảng từ 225.000 tới 600.000.

Nhựa được sử dụng có thể là loại rắn nhiệt hoặc dẻo nhiệt. Ví dụ về nhựa dẻo nhiệt bao gồm các chất dẻo nhiệt cứng và đàn hồi. Các chất dẻo nhiệt cứng bao gồm polyolefin (ví dụ, polyetylen, polypropylen, hoặc copolyme polyolefin), polyester (ví dụ, polyetylen terephthalat), polyamit (ví dụ, nylon 6, 6/12 hoặc 6/10) và polyetylenimin. Ví dụ về nhựa dẻo nhiệt đàn hồi bao gồm copolyme styren đàn hồi (ví dụ, copolyme styren-etylen-butylen-styren), thể đàn hồi polyamit (ví dụ, copolyme polyete-polyamit) và etylen-copolyme vinyl axetat.

Theo các phương án cụ thể, lignin được sử dụng, ví dụ, lignin bất kỳ được tạo ra trong quy trình bất kỳ đã được mô tả trong bản mô tả này.

Theo một số phương án, nhựa dẻo nhiệt có tốc độ chảy khi nóng chảy nằm trong khoảng từ 0 g/10 phút tới 60 g/10 phút, ví dụ, nằm trong khoảng từ 20 g/10 phút tới 50 g/10 phút, hoặc nằm trong khoảng từ 30 g/10 phút tới 45 g/10 phút, như đo được bằng cách sử dụng ASTM 1238. Theo một số phương án, các hỗn hợp tương hợp bất kỳ trong số các nhựa dẻo nhiệt trên có thể được sử dụng.

Theo một số phương án, nhựa dẻo nhiệt chỉ số đa phân tán (PDI), tức là tỷ lệ giữa trọng lượng phân tử trung bình với trọng lượng phân tử trung bình số, lớn hơn 1,5, ví dụ, lớn hơn 2,0, lớn hơn 2,5, lớn hơn 5,0, lớn hơn 7,5, hoặc thậm chí lớn hơn 10,0.

Theo các phương án cụ thể, polyolefin hoặc hỗn hợp chứa polyolefin được sử dụng làm nhựa dẻo nhiệt.

Ví dụ về nhựa rắn nhiệt bao gồm cao su thiên nhiên, cao su butadien và polyuretan.

Theo một số phương án, trong đó nguyên liệu được sử dụng để tạo ra nhiên liệu hoặc các đồng sản phẩm, trọng lượng phân tử trung bình số ban đầu (trước khi oxy hóa) là nằm trong khoảng từ 200.000 tới 3.200.000, ví dụ, nằm trong khoảng từ 250.000 tới 1.000.000 hoặc nằm trong khoảng từ 250.000 tới 700.000 và trọng lượng phân tử trung bình số sau khi oxy hóa là nằm trong khoảng từ 50.000 tới 200.000, ví dụ, nằm trong khoảng từ 60.000 tới 150.000 hoặc nằm trong khoảng từ 70.000 tới 125.000. Tuy nhiên, theo một số phương án, ví dụ, sau khi oxy hóa toàn diện, nó có thể có trọng lượng phân tử trung bình số ít hơn khoảng 10.000 hoặc thậm chí thấp hơn khoảng 5.000.

Theo một số phương án, hàm lượng oxy thứ hai là cao hơn so với hàm lượng oxy thứ nhất ít nhất khoảng 5%, ví dụ, cao hơn 7,5%, cao hơn 10,0%, cao hơn 12,5%, cao hơn 15,0% hoặc cao hơn 17,5%. Theo một số phương án được ưu tiên, hàm lượng oxy thứ hai là cao hơn so với hàm lượng oxy của nguyên liệu thứ nhất ít nhất khoảng 20,0%. Hàm lượng oxy được đo bằng phân tích nguyên tố bằng cách nhiệt phân mẫu trong lò vận hành ở nhiệt độ 1300 °C hoặc cao hơn. Thiết bị phân tích nguyên tố thích hợp là thiết bị phân tích LECO CHNS-932 với lò nhiệt phân có nhiệt độ cao VTF-900.

Theo một số phương án, oxy hóa nguyên liệu thứ nhất 200 không làm thay đổi đáng kể về mức độ kết tinh của xenluloza. Tuy nhiên, trong một số trường hợp, ví dụ, sau khi oxy hóa cực trị, nguyên liệu thứ hai có xenluloza có mức độ kết tinh (T_{C2}) thấp hơn mức độ kết tinh (T_{C1}) của xenluloza trong nguyên liệu thứ nhất. Ví dụ, (T_{C2}) có thể thấp hơn (T_{C1}) nhiều hơn khoảng 5%, ví dụ 10, 15, 20, hoặc thậm chí 25%. Điều này có thể là mong muốn khi mục tiêu là tối ưu hoá đặc tính môi khi uốn của vật liệu composít. Ví dụ, việc làm giảm mức độ kết tinh có thể cải thiện độ giãn dài khi đứt hoặc có thể tăng cường độ bền chống va đập của vật liệu composít. Có thể còn mong muốn tăng cường độ tan của các nguyên liệu trong chất lỏng, như chất lỏng chứa vi khuẩn và/hoặc enzym.

Theo một số phương án, chỉ số kết tinh ban đầu (trước khi oxy hóa) là nằm trong khoảng từ 40 tới 87,5%, ví dụ, nằm trong khoảng từ 50 tới 75% hoặc nằm trong khoảng từ 60 tới 70% và chỉ số kết tinh sau khi oxy hóa là nằm trong khoảng từ 30 tới 75,0%, ví dụ, nằm trong khoảng từ 35,0 tới 70,0% hoặc nằm trong khoảng từ 37,5 tới 65,0%. Tuy nhiên, theo một số phương án, ví dụ, sau khi oxy hóa toàn

điện, nó có thể có chỉ số kết tinh thấp hơn 5%. Theo một số phương án, nguyên liệu sau khi oxy hóa gần như là vô định hình.

Dù không muốn bị ràng buộc bởi lý thuyết cụ thể bất kỳ, đã cho rằng quá trình oxy hóa làm tăng số các nhóm liên kết hydro trên xenluloza, như nhóm hydroxyl, nhóm aldehyt, nhóm keton, nhóm axit carboxylic, hoặc nhóm anhydrit, có thể làm tăng khả năng phân tán của nó và/hoặc độ tan của nó (ví dụ, trong chất lỏng). Để cải thiện thêm khả năng phân tán trong nhựa, nhựa này có thể bao gồm hợp phần chứa nhóm liên kết hydro, như một hoặc nhiều nhóm anhydrit, nhóm axit carboxylic, nhóm hydroxyl, nhóm amit, nhóm amin hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng. Theo một số phương án được ưu tiên, hợp phần này bao gồm polyme được copolyme hoá với và/hoặc được ghép với anhydrit maleic. Các nguyên liệu như vậy có thể mua được từ Dupont dưới nhãn hiệu thương mại FUSABOND®.

Nói chung, quá trình oxy hóa nguyên liệu thứ nhất 200 xảy ra trong môi trường oxy hoá. Ví dụ, quá trình oxy hóa có thể được thực hiện hoặc được trợ giúp bằng cách nhiệt phân trong môi trường oxy hoá, như trong không khí hoặc không khí được làm giàu argon. Để trợ giúp cho việc oxy hóa, nhiều hoá chất khác nhau, như các chất oxy hóa, axit hoặc bazơ có thể được bổ sung vào nguyên liệu trước khi hoặc trong khi oxy hóa. Ví dụ, peroxit (ví dụ, benzoyl peroxit) có thể được bổ sung trước khi oxy hóa.

Hệ thống oxy hóa

FIG.22 thể hiện sơ đồ quy trình sản xuất 5000 bao gồm các bước khác nhau trong hệ thống xử lý sơ bộ nguyên liệu theo kiểu oxy hóa. Ở bước thứ nhất 5010, sự cung cấp nguyên liệu khô được nhận từ nguồn nguyên liệu. Nguồn nguyên liệu này có thể bao gồm, ví dụ, tầng hoặc đồ chứa cất giữ được nối với thiết bị phản ứng oxy hóa trực tuyến qua băng chuyền hoặc thiết bị vận chuyển nguyên liệu khác.

Như mô tả trên đây, nguyên liệu khô từ nguồn nguyên liệu có thể được xử lý sơ bộ trước khi phân phối tới thiết bị phản ứng oxy hóa. Ví dụ, nếu nguyên liệu có nguồn gốc thực vật, một số phần của nguyên liệu thực vật có thể được loại bỏ trước khi thu gom nguyên liệu thực vật và/hoặc trước khi nguyên liệu thực vật được phân phối bằng thiết bị vận chuyển nguyên liệu. Theo cách khác, hoặc ngoài ra, nguyên liệu sinh khối có thể được xử lý cơ học (ví dụ, để giảm chiều dài trung bình của các sợi trong nguyên liệu) trước khi phân phối tới thiết bị phản ứng oxy hóa.

Sau khi xử lý cơ học 5020, nguyên liệu 5030 được vận chuyển tới hệ thống phối trộn đưa nước 5150 vào nguyên liệu trong quy trình trộn cơ học. Việc kết hợp nước với nguyên liệu đã được xử lý ở bước trộn 5040 tạo ra huyền phù nước chứa nguyên liệu 5050, sau đó có thể được xử lý bằng một hoặc nhiều chất oxy hoá.

Thông thường, 1 lít nước được bổ sung vào hỗn hợp cho mỗi 0,02 kg tới 1,0 kg nguyên liệu khô. Tỷ lệ giữa nguyên liệu với nước trong hỗn hợp tùy thuộc vào nguồn nguyên liệu và chất oxy hoá cụ thể được sử dụng tiếp theo ở phía sau trong toàn bộ quy trình. Ví dụ, trong trình tự xử lý công nghiệp thông thường đối với sinh khối lignoxenluloza, huyền phù nước chứa nguyên liệu 5050 chứa từ khoảng 0,5 kg tới 1,0 kg sinh khối khô cho một lít nước.

Theo một số phương án, một hoặc nhiều chất phụ gia bảo vệ sợi 5170 có thể còn được bổ sung vào huyền phù nguyên liệu ở bước trộn nguyên liệu 5040. Chất phụ gia bảo vệ sợi giúp làm giảm quá trình thoái biến của một số loại sợi trong sinh khối (ví dụ, các sợi xenluloza) trong quá trình oxy hóa nguyên liệu. Chất phụ gia bảo vệ sợi có thể được sử dụng, ví dụ, nếu sản phẩm mong muốn từ việc xử lý nguyên liệu lignoxenluloza chứa các sợi xenluloza. Chất phụ gia bảo vệ sợi được lấy làm ví dụ, bao gồm các hợp chất của magie như magie hydroxit. Nồng độ của chất phụ gia bảo vệ sợi trong huyền phù nguyên liệu 5050 có thể là nằm trong khoảng từ 0,1% tới 0,4% trọng lượng khô của nguyên liệu sinh khối, chẳng hạn.

Theo một số phương án, huyền phù nước chứa nguyên liệu 5050 có thể được đưa tới bước chiết tủy chọn 5180 với dung môi hữu cơ để loại bỏ các chất không tan trong nước ra khỏi huyền phù. Ví dụ, việc chiết huyền phù 5050 bằng một hoặc nhiều dung môi hữu cơ thu được huyền phù sạch và dòng chất thải hữu cơ 5210 bao gồm các chất không tan trong nước như các chất béo, dầu và các chất không phân cực, các chất trên cơ sở hydrocacbon khác. Các dung môi thích hợp để thực hiện việc chiết huyền phù 5050 bao gồm nhiều rượu, hydrocacbon và halohydrocacbon khác nhau, chẳng hạn.

Theo một số phương án, huyền phù nước chứa nguyên liệu 5050 có thể được đưa tới bước xử lý nhiệt tùy ý 5190 để điều chế tiếp nguyên liệu để oxy hóa. Ví dụ về việc xử lý nhiệt bao gồm việc đốt nóng huyền phù nguyên liệu với sự có mặt của hơi nước có áp. Trong nguyên liệu sinh khối dạng sợi, hơi nước có áp làm trương

các sợi, làm cho phần bề mặt sợi lớn hơn tiếp xúc với dung môi nước và chất oxy hoá được đưa vào ở bước xử lý tiếp theo.

Theo một số phương án, huyền phù nước chứa nguyên liệu 5050 có thể được đưa tới bước xử lý tùy ý với chất bazơ 5200. Việc xử lý bằng một hoặc nhiều chất bazơ có thể trợ giúp việc tách lignin ra khỏi xenluloza trong nguyên liệu sinh khối lignoxenluloza, nhờ đó làm cải thiện quá trình oxy hóa nguyên liệu tiếp đó. Chất bazơ được lấy làm ví dụ, bao gồm các hydroxit của kiềm và kiềm thổ như natri hydroxit, kali hydroxit và canxi hydroxit. Nói chung, nhiều chất bazơ có thể được sử dụng, thông thường với các nồng độ nằm trong khoảng từ 0,01% tới 0,5% trọng lượng khô của nguyên liệu.

Huyền phù nước chứa nguyên liệu 5050 được vận chuyển (ví dụ, bằng hệ thống ống dẫn trực tuyến) tới buồng, buồng này có thể là buồng xử lý sơ bộ oxy hóa hoặc thiết bị phản ứng oxy hóa. Ở bước xử lý sơ bộ oxy hóa 5060, một hoặc nhiều chất oxy hoá 5160 được bổ sung vào huyền phù nguyên liệu 5050 để tạo ra môi trường oxy hoá. Theo một số phương án, ví dụ, chất oxy hoá 5160 có thể chứa hydro peroxit. Hydro peroxit có thể được bổ sung vào huyền phù 5050 dưới dạng dung dịch nước và với tỷ lệ nằm trong khoảng từ 3% tới 30% và 35% trọng lượng huyền phù 5050. Hydro peroxit có nhiều ưu điểm được sử dụng làm chất oxy hoá. Ví dụ, dung dịch nước hydro peroxit là tương đối rẻ tiền, tương đối ổn định hoá học, đặc biệt là không nguy hiểm so với các chất oxy hoá khác (và do đó không cần đến các quy trình xử lý gây tổn kém thêm và thiết bị an toàn đắt tiền). Ngoài ra, hydro peroxit phân huỷ để tạo ra nước trong quá trình oxy hóa nguyên liệu, nên việc làm sạch dòng chất thải là tương đối không phức tạp và rẻ tiền.

Theo một số phương án, chất oxy hoá 5160 có thể chứa oxy (ví dụ, khí oxy) một mình, hoặc kết hợp với hydro peroxit. Khí oxy có thể được sục vào huyền phù 5050 với tỷ lệ nằm trong khoảng từ 0,5% tới 10% trọng lượng huyền phù 5050. Theo cách khác, hoặc ngoài ra, khí oxy có thể còn được đưa vào pha khí để cân bằng với huyền phù 5050 (ví dụ, đầu hơi trên huyền phù 5050). Khí oxy có thể được đưa vào buồng xử lý sơ bộ oxy hóa hoặc thiết bị phản ứng oxy hóa (hoặc vào cả hai), tùy thuộc vào cấu trúc của hệ thống xử lý oxy hóa. Thông thường, ví dụ, áp suất riêng phần của oxy trong hơi trên huyền phù 5050 là cao hơn áp suất môi

trường của oxy và nằm trong khoảng từ 0,5 ba tới 35 ba, tùy thuộc vào bản chất của nguyên liệu.

Khí oxy có thể được đưa vào dưới dạng tinh khiết, hoặc có thể được trộn với một hoặc nhiều chất khí mang. Ví dụ, theo một số phương án, không khí có áp suất cao tạo ra oxy trong hơi. Theo một số phương án, khí oxy có thể được cung cấp một cách liên tục cho hơi pha để đảm bảo rằng nồng độ của oxy trong hơi vẫn trong khoảng giới hạn định trước trong quá trình xử lý nguyên liệu. Theo một số phương án vào lúc đầu khí oxy có thể được đưa vào với nồng độ đủ để oxy hoá nguyên liệu và sau đó nguyên liệu có thể được vận chuyển tới bể chứa có áp được đóng kín (ví dụ, thiết bị phản ứng oxy hóa) để xử lý.

Theo một số phương án, chất oxy hoá 5160 có thể bao gồm oxy mới sinh (ví dụ, các gốc oxy). Thông thường, oxy mới sinh được tạo ra khi cần trong thiết bị phản ứng oxy hóa hoặc trong buồng thông chất lỏng với thiết bị phản ứng oxy hóa bởi một hoặc nhiều phản ứng phân hủy. Ví dụ, theo một số phương án, oxy mới sinh có thể được tạo ra từ phản ứng giữa NO và O₂ trong hỗn hợp khí hoặc trong dung dịch. Theo một số phương án, oxy mới sinh có thể được tạo ra từ việc phân hủy HOCl trong dung dịch. Các phương pháp khác có thể tạo ra oxy mới sinh được bao gồm việc tạo ra qua phương pháp điện hoá trong dung dịch chất điện phân, chẳng hạn.

Nói chung, oxy mới sinh là chất oxy hoá hiệu quả do khả năng phản ứng tương đối cao của gốc oxy. Tuy nhiên, oxy mới sinh có thể còn là chất oxy hoá tương đối chọn lọc. Ví dụ, khi nguyên liệu lignoxenluloza được xử lý bằng oxy mới sinh, việc oxy hóa chọn lọc lignin xảy ra ưu tiên đối với các hợp phần khác của nguyên liệu như xenluloza. Do đó, việc oxy hóa nguyên liệu bằng oxy mới sinh tạo ra phương pháp loại bỏ chọn lọc phần lignin trong một số nguyên liệu. Thông thường, các nồng độ oxy mới sinh nằm trong khoảng từ 0,5% tới 5% trọng lượng khô của nguyên liệu được sử dụng để thực hiện việc oxy hóa có hiệu quả.

Dù không muốn bị ràng buộc bởi lý thuyết, đã cho rằng oxy mới sinh phản ứng với nguyên liệu lignoxenluloza theo ít nhất hai cơ chế khác nhau. Theo cơ chế thứ nhất, oxy mới sinh trải qua phản ứng cộng với lignin, dẫn đến việc oxy hóa một phần lignin, hoà tan lignin trong dung dịch nước. Do đó, lignin hoàn tan có thể được loại bỏ ra khỏi phần nguyên liệu còn lại bằng cách rửa. Theo cơ chế thứ hai,

oxy mới sinh phá vỡ các liên kết ngang butan và/hoặc mở mạch các vòng thơm được liên kết qua các liên kết ngang butan. Do đó, độ tan của lignin trong dung dịch nước tăng lên và phần lignin có thể được tách ra khỏi phần còn lại của nguyên liệu qua việc rửa.

Theo một số phương án, chất oxy hoá 5160 chứa ozon (O_3). Việc sử dụng ozon có thể đưa đến một số cân nhắc trong việc xử lý hoá học trong trình tự xử lý oxy hóa. Nếu được đun nóng quá mãnh liệt, dung dịch nước ozon có thể phân huỷ mạnh, với hậu quả bất lợi tiềm ẩn đối với cả người vận hành hệ thống và thiết bị trong hệ thống. Do đó, ozon thường được tạo ra trong bể chứa có thành dày cách nhiệt tách biệt với bể chứa chứa huyền phù nguyên liệu và được vận chuyển tới đó vào giai đoạn thích hợp của quy trình.

Dù không muốn bị ràng buộc bởi lý thuyết, đã cho rằng ozon phân huỷ thành oxy và các gốc oxy và các gốc oxy (ví dụ, oxy mới sinh) tạo ra đặc tính oxy hoá của ozon theo cách nêu trên. Ozon thường oxy hoá một cách ưu tiên phần lignin trong nguyên liệu lignoxenluloza, để lại phần xenluloza tương đối nguyên vẹn.

Các điều kiện để oxy hóa trên cơ sở ozon nguyên liệu sinh khối nói chung phụ thuộc vào bản chất của sinh khối. Ví dụ, đối với nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza, nồng độ ozon nằm trong khoảng từ $0,1 \text{ g/m}^3$ tới 20 g/m^3 nguyên liệu khô tạo ra việc oxy hóa nguyên liệu hiệu quả. Thông thường, hàm lượng nước trong huyền phù 5050 là nằm trong khoảng từ 10% trọng lượng tới 80% trọng lượng (ví dụ, nằm trong khoảng từ 40% trọng lượng tới 60% trọng lượng). Trong quá trình oxy hóa trên cơ sở ozon, nhiệt độ của huyền phù 5050 có thể được duy trì trong khoảng từ 0°C tới 100°C để tránh việc phân huỷ mạnh ozon.

Theo một số phương án, huyền phù nguyên liệu 5050 có thể được xử lý bằng dung dịch nước chứa kiềm bao gồm một hoặc nhiều hydroxit của kiềm và kiềm thổ như natri hydroxit, kali hydroxit và canxi hydroxit và sau đó được xử lý bằng khí chứa ozon trong thiết bị phản ứng oxy hóa. Đã quan sát thấy rằng quy trình này làm tăng đáng kể mức độ phân huỷ sinh khối trong huyền phù 5050. Thông thường, ví dụ, nồng độ của các ion hydroxit trong dung dịch kiềm là nằm trong khoảng từ 0,001% tới 10% trọng lượng huyền phù 5050. Sau khi nguyên liệu được làm ướt bằng cách cho tiếp xúc với dung dịch kiềm, khí chứa ozon được đưa vào thiết bị phản ứng oxy hóa, ở đó nó tiếp xúc và oxy hoá nguyên liệu.

Chất oxy hoá 5160 có thể còn bao gồm các chất khác. Theo một số phương án, ví dụ, chất oxy hoá trên cơ sở halogen như clo và oxyclo (ví dụ, hypoclorit) có thể được đưa vào huyền phù 5050. Theo một số phương án, các chất oxy hoá chứa nitơ có thể được đưa vào huyền phù 5050. Các chất oxy hoá chứa nitơ được lấy làm ví dụ, bao gồm NO và NO₂, chẳng hạn. Các chất chứa nitơ có thể còn được kết hợp với oxy trong huyền phù 5050 để tạo ra chất oxy hoá bổ sung. Ví dụ, cả NO và NO₂ đều kết hợp với oxy trong huyền phù 5050 để tạo ra các hợp chất nitrat, là chất oxy hoá hữu hiệu đối với nguyên liệu sinh khối. Theo một số phương án, chất oxy hoá trên cơ sở halogen và nitơ có thể làm tẩy trắng nguyên liệu sinh khối, tùy thuộc vào bản chất của nguyên liệu. Việc tẩy trắng có thể là mong muốn đối với một số sản phẩm thu được từ sinh khối được chiết ở bước xử lý tiếp theo.

Các chất oxy hoá khác có thể bao gồm, ví dụ, các peroxyaxit, axit peroxyaxetic, persulfat, percarbonat, permanganat, osmi tetroxit và crom oxit khác nhau.

Sau bước xử lý sơ bộ oxy hóa 5060, huyền phù nguyên liệu 5050 được oxy hóa ở bước 5070. Nếu chất oxy hoá 5160 được bổ sung vào huyền phù 5050 trong thiết bị phản ứng oxy hóa, sau đó quá trình oxy hóa diễn ra trong thiết bị phản ứng này. Theo cách khác, nếu chất oxy hoá 5160 được bổ sung vào huyền phù 5050 trong buồng xử lý sơ bộ, sau đó huyền phù 5050 được vận chuyển tới thiết bị phản ứng oxy hóa qua hệ thống ống dẫn trực tuyến. Khi ở bên trong thiết bị phản ứng oxy hóa, việc oxy hóa nguyên liệu sinh khối diễn ra dưới các điều kiện môi trường được kiểm soát. Thông thường, ví dụ, thiết bị phản ứng oxy hóa là bể chứa hình trụ được đóng kín với môi trường bên ngoài và được tăng áp. Cả việc vận hành gián đoạn và liên tục đều là có thể, mặc dù các điều kiện môi trường là thường dễ kiểm soát hơn đối với việc vận hành xử lý gián đoạn trực tiếp.

Việc oxy hóa huyền phù nguyên liệu 5050 thường xảy ra ở nhiệt độ cao trong thiết bị phản ứng oxy hóa. Ví dụ, nhiệt độ của huyền phù 5050 trong thiết bị phản ứng oxy hóa thường được duy trì trên 100 °C, nằm trong khoảng từ 120 °C tới 240 °C. Đối với nhiều loại nguyên liệu sinh khối, việc oxy hóa là đặc biệt có hiệu quả nếu nhiệt độ của huyền phù 5050 được duy trì nằm trong khoảng từ 150 °C tới 220 °C. Huyền phù 5050 có thể được đun nóng bằng cách sử dụng nhiều truyền nhiệt thiết bị. Ví dụ, theo một số phương án, thiết bị phản ứng oxy hóa tiếp xúc với

bể gia nhiệt chứa dầu hoặc các muối nóng chảy. Theo một số phương án, một loạt ống trao đổi nhiệt bao quanh và tiếp xúc với thiết bị phản ứng oxy hóa và việc tuần hoàn chất lỏng nóng trong các ống làm nóng huyền phù 5050 trong thiết bị phản ứng. Các thiết bị gia nhiệt khác có thể được sử dụng để đun nóng huyền phù 5050 bao gồm các phần tử gia nhiệt điện trở, các thiết bị gia nhiệt cảm ứng và các nguồn vi sóng, chẳng hạn.

Thời gian lưu của huyền phù nguyên liệu 5050 trong thiết bị phản ứng oxy hóa có thể thay đổi nếu muốn để xử lý nguyên liệu. Thông thường, huyền phù 5050 mất từ 1 phút tới 60 phút để oxy hóa trong thiết bị phản ứng. Đối với nguyên liệu sinh khối tương đối mềm như lignoxenluloza, thời gian lưu trong thiết bị phản ứng oxy hóa có thể là từ 5 phút tới 30 phút, ví dụ, ở áp suất oxy nằm trong khoảng từ 3 tới 12 bar trong thiết bị phản ứng và ở nhiệt độ huyền phù đặc nằm trong khoảng từ 160 °C tới 210 °C. Tuy nhiên, đối với các loại nguyên liệu khác, thời gian lưu trong thiết bị phản ứng oxy hóa có thể là lâu hơn, ví dụ 48 giờ. Để xác định thời gian lưu thích hợp đối với huyền phù 5050 trong thiết bị phản ứng oxy hóa, các lượng nhỏ huyền phù có thể được rút ra khỏi thiết bị phản ứng vào các khoảng thời gian cụ thể và được phân tích để xác định nồng độ của sản phẩm cụ thể quan tâm như các hợp chất sacarit phức tạp. Thông tin về việc tăng nồng độ của một số sản phẩm trong huyền phù 5050 theo thời gian có thể được sử dụng để xác định thời gian lưu đối với các loại nguyên liệu cụ thể.

Theo một số phương án, trong quá trình oxy hóa huyền phù nguyên liệu 5050, việc điều chỉnh độ pH huyền phù có thể được tiến hành bằng cách đưa vào thiết bị phản ứng oxy hóa một hoặc nhiều hoá chất. Ví dụ, theo một số phương án, việc oxy hóa xảy ra một cách có hiệu quả nhất với độ pH nằm trong khoảng 9-11. Để duy trì độ pH trong khoảng này, các chất như hydroxit của kiềm và kiềm thổ, cacbonat, amoniac và dung dịch đệm kiềm tính có thể được đưa vào thiết bị phản ứng oxy hóa.

Việc tuần hoàn của huyền phù 5050 trong quá trình oxy hóa có thể là quan trọng để đảm bảo việc tiếp xúc đủ giữa chất oxy hoá 5160 và nguyên liệu. Việc tuần hoàn của huyền phù có thể đạt được bằng cách sử dụng nhiều kỹ thuật. Ví dụ, theo một số phương án, khuấy thiết bị cơ học bao gồm các cánh quạt hoặc bánh cánh gàu có thể được lắp đặt trong thiết bị phản ứng oxy hóa. Theo một số phương án, thiết

bị phản ứng oxy hóa có thể là thiết bị phản ứng khép kín, trong đó dung môi nước trong đó nguyên liệu được tạo huyền phù đồng thời được thoát ra từ đáy của thiết bị phản ứng và được tái tuần hoàn vào đầu của thiết bị phản ứng bằng bơm, nhờ đó đảm bảo rằng huyền phù là được trộn lại một cách liên tục và không bị dừng trong thiết bị phản ứng.

Sau khi việc oxy hóa nguyên liệu được hoàn thành, huyền phù được vận chuyển tới thiết bị tách, trong đó bước tách cơ học 5080 diễn ra. Thông thường, bước tách cơ học 5080 bao gồm một hoặc nhiều giai đoạn lọc mịn dần huyền phù để tách theo phương pháp cơ học các thành phần rắn và lỏng.

Pha lỏng 5090 được tách ra khỏi pha rắn 5100 và sau đó hai pha được xử lý độc lập. Pha rắn 5100 có thể tùy ý trải qua bước làm khô 5120 trong thiết bị làm khô, chẳng hạn. Bước làm khô 5120 có thể bao gồm, ví dụ, phân tán cơ học chất rắn lên bề mặt làm khô và làm bay hơi nước ra khỏi pha rắn 5100 bằng cách gia nhiệt nhẹ nhàng chất rắn. Sau bước làm khô 5120 (hoặc theo cách khác, không cần thực hiện bước làm khô 5120), pha rắn 5100 được vận chuyển tới bước xử lý thêm 5140.

Pha lỏng 5090 có thể tùy ý trải qua bước làm khô 5110 để giảm nồng độ nước trong pha lỏng này. Theo một số phương án, ví dụ, bước làm khô 5110 có thể bao gồm bước làm bay hơi và/hoặc chưng cất và/hoặc chiết nước ra khỏi pha lỏng 5090 bằng cách gia nhiệt nhẹ nhàng pha lỏng này. Theo cách khác, hoặc ngoài ra, một hoặc nhiều hoá học chất làm khô có thể được sử dụng để loại bỏ nước ra khỏi pha lỏng 5090. Sau bước làm khô 5110 (hoặc theo cách khác, không cần thực hiện bước làm khô 5110), pha lỏng 5090 được vận chuyển tới bước xử lý thêm 5130, bước này có thể bao gồm các bước xử lý hoá học và sinh học như thủy phân hoá học và/hoặc enzym.

Bước làm khô 5110 tạo ra dòng chất thải 5220, dung dịch nước có thể bao gồm hoá chất hòa tan như axit và các bazơ với các nồng độ tương đối thấp. Việc xử lý dòng chất thải 5220 có thể bao gồm, ví dụ, việc trung hoà độ pH bằng một hoặc nhiều axit hoặc bazơ vô cơ. Tùy thuộc vào nồng độ của các muối hòa tan trong dòng chất thải 5220, dung dịch này có thể được khử ion một phần (ví dụ, bằng cách cho dòng chất thải đi qua hệ thống trao đổi ion). Sau đó, dòng chất thải này –chứa

chủ yếu là nước – có thể được tái tuần hoàn vào quy trình tổng (ví dụ, dưới dạng nước 5150), được trích ra tới quy trình khác, hoặc được xả ra.

Thông thường, đối với nguyên liệu sinh khối lignoxenuloza sau bước tách 5070, pha lỏng 5090 bao gồm nhiều polysacarit và oligosacarit tan, sau đó có thể được tách và/hoặc khử thành sacarit mạch nhỏ hơn qua bước xử lý thêm. Pha rắn 5100 thông thường bao gồm chủ yếu là xenluloza, ví dụ, với các lượng sản phẩm thu được từ bán xenluloza và lignin nhỏ hơn.

Theo một số phương án, việc oxy hóa có thể được tiến hành ở nhiệt độ cao trong thiết bị phản ứng như buồng nhiệt phân. Ví dụ, tham khảo FIG.17, nguyên liệu có thể được oxy hóa trong thiết bị nhiệt phân sợi đốt 1712. Trong sử dụng thông thường, khí mang oxy hoá, ví dụ, không khí hoặc hỗn hợp không khí/argon, đi qua bộ phận giữ mẫu 1713 trong khi phần tử đốt nóng bằng điện trở được quay và được đốt nóng tới nhiệt độ mong muốn, ví dụ 325 °C. Sau thời gian thích hợp, ví dụ 5 tới 10 phút, nguyên liệu đã được oxy hóa được lấy hết ra khỏi bộ phận giữ mẫu. Hệ thống được thể hiện trên FIG.2 có thể được vẽ theo tỷ lệ và được thực hiện một cách liên tục. Ví dụ, bộ phận đốt nóng không chỉ là dây kim loại, mà bộ phận đốt nóng có thể là vít máy khoan. Nguyên liệu có thể rơi một cách liên tục vào bộ phận giữ mẫu, đập vào vít đã được đốt nóng làm nhiệt phân nguyên liệu. Đồng thời, vít này có thể đẩy nguyên liệu đã được oxy hóa ra khỏi bộ phận giữ mẫu để cho phép nguyên liệu mới chưa được oxy hóa đi vào.

Tham khảo FIG.18, nguyên liệu có thể được oxy hóa trong thiết bị nhiệt phân Curie-Point 1820. Trong sử dụng thông thường, khí mang oxy hoá đi qua buồng chứa mẫu 1821, trong khi lá 1822 được đốt nóng bằng cách cảm ứng bởi trường RF được áp dụng để oxy hoá nguyên liệu ở nhiệt độ mong muốn.

Tham khảo FIG.19, nguyên liệu có thể được oxy hóa trong thiết bị nhiệt phân kiểu lò 130. Trong sử dụng thông thường, mẫu được hạ thấp (như được chỉ ra bằng mũi tên 137) vào vùng nóng 135 của lò 132, trong khi khí mang oxy hoá làm đầy thân 136 và đi qua bộ phận giữ mẫu 131. Mẫu này được đốt nóng tới nhiệt độ mong muốn trong thời gian mong muốn để tạo ra sản phẩm oxy hóa. Sản phẩm oxy hóa được lấy ra khỏi thiết bị nhiệt phân bằng cách nâng bộ phận giữ mẫu (như được chỉ ra bằng mũi tên 134).

Tham khảo FIG.20, nguyên liệu có thể được oxy hóa bằng cách tạo ra đích xenluloza 140, cùng với chất oxy hóa, như peroxit và xử lý đích này, được chứa trong buồng chân không 141, với ánh sáng laze, ví dụ, ánh sáng có bước sóng nằm trong khoảng từ 225nm tới 1600nm. Cấu hình quang học được thể hiện cho phép ánh sáng đơn sắc 143 được tạo ra bằng laze 142 hướng trực tiếp bằng cách sử dụng các gương 144 và 145 vào đích sau khi cho đi qua thấu kính 146 trong buồng chân không 141. Thông thường, áp suất trong buồng chân không được duy trì ở áp suất thấp hơn khoảng 10^{-6} mm Hg. Theo một số phương án, chiếu xạ hồng ngoại được sử dụng, ví dụ, chiếu xạ 1,06 micron từ laze Nd-YAG. Theo các phương án như vậy, thuốc nhuộm nhạy ánh sáng hồng ngoại có thể được kết hợp với nguyên liệu xenluloza để tạo ra đích xenluloza. Thuốc nhuộm hồng ngoại này có thể tăng cường việc đốt nóng nguyên liệu xenluloza. Việc xử lý bằng laze các polyme được Blanchet-Fincher và các đồng tác giả mô tả trong Patent Mỹ số 5,942,649.

Tham khảo FIG.21, nguyên liệu có thể được oxy hóa nhanh bằng cách bọc sợi vonfram 150, cùng với chất oxy hóa, như peroxit, bằng nguyên liệu xenluloza mong muốn trong khi nguyên liệu được chứa trong buồng chân không 151. Để thực hiện việc oxy hóa, dòng điện được cho đi qua sợi đốt, gây ra việc đốt nóng nhanh sợi đốt trong thời gian mong muốn. Thông thường, việc đốt nóng được liên tục trong thời gian vài giây trước khi cho phéo sợi đốt này nguội đi. Theo một số phương án, việc đốt nóng được tiến hành nhiều lần để thực hiện được mức độ oxy hóa mong muốn.

Tham khảo FIG.12, theo một số phương án, nguyên liệu có thể được oxy hóa với sự trợ giúp của âm thanh và/hoặc sự tạo hốc. Nói chung, để thực hiện việc oxy hóa, các nguyên liệu được siêu âm trong môi trường oxy hoá, như nước bão hoà với oxy hoặc các hoá chất oxy hóa khác, như hydro peroxit.

Tham khảo FIGS. 9 và 10, theo một số phương án, việc chiếu xạ ion hoá được sử dụng để trợ giúp cho việc oxy hóa nguyên liệu. Nói chung, để thực hiện việc oxy hóa, các nguyên liệu được chiếu xạ trong môi trường oxy hoá, như không khí hoặc oxy. Ví dụ, chiếu xạ gama và/hoặc chùm tia điện tử chiếu xạ có thể được sử dụng để chiếu xạ các nguyên liệu.

Các quy trình khác

Việc xử lý bằng hơi nước có áp suất cao có thể được sử dụng một mình mà không kèm theo quy trình bất kỳ đã được mô tả trong bản mô tả này, hoặc kết hợp với quy trình bất kỳ đã được mô tả trong bản mô tả này.

FIG.23 là hình vẽ tổng thể của toàn bộ quy trình chuyển hoá nguồn sợi 400 thành sản phẩm 450, như etanol, bằng một quy trình bao gồm việc cắt và xử lý bằng hơi nước có áp suất cao để tạo ra nguyên liệu dạng sợi 401, sau đó được thủy phân và được chuyển hóa, ví dụ, được lên men, để tạo ra sản phẩm. Nguồn sợi có thể được biến đổi thành nguyên liệu dạng sợi 401 bằng một số phương pháp có thể, bao gồm ít nhất một quy trình cắt và ít nhất một quy trình xử lý bằng hơi nước có áp suất cao.

Ví dụ, một phương án lựa chọn bao gồm việc cắt nguồn sợi, tiếp đó là (các) bước sàng tùy ý và (các) bước cắt bổ sung tùy ý để tạo ra nguồn sợi đã được cắt 402, nguồn này sau đó có thể được xử lý bằng hơi nước có áp suất cao để tạo ra nguyên liệu dạng sợi 401. Tùy ý, sau quy trình xử lý bằng hơi nước có áp suất cao là quy trình phục hồi sợi để loại bỏ các chất lỏng hoặc “dịch lỏng” 404, thu được từ quy trình xử lý bằng hơi nước có áp suất cao. Nguyên liệu thu được từ việc xử lý bằng hơi nước có áp suất cao nguồn sợi đã được cắt có thể được cắt tiếp bằng (các) bước cắt bổ sung tùy ý và/hoặc (các) bước sàng tùy ý.

Theo phương pháp khác, nguyên liệu dạng sợi 401 trước tiên được xử lý bằng hơi nước có áp suất cao để tạo ra nguồn sợi đã được xử lý bằng hơi nước có áp suất cao 410. Sau đó, nguồn sợi đã được xử lý bằng hơi nước có áp suất cao thu được trải qua quy trình phục hồi sợi tùy ý để loại bỏ các chất lỏng, hoặc dịch lỏng. Sau đó, nguồn sợi đã được xử lý bằng hơi nước có áp suất cao thu được có thể được cắt để tạo ra nguyên liệu dạng sợi. Nguồn sợi đã được xử lý bằng hơi nước có áp suất cao có thể còn trải qua một hoặc các bước sàng tùy ý và/hoặc một hoặc các bước cắt bổ sung tùy ý. Quy trình cắt và xử lý bằng hơi nước có áp suất cao nguồn sợi để tạo ra nguyên liệu dạng sợi được cắt và xử lý bằng hơi nước có áp suất cao sẽ được mô tả tiếp ở dưới đây.

Nguồn sợi có thể được cắt thành các mẫu hoặc các dải hoa giấy trước khi cắt hoặc xử lý bằng hơi nước có áp suất cao. Quy trình cắt có thể được tiến hành với nguyên liệu khô (ví dụ, có nhỏ hơn 0,25% khối lượng được hấp thụ nước), hydrat

hoá, hoặc thậm chí trong khi nguyên liệu một phần hoặc hoàn toàn được làm ngập trong lỏng, như nước hoặc isopropanol. Tối ưu, nếu quy trình này có thể còn bao gồm bước làm khô sản phẩm thu được sau khi xử lý bằng hơi nước có áp suất cao hoặc cắt để cho phép thực hiện tiếp các cắt khô hoặc xử lý bằng hơi nước có áp suất cao bổ sung. Các bước cắt, sàng và xử lý bằng hơi nước có áp suất cao có thể xảy ra với sự có mặt hoặc không có mặt của các dung dịch hoá chất khác nhau.

Trong quy trình xử lý bằng hơi nước có áp suất cao, nguồn sợi hoặc nguồn sợi đã được cắt được cho tiếp xúc với hơi nước dưới áp suất cao và hơi nước khuếch tán vào các cấu trúc của nguồn sợi (ví dụ, cấu trúc lignoxenluloza). Sau đó, hơi nước ngưng tụ dưới áp suất cao nhờ đó “làm ướt” nguồn sợi. Hơi ẩm trong nguồn sợi có thể thủy phân các nhóm axetyl bất kỳ trong nguồn sợi (ví dụ, các nhóm axetyl trong các phần bán xenluloza), tạo ra axit hữu cơ như axit axetic và uronic. Axit này lại có thể xúc tác quá trình khử trùng hợp bán xenluloza, giải phóng xylan và glucan với lượng hạn chế. Nguồn sợi (hoặc nguồn sợi được cắt, v.v.) “ướt” sau đó “được cho nổ tung” khi áp suất được giải phóng. Hơi ẩm ngưng tụ bay hơi ngay do sự giảm áp đột ngột và sự giãn nở của hơi nước gây ra lực cắt lên nguồn sợi (hoặc nguồn sợi đã được cắt, v.v.). Lực cắt đủ sẽ làm phân huỷ cơ học cấu trúc bên trong (ví dụ, cấu trúc lignoxenluloza) của nguồn sợi.

Nguyên liệu dạng sợi đã được cắt và xử lý bằng hơi nước có áp suất cao sau đó được chuyển hóa thành sản phẩm hữu ích, như ethanol. Theo một số phương án, nguyên liệu dạng sợi được chuyển hóa thành nhiên liệu. Một phương pháp chuyển hoá nguyên liệu dạng sợi thành nhiên liệu là bằng cách thủy phân để tạo ra đường dễ lên men, 412, đường này sau đó được lên men để tạo ra sản phẩm. Các phương pháp đã biết và chưa biết khác để chuyển hoá nguyên liệu dạng sợi thành nhiên liệu có thể cũng được sử dụng.

Theo một số phương án, trước khi kết hợp vi sinh vật, nguyên liệu dạng sợi đã được cắt và xử lý bằng hơi nước có áp suất cao 401 được khử trùng để tiêu diệt vi sinh vật cạnh tranh bất kỳ có thể còn trên nguyên liệu dạng sợi. Ví dụ, nguyên liệu dạng sợi có thể được khử trùng bằng cách cho nguyên liệu dạng sợi chiếu xạ, như chiếu xạ hồng ngoại, chiếu tia cực tím, hoặc chiếu xạ ion hoá, như chiếu xạ gama. Vi sinh vật có thể còn bị tiêu diệt bằng cách sử dụng hoá chất sát trùng, như thuốc tẩy trắng (ví dụ, natri hypoclorit), clohexidin, hoặc etylen oxit.

Một phương pháp để thủy phân nguyên liệu dạng sợi đã được cắt và xử lý bằng hơi nước có áp suất cao là bằng cách sử dụng xenlulaza. Xenlulaza là nhóm enzym có tác dụng hiệp đồng đến quá trình thủy phân xenluloza. Accellerase3 1000 có bán trên thị trường, chứa phức hợp enzym khử sinh khối lignoxenluloza thành đường dễ lên men có thể cũng được sử dụng.

Theo hiểu biết hiện nay, các hợp phần xenlulaza bao gồm endoglucanaza, exoglucanaza (xenlobiohydrolases) và b-glucosidaza (xenlobiazas). Tác dụng hiệp đồng giữa các hợp phần xenlulaza xuất hiện khi thủy phân bởi sự kết hợp của hai hoặc nhiều hợp phần cao hơn tổng các tác dụng của từng hợp phần. Cơ chế nói chung được chấp nhận của hệ xenlulaza (cụ thể là *T. longibrachiatum*) đến xenluloza tinh thể là: endoglucanaza thủy phân liên kết nội β -1,4-glycosit của các vùng vô định hình, nhờ đó làm tăng số đầu không khử được tiếp xúc. Exoglucanaza sau đó tách các đơn vị xenlobioza ra khỏi các đầu không khử, sau đó đầu này lại được thủy phân thành từng đơn vị glucoza bằng b-glucosidaza. Có một số cấu hình của cả endo- và exo- glucanaza khác nhau về sự bố trí không gian. Nói chung, tác dụng hiệp đồng của các hợp phần trong các cấu hình khác nhau là cần thiết để thủy phân xenluloza tối ưu. Tuy nhiên, xenlulaza là dễ bị thủy phân đối với các vùng xenluloza vô định hình. Có mối quan hệ tuyến tính giữa độ kết tinh và tốc độ thủy phân, vì thế độ kết tinh cao hơn chứng tỏ tốc độ thủy phân enzym chậm hơn. Các vùng vô định hình của xenluloza thủy phân có tốc độ cao gấp hai lần so với vùng tinh thể. Việc thủy phân nguyên liệu dạng sợi đã được cắt và xử lý bằng hơi nước có áp suất cao có thể được tiến hành bằng quy trình thủy phân sinh khối bất kỳ.

Xử lý bằng hơi nước có áp suất cao đối với sinh khối đôi khi làm tạo ra sản phẩm phụ, ví dụ, các chất độc ức chế hoạt tính của vi sinh vật và enzym. Do đó, quy trình chuyển hoá nguyên liệu dạng sợi đã được cắt và đã được xử lý bằng hơi nước có áp suất cao thành nhiên liệu có thể tùy ý bao gồm bước vôi hoá quá mức trước khi lên men để kết tủa một số các chất độc. Ví dụ, độ pH của nguyên liệu dạng sợi đã được cắt và đã được xử lý bằng hơi nước có áp suất cao có thể bị tăng lên cao hơn độ pH = 10 bằng cách bổ sung canxi hydroxit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), tiếp đó là bước làm giảm độ pH tới 5 bằng cách bổ sung H_2SO_4 . Sau đó, nguyên liệu dạng sợi được vôi hoá quá mức có thể được sử dụng như vậy mà không cần loại bỏ các chất kết tủa. Như được thể hiện trên FIG.23, bước vôi hoá quá mức tùy ý xảy ra ngay trước bước

thuỷ phân nguyên liệu dạng sợi đã được cắt và đã được xử lý bằng hơi nước có áp suất cao, nhưng cũng dự định thực hiện bước vôi hoá quá mức sau bước thuỷ phân và trước khi bước lên men.

FIG.24 mô tả một ví dụ về thiết bị xử lý bằng hơi nước có áp suất cao 460. Thiết bị xử lý bằng hơi nước có áp suất cao 460 bao gồm buồng phản ứng 462, trong đó nguồn sợi và/hoặc nguyên liệu dạng sợi được đặt vào cửa vào nguồn sợi 464. Buồng phản ứng được bịt kín bằng cách đóng van cửa vào nguồn sợi 465. Buồng phản ứng còn bao gồm

cửa vào hơi nước có áp 466 bao gồm van hơi nước 467. Buồng phản ứng còn bao gồm cửa ra giảm áp gây nổ 468 bao gồm van cửa ra 469 nối thông với xyclon 470 qua ống nối 472. Khi buồng phản ứng bao gồm nguồn sợi và/hoặc được cắt nguồn sợi và được bịt kín bằng cách đóng các van 465, 467 và 469, hơi nước được phân phối vào buồng phản ứng 462 bằng cách mở van cửa vào hơi nước 467 cho phép hơi nước đi qua cửa vào hơi nước 466. Khi buồng phản ứng tăng đến nhiệt độ đích, quá trình này có thể mất khoảng 20 - 60 giây, thời gian giữ bắt đầu. Nhiệt độ phản ứng được giữ ở nhiệt độ đích trong thời gian giữ mong muốn, quá trình này thường kéo dài từ khoảng 10 giây tới 5 phút. Kết thúc khoảng thời gian giữ, van cửa ra mở để cho phép quá trình giảm áp gây nổ xảy ra. Quy trình giảm áp gây nổ đẩy các chất trong buồng phản ứng 462 ra khỏi cửa ra giảm áp gây nổ 468, qua ống nối 472 và vào xyclon 470. Nguồn sợi hoặc nguyên liệu dạng sợi đã được xử lý bằng hơi nước có áp suất cao sau đó đi ra khỏi xyclon dưới dạng bùn cặn vào thùng gom 474 sao cho hơi nước còn lại ra khỏi xyclon đi vào khí quyển qua cửa thông gió 476. Thiết bị xử lý bằng hơi nước có áp suất cao còn bao gồm cửa ra rửa 478 với van cửa ra rửa 479 nối thông với ống nối 472. Van cửa ra rửa 479 được đóng kín trong khi sử dụng thiết bị xử lý bằng hơi nước có áp suất cao 460 để xử lý bằng hơi nước có áp suất cao, nhưng được mở trong khi rửa buồng phản ứng 462. Tốt hơn, nếu nhiệt độ đích của buồng phản ứng 462 nằm trong khoảng từ 180 tới 240 độ C hoặc nằm trong khoảng từ 200 tới 220 độ C. Tốt hơn, nếu thời gian giữ nằm trong khoảng từ 10 giây tới 30 phút, hoặc nằm trong khoảng từ 30 giây tới 10 phút, hoặc nằm trong khoảng từ 1 phút tới 5 phút.

Vì quy trình xử lý bằng hơi nước có áp suất cao tạo ra bùn cặn của nguyên liệu dạng sợi được xử lý bằng hơi nước có áp suất cao, nên nguyên liệu dạng sợi

được xử lý bằng hơi nước có áp suất cao có thể tùy ý bao gồm quy trình phục hồi sợi, trong đó “dịch lỏng” được tách ra khỏi nguyên liệu dạng sợi được xử lý bằng hơi nước có áp suất cao. Bước phục hồi sợi này là có lợi bởi vì nó cho phép có thể thực hiện quy trình cắt và/hoặc sàng tiếp và có thể cho phép chuyển hóa nguyên liệu dạng sợi thành nhiên liệu. Quy trình phục hồi sợi xảy ra thông qua việc sử dụng vải lưới để tách các sợi ra khỏi dịch lỏng. Các quy trình làm khô tiếp theo có thể còn bao gồm việc xử lý nguyên liệu dạng sợi hoặc nguồn sợi đã được xử lý bằng hơi nước có áp suất cao để xử lý tiếp theo.

Kỹ thuật xử lý bất kỳ đã được mô tả trong bản mô tả này có thể được sử dụng ở áp suất cao hơn hoặc thấp hơn áp suất khí. Ví dụ, quy trình bất kỳ sử dụng việc chiếu xạ, siêu âm, oxy hóa, nhiệt phân, xử lý bằng hơi nước có áp suất cao, hoặc quy trình kết hợp bất kỳ trong số các quy trình này để tạo ra nguyên liệu chứa hydrat cacbon có thể được tiến hành dưới áp suất cao, có thể làm tăng tốc độ phản ứng. Ví dụ, quy trình hoặc quy trình kết hợp bất kỳ có thể được tiến hành ở áp suất cao hơn khoảng 25 MPa, ví dụ, lớn hơn 50 MPa, 75 MPa, 100 MPa, 150 MPa, 200 MPa, 250 MPa, 350 MPa, 500 MPa, 750 MPa, 1.000 MPa, hoặc lớn hơn 1.500 MPa.

Kết hợp các thiết bị chiếu xạ, siêu âm và oxy hoá

Theo một số phương án, có thể có lợi nếu kết hợp hai hoặc nhiều thiết bị chiếu xạ, siêu âm, nhiệt phân và/hoặc oxy hóa riêng biệt thành một thiết bị kết hợp duy nhất. Đối với thiết bị như vậy, nhiều quy trình có thể được tiến hành sát nhau hoặc thậm chí đồng thời, với lợi ích là làm tăng năng suất xử lý sơ bộ và tiết kiệm chi phí.

Ví dụ, xét quy trình chiếu xạ bằng chùm tia điện tử và siêu âm. Mỗi quy trình riêng biệt là có hiệu quả trong việc làm giảm trọng lượng phân tử trung bình của nguyên liệu xenluloza theo trình tự về độ lớn và theo một số trình tự về độ lớn khi được tiến hành theo dãy.

Cả quy trình chiếu xạ và siêu âm có thể được áp dụng bằng cách sử dụng thiết bị kết hợp chùm tia điện tử /siêu âm như được minh họa trên FIG.25. Thiết bị kết hợp chùm tia điện tử /siêu âm 2500 được vẽ trên bề nông (sâu ~ 3-5 cm) chứa huyền phù đặc của nguyên liệu xenluloza 2550 được phân tán trong môi trường

nước chứa chất oxy hóa như hydro peroxit hoặc carbamit peroxit. Thiết bị kết hợp 2500 có nguồn năng lượng 2510, which powers both nguồn phát ra chùm tia điện tử 2540 và các đầu phóng siêu âm 2530.

Nguồn phát ra chùm tia điện tử 2540 tạo ra chùm tia điện tử đi qua thiết bị định hướng chùm tia điện tử 2545 để tác động đến huyền phù 2550 chứa nguyên liệu xenluloza. Thiết bị định hướng chùm tia điện tử có thể là bộ quét quét chùm qua một khoảng tới 6 mét theo hướng gần song song với bề mặt của huyền phù đặc 2550.

Ở một phía của nguồn phát ra chùm tia điện tử 2540 là đầu phóng siêu âm 2530, đầu này phân phối năng lượng sóng siêu âm tới huyền phù 2550. Các đầu phóng siêu âm 2530 kết thúc ở đầu tận cùng có thể tháo được 2535 tiếp xúc với huyền phù 2550.

Các đầu phóng siêu âm 2530 có nguy cơ bị hỏng do tiếp xúc với chùm tia điện tử chiếu xạ trong thời gian dài. Do vậy, các đầu phóng này có thể được bảo vệ bằng tấm chắn tiêu chuẩn 2520, ví dụ, được làm bằng chì hoặc hợp kim chứa kim loại nặng như kim loại Lipowitz, không cho chùm tia điện tử chiếu qua. Tuy nhiên, cần phải đề phòng, để đảm bảo rằng năng lượng siêu âm không bị tác động nhờ sự có mặt của tấm chắn này. Các đầu tận cùng có thể tháo được 2535, được làm bằng cùng một nguyên liệu và được gắn vào đầu phóng 2530, được sử dụng để tiếp xúc với nguyên liệu xenluloza 2550 và được cho rằng sẽ bị tổn hại. Do đó, các đầu tận cùng có thể tháo được 2535 có cấu trúc để có thể thay thế một cách dễ dàng.

Lợi ích tiếp theo của quy trình chùm tia điện tử và siêu âm đồng thời là ở chỗ hai quy trình này có hiệu quả bổ trợ. Với một mình việc chiếu xạ bằng chùm tia điện tử, liều lượng không đủ có thể tạo ra sự liên kết ngang một số polyme trong nguyên liệu xenluloza, điều này làm giảm hiệu quả của quy trình khử trùng hợp chung. Liều lượng chiếu xạ bằng chùm tia điện tử và/hoặc siêu âm thấp hơn có thể còn được sử dụng để đạt được mức độ khử trùng hợp tương tự với mức độ đạt được bằng cách sử dụng chiếu xạ bằng chùm tia điện tử và siêu âm một cách riêng rẽ.

Thiết bị chùm tia điện tử có thể còn được kết hợp với một hoặc nhiều thiết bị rôto-stato cao tần, có thể được sử dụng làm một thiết bị tạo năng lượng siêu âm lựa chọn khác và thực hiện chức năng tương tự.

Các kết hợp thiết bị tiếp theo là cũng cso thể. Ví dụ, thiết bị chiếu xạ ion hoá tạo ra chiếu xạ gama phát ra từ, ví dụ, các viên ^{60}Co , có thể được kết hợp với nguồn chùm tia điện tử và/hoặc nguồn sóng siêu âm. Trong trường hợp này, các yêu cầu che chắn bảo vệ có thể là nghiêm ngặt hơn.

Thiết bị chiếu xạ để xử lý sơ bộ sinh khối đã được nêu ở trên đây có thể còn được kết hợp với một hoặc nhiều thiết bị thực hiện một hoặc nhiều trình tự xử lý nhiệt phân. Kết hợp như vậy có thể còn có lợi về năng suất cao hơn. Tuy nhiên, cần phải chú ý, nếu có thể có các yêu cầu trái ngược giữa một số quy trình chiếu xạ và nhiệt phân. Ví dụ, thiết bị chiếu xạ siêu âm có thể đòi hỏi nguyên liệu phải được ngâm trong môi trường oxy hoá lỏng. Mặt khác, như nêu trên, có thể có lợi nếu mẫu nguyên liệu được nhiệt phân có hàm lượng ẩm cụ thể. Trong trường hợp này, hệ thống mới đo và theo dõi một cách tự động về hàm lượng ẩm cụ thể và điều chỉnh nó. Hơn nữa, một số hoặc tất cả các thiết bị trên, nhất là nhiệt phân thiết bị, có thể được kết hợp với thiết bị oxy hóa như nêu trên.

Quy trình xử lý sơ bộ

Quy trình lên men

Nói chung, các vi sinh vật khác nhau có thể tạo ra một số sản phẩm hữu ích, như nhiên liệu, bằng cách tiến hành, ví dụ, lên men nguyên liệu sinh khối đã được xử lý sơ bộ. Ví dụ, rượu, axit hữu cơ, hydrocacbon, hydro, các protein hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng có thể được tạo ra bằng quy trình lên men hoặc các quy trình khác.

Vi sinh vật có thể là vi sinh vật tự nhiên hoặc vi sinh vật được tạo ra bằng kỹ thuật di truyền. Ví dụ, vi sinh vật có thể là vi khuẩn, ví dụ, vi khuẩn thủy phân xenluloza, nấm, ví dụ, nấm men, thực vật hoặc sinh vật đơn bào, ví dụ, tảo, động vật nguyên sinh hoặc sinh vật đơn bào như nấm, ví dụ, nấm mốc nhót. Khi các vi sinh vật là tương hợp với nhau, thì hỗn hợp chứa các vi sinh vật có thể được sử dụng.

Để trợ giúp cho việc phân huỷ các nguyên liệu chứa xenluloza, một hoặc nhiều enzym, ví dụ, enzym thủy phân xenluloza có thể được sử dụng. Theo một số phương án, các nguyên liệu chứa xenluloza trước tiên được xử lý bằng enzym, ví dụ, bằng cách kết hợp nguyên liệu với enzym trong dung dịch nước. Sau đó, nguyên liệu này có thể được kết hợp với vi sinh vật. Theo phương án khác, các nguyên liệu

chứa xenluloza, một hoặc nhiều enzym và vi sinh vật được kết hợp đồng thời, ví dụ, bằng cách kết hợp trong dung dịch nước.

Ngoài ra, để trợ giúp cho việc phân huỷ các nguyên liệu chứa xenluloza, các nguyên liệu có thể được xử lý sau chiếu xạ bằng nhiệt, hoá học (ví dụ, axit, bazơ vô cơ hoặc chất oxy hoá mạnh như natri hypoclorit) và/hoặc enzym.

Trong quá trình lên men, đường được giải phóng từ việc thuỷ phân xenluloza hoặc bước đường hoá, được lên men thành, ví dụ, etanol, bằng cách vi sinh vật lên men như nấm men. Các vi sinh vật lên men thích hợp có khả năng chuyển hoá hydrat cacbon, như glucoza, xyloza, arabimnoza, mannoza, galactoza, oligosacarit hoặc polysacarit thành các sản phẩm lên men. Vi sinh vật lên men bao gồm chủng thuộc giống *Sacchromyces spp.* Ví dụ, *Sacchromyces cerevisiae* (nấm men bánh mỳ), *Saccharomyces distaticus*, *Saccharomyces uvarum*; giống *Kluyveromyces*, ví dụ, các loài *Kluyveromyces marxianus*, *Kluyveromyces fragilis*; giống *Candida*, ví dụ, *Candida pseudotropicalis* và *Candida brassicae*, giống *Clavispora*, ví dụ, các loài *Clavispora lusitaniae* và *Clavispora opuntiae* giống *Pachysolen*, ví dụ, các loài *Pachysolen tannophilus*, giống *Bretannomyces*, ví dụ, các loài *Bretannomyces clausenii* (Philippidis, G. P., 1996, Cellulose bioconversion technology, in Handbook on Bioethanol: Production and Utilization, Wyman, C.E., ed., Taylor & Francis, Washington, DC, 179-212).

Nấm men có bán trên thị trường bao gồm, ví dụ, Red Star[®]/Lesaffre Ethanol Red (sẵn có ở Red Star/Lesaffre, USA) FALI[®] (sẵn có ở Fleischmann's Yeast, a division of Burns Philip Thực phẩm Inc., USA), SUPERSTART[®] (sẵn có ở Alltech), GERT STRAND[®] (sẵn có ở Gert Strand AB, Sweden) và FERMOL[®] (sẵn có ở DSM Specialties).

Vi khuẩn có thể lên men sinh khối thành etanol và các sản phẩm khác bao gồm, ví dụ, *Zymomonas mobilis* và *Clostridium thermocellum* (Philippidis, 1996, *supra*). Leschine và các đồng tác giả (*International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2002, **52**, 1155-1160) đã phân lập được vi khuẩn thuỷ phân xenluloza ưa nhiệt độ trung bình kỵ khí từ đất rừng, *Clostridium phytofermentans* sp. nov., chúng chuyển hoá xenluloza thành etanol.

Quá trình lên men sinh khối thành etanol và các sản phẩm khác có thể được tiến hành bằng cách sử dụng một số loại vi sinh vật ưa nhiệt hoặc được tạo ra bằng

kỹ thuật di truyền, các loài *Thermoanaerobacter* như vậy bao gồm *T. mathranii* và các loài nấm men như các loài *Pichia*. Ví dụ về chủng của *T. mathranii* là A3M4 được mô tả trong Sonne-Hansen et al. (*Applied Microbiology and Biotechnology* 1993, **38**, 537-541) or Ahring et al. (*Arch. Microbiol.* 1997, **168**, 114-119).

Nấm men và vi khuẩn *Zymomonas* có thể được sử dụng để lên men hoặc chuyển hoá. Độ pH tối ưu đối với nấm men là nằm trong khoảng từ pH 4 tới 5, trong khi độ pH tối ưu đối với *Zymomonas* là nằm trong khoảng từ pH 5 tới 6. Thời gian lên men thông thường là nằm trong khoảng từ 24 tới 96 giờ với nhiệt độ nằm trong khoảng từ 26 °C tới 40 °C, tuy nhiên vi sinh vật ưa nhiệt ưa nhiệt độ cao hơn.

Các enzym phá vỡ sinh khối, như xenluloza, để làm giảm trọng lượng phân tử nguyên liệu chứa hydrat cacbon, như glucoza, trong quá trình đường hoá được gọi là enzym thủy phân xenluloza hoặc xenlulaza. Những enzym này có thể là phức hợp của enzym có tác dụng hiệp đồng đến việc làm thoái biến xenluloza tinh thể. Ví dụ về enzym thủy phân xenluloza bao gồm: endoglucanaza, xenlobiohydrolaza và xenlobiaza (β -glucosidaza). Chất nền xenluloza ban đầu được thủy phân bằng endoglucanaza ở các vị trí ngẫu nhiên tạo ra các hợp chất trung gian oligome. Sau đó, các hợp chất trung gian này là các chất nền để phân chia trước glucanaza như xenlobiohydrolaza để tạo ra xenlobioza từ các đầu mạch của polyme xenluloza. Xenlobioza là đime được liên kết tại vị trí β -1,4 tan trong nước của glucoza. Cuối cùng, xenlobiaza phân giải xenlobioza để tạo ra glucoza.

Xenlulaza có khả năng phân huỷ sinh khối và có thể có nguồn gốc từ nấm hoặc vi khuẩn. Enzym thích hợp bao gồm xenlulaza từ các giống *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Humicola*, *Fusarium*, *Thielavia*, *Acremonium*, *Chrysosporium* và *Trichoderma* và bao gồm các loài *Humicola*, *Coprinus*, *Thielavia*, *Fusarium*, *Myceliophthora*, *Acremonium*, *Cephalosporium*, *Scytalidium*, *Penicillium* hoặc *Aspergillus* (Xem, ví dụ, EP 458162), nhất là các loài được tạo ra từ chủng được chọn từ các loài *Humicola thermophilum* (được phân loại lại là *Scytalidium thermophilum*, xem, ví dụ, Patent Mỹ số 4,435,307), *Coprinus cinereus*, *Fusarium oxysporum*, *Myceliophthora thermophila*, *Meripilus giganteus*, *Thielavia terrestris*, *Acremonium* sp., *Acremonium persicinum*, *Acremonium acremonium*, *Acremonium brachypenium*, *Acremonium dichromosporum*, *Acremonium obclavatum*, *Acremonium pinkertoniae*, *Acremonium roseogriseum*, *Acremonium incoloratum* và

Acremonium furatum; tốt hơn là từ các loài *Humicola insolans* DSM 1800, *Fusarium oxysporum* DSM 2672, *Myceliophthora thermophila* CBS 117.65, *Cephalosporium* sp. RYM-202, *Acremonium* sp. CBS 478.94, *Acremonium* sp. CBS 265.95, *Acremonium persicinum* CBS 169.65, *Acremonium acremonium* AHU 9519, *Cephalosporium* sp. CBS 535.71, *Acremonium brachyphenium* CBS 866.73, *Acremonium dichromosporum* CBS 683.73, *Acremonium obclavatum* CBS 311.74, *Acremonium pinkertoniae* CBS 157.70, *Acremonium roseogriseum* CBS 134.56, *Acremonium incoloratum* CBS 146.62 và *Acremonium furatum* CBS 299.70H. Enzym thuỷ phân xenluloza có thể còn thu được từ *Chrysosporium*, tốt hơn là chủng *Chrysosporium lucknowense*. Ngoài ra, *Trichoderma* (cụ thể là *Trichoderma viride*, *Trichoderma reesei* và *Trichoderma koningii*), alkalophilic *Bacillus* (Xem, ví dụ, Patent Mỹ số 3,844,890 và EP 458162) và *Streptomyces* (Xem, ví dụ, EP 458162) có thể được sử dụng.

Vi khuẩn thuỷ phân xenluloza kỵ khí cũng được phân lập từ đất, ví dụ, các loài làm thuỷ phân xenluloza mới *Clostridium*, *Clostridium phytofermentans* sp. nov. (xem Leschine et. al, *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* (2002), 52, 1155-1160).

Công nghệ tái tổ hợp sử dụng enzym thuỷ phân xenluloza có thể còn được sử dụng (Xem, ví dụ, WO 2007/071818 và WO 2006/110891). Enzym thuỷ phân xenluloza được sử dụng có thể được tạo ra bằng cách lên men các chủng vi sinh vật trong môi trường dinh dưỡng chứa các nguồn cacbon và nitơ và muối vô cơ thích hợp sử dụng các phương pháp đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật này (Xem, ví dụ, Bennett, J.W. and LaSure, L. (eds.), *More Gene Manipulations in Fungi*, Academic Press, CA 1991). Các môi trường thích hợp là sẵn có từ các nguồn cung cấp thương mại hoặc có thể được điều chế theo các ấn phẩm đã được công bố (ví dụ, trong tập American Type Culture Collection). Khoảng nhiệt độ và các điều kiện thích hợp khác cho việc sinh trưởng và sản xuất xenlulaza là đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật này (Xem, ví dụ, Bailey, J.E. và Ollis, D.F., *Biochemical Engineering Fundamentals*, McGraw-Hill Book Company, NY, 1986).

Việc xử lý xenluloza bằng xenlulaza thường được tiến hành ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 30 °C tới 65 °C. Xenlulaza hoạt động với độ pH nằm trong khoảng từ 3 tới 7. Bước đường hoá có thể kéo dài tới 120 giờ. Liều lượng enzym xenlulaza

này đạt được mức độ chuyển hoá xenluloza đủ cao. Ví dụ, liều lượng xenlulaza thích hợp thường nằm trong khoảng từ 5,0 tới 50 đơn vị giấy lọc (FPU hoặc IU) cho một gam xenluloza. FPU là đơn vị đo chuẩn và được xác định và đo theo Ghose (1987, Pure and Appl. Chem. 59:257-268).

Quy trình khí hoá

Ngoài việc sử dụng phương pháp nhiệt phân để xử lý sơ bộ nguyên liệu, quá trình nhiệt phân có thể còn được sử dụng để chế biến nguyên liệu đã được xử lý sơ bộ để chiết nguyên liệu hữu ích. Cụ thể, một phương pháp nhiệt phân đã biết là khí hoá có thể được sử dụng để tạo ra các chất khí nhiên liệu cùng với các sản phẩm khí, lỏng và rắn khác. Để tiến hành quy trình khí hoá, nguyên liệu đã được xử lý sơ bộ được đưa vào buồng nhiệt phân và được đốt nóng tới nhiệt độ cao, thường bằng 700°C hoặc cao hơn. Nhiệt độ được sử dụng tùy thuộc vào số các yếu tố, bao gồm bản chất của nguyên liệu và sản phẩm mong muốn.

Lượng oxy (ví dụ, dưới dạng khí oxy tinh khiết và/hoặc dưới dạng không khí) và hơi nước (ví dụ, hơi nước được đun quá nhiệt) cũng được bổ sung vào buồng nhiệt phân để tạo điều kiện thuận lợi quy trình khí hoá. Các hợp chất này phản ứng với nguyên liệu chứa cacbon trong phản ứng các bước để tạo ra hỗn hợp khí được gọi là khí tổng hợp (hoặc “syngas”). Về cơ bản, trong quy trình khí hoá, lượng hạn chế oxy được đưa vào buồng nhiệt phân để cho phép một số nguyên liệu đốt cháy để tạo ra cacbon monoxit và tạo ra nhiệt quy trình. Sau đó, nhiệt quy trình có thể được sử dụng để xúc tiến phản ứng thứ hai chuyển hoá nguyên liệu bổ sung thành hydro và cacbon monoxit.

Ở bước thứ nhất của phản ứng chung, việc đốt nóng nguyên liệu làm tạo ra than có thể chứa nhiều gốc trên cơ sở hydrocacbon khác nhau. Một số chất dễ bay hơi có thể được tạo ra (ví dụ, một số hợp chất hydrocacbon khí), dẫn đến việc làm giảm tổng trọng lượng của nguyên liệu. Sau đó, ở bước thứ hai của phản ứng, Một số chất dễ bay hơi được tạo ra ở bước thứ nhất phản ứng với oxy trong phản ứng đốt cháy để tạo ra cả cacbon monoxit và cacbon đioxit. Phản ứng đốt cháy giải phóng nhiệt, thúc đẩy bước thứ ba của phản ứng. Ở bước thứ ba, cacbon đioxit và hơi nước (ví dụ, nước) phản ứng với than được tạo ra ở bước thứ nhất để tạo ra cacbon monoxit và khí hydro. Cacbon monoxit có thể còn phản ứng với hơi nước,

trong phản ứng chuyển dịch từ khí vào nước, để tạo ra cacbon đioxit và tiếp theo khí hydro.

Quy trình khí hoá có thể được sử dụng làm xử lý sơ cấp để tạo ra sản phẩm trực tiếp từ nguyên liệu đã được xử lý sơ bộ để vận chuyển và/hoặc bán sau đó, chẳng hạn. Theo cách khác, hoặc ngoài ra, quy trình khí hoá có thể được sử dụng làm quy trình để tạo ra nhiên liệu cho toàn hệ thống xử lý. Khí tổng hợp giàu hydro được tạo ra từ quy trình khí hoá có thể được đốt, ví dụ, để tạo ra điện và/hoặc nhiệt quy trình có thể được trực tiếp sử dụng ở các nơi khác trong hệ thống xử lý. Do đó, toàn hệ thống xử lý có thể ít nhất một phần tự duy trì. Một số sản phẩm khác, bao gồm các dầu và các chất khí trên cơ sở hydrocarbon nhiệt phân, có thể còn thu được trong khi và/hoặc sau khi khí hoá; chúng có thể được tách và được cất giữ hoặc được vận chuyển nếu muốn.

Nhiều buồng nhiệt phân khác nhau là thích hợp đối với việc khí hoá nguyên liệu đã được xử lý sơ bộ, bao gồm buồng nhiệt phân được bộc lộ trong bản mô tả này. Cụ thể, thiết bị phản ứng hệ tầng sôi thông, trong đó nguyên liệu đã được xử lý sơ bộ được hoá lỏng trong hơi nước và oxy/không khí, tạo ra năng suất tương đối cao và sự thu hồi sản phẩm không phức tạp. Than rắn còn lại sau quy trình khí hoá trong hệ tầng sôi (hoặc trong buồng nhiệt phân khác) có thể được đốt cháy để tạo ra nhiệt quy trình bổ sung để thúc đẩy các phản ứng khí hoá tiếp sau.

Quy trình sau xử lý

Chưng cất

Sau khi lên men, các chất lỏng thu được có thể được chưng cất bằng cách sử dụng, ví dụ, “cột bia” để tách etanol và các rượu khác ra khỏi phần lớn nước và các chất rắn còn lại. Hơi thoát ra khỏi cột bia có thể chứa etanol với lượng là 35% trọng lượng và được cấp vào cột cất lại. Hỗn hợp chứa etanol và nước gần đẳng phí (92,5%) từ cột cất lại này có thể được tinh chế thành etanol tinh khiết (99,5%) bằng cách sử dụng các sàng phân tử pha hơi. Sản phẩm ở đáy cột bia có thể được cho thực hiện tác dụng thứ nhất của thiết bị làm bay hơi ba tác dụng. Thiết bị ngưng tụ hồi lưu trong cột cất lại có thể tạo ra nhiệt cho tác dụng thứ nhất này. Sau khi thực hiện tác dụng thứ nhất, các rắn có thể được tách bằng thiết bị ly tâm và được làm

khô bằng thiết bị sấy quay. Một phần thoát ra khỏi thiết bị ly tâm (25%) có thể được tái tuần hoàn để lên men và phần còn lại được cho thực hiện các tác dụng thứ hai và thứ ba của thiết bị làm bay hơi. Hầu hết phần ngưng của thiết bị làm bay hơi có thể được cho quay trở lại quy trình khi phần ngưng khá sạch với một phần nhỏ tách ra tới bước xử lý nước thải để ngăn ngừa sự tích tụ của các hợp chất có độ sôi thấp.

Quy trình xử lý nước thải

Quy trình xử lý nước thải được sử dụng để làm giảm đến mức tối thiểu các nhu cầu nước bổ sung của thiết bị bằng cách xử lý nước quy trình để tái sử dụng trong thiết bị. Việc xử lý nước thải có thể còn tạo ra nhiên liệu (ví dụ, bùn cặn và biôga) có thể được sử dụng để cải thiện tổng hiệu suất của quy trình sản xuất etanol. Ví dụ, như được mô tả một cách chi tiết hơn dưới đây, bùn cặn và biôga có thể được sử dụng để tạo ra hơi nước và điện có thể được sử dụng trong nhiều quy trình thiết bị khác nhau.

Nước thải ban đầu được bơm qua sàng (ví dụ, lưới thép) để loại bỏ các hạt to, các hạt này được thu gom trong phễu. Theo một số phương án, các hạt to được đưa tới nơi chôn chắt thải. Ngoài ra, hoặc theo cách khác, các hạt to được đốt cháy để tạo ra hơi nước và/hoặc điện như được mô tả một cách chi tiết hơn dưới đây. Nói chung, khoảng cách trên lưới thép là nằm trong khoảng từ 1/4 inso tới 1 inso (ví dụ 1/2 inso).

Nước thải sau đó chảy vào thùng làm cân bằng, trong đó nồng độ hữu cơ của nước thải được làm cân bằng trong khoảng thời gian lưu. Nói chung, thời gian lưu là nằm trong khoảng từ 8 giờ tới 36 giờ (ví dụ 24 giờ). Thiết bị khuấy được bố trí trong thùng để khuấy các chất trong thùng. Theo một số phương án, nhiều thiết bị khuấy được bố trí trong thùng được sử dụng để khuấy các chất trong thùng. Theo một số phương án, thiết bị khuấy về cơ bản là khuấy trộn các chất thùng làm cân bằng sao cho các điều kiện (ví dụ, nồng độ và nhiệt độ nước thải) trong toàn thùng là đồng đều.

Bơm thứ nhất đưa nước từ thùng làm cân bằng tới thiết bị trao đổi nhiệt lỏng tới lỏng. Thiết bị trao đổi nhiệt được kiểm soát (ví dụ, bằng cách kiểm soát tốc độ chảy của chất lỏng qua thiết bị trao đổi nhiệt) sao cho nước thải đi ra khỏi thiết bị trao đổi nhiệt ở nhiệt độ mong muốn đối với việc xử lý kỵ khí. Ví dụ, nhiệt độ mong muốn đối với xử lý kỵ khí có thể nằm trong khoảng từ 40 °C tới 60 °C.

Sau khi đi ra khỏi thiết bị trao đổi nhiệt, nước thải đi vào một hoặc nhiều thiết bị phản ứng kỵ khí. Theo một số phương án, nồng độ của bùn cặn trong mỗi thiết bị phản ứng kỵ khí là như nồng độ tổng cộng của bùn cặn trong nước thải. Theo phương án khác, thiết bị phản ứng kỵ khí có nồng độ bùn cặn cao hơn so với nồng độ tổng cộng của bùn cặn trong nước thải.

Dung dịch dinh dưỡng chứa nitơ và phospho được định mức cho vào mỗi thiết bị phản ứng kỵ khí chứa nước thải. Dung dịch dinh dưỡng này phản ứng với cặn bám trong thiết bị phản ứng kỵ khí để tạo ra biôga, chất này có thể chứa 50% metan và có nhiệt trị xấp xỉ 12.000 đơn vị nhiệt lượng Anh, hoặc Btu, cho mỗi pao). Biôga ra khỏi mỗi thiết bị phản ứng kỵ khí qua cửa thông gió và chảy vào bộ phận phân phối, trong đó nhiều dòng biôga được kết hợp thành một dòng. Máy nén đưa dòng biôga tới nồi hơi hoặc động cơ đốt trong như được mô tả một cách chi tiết hơn dưới đây. Theo một số phương án, máy nén cũng đưa dòng biôga này đi qua chất xúc tác khử lưu huỳnh. Ngoài ra, hoặc theo cách khác, máy nén có thể đưa dòng biôga này đi qua bể lắng.

Bơm thứ hai đưa dòng thải kỵ khí từ thiết bị phản ứng kỵ khí tới một hoặc nhiều thiết bị phản ứng hiếu khí (ví dụ, thiết bị phản ứng bùn cặn được làm hoạt hóa). Máy sục khí được bố trí trong mỗi thiết bị phản ứng hiếu khí để trộn dòng thải kỵ khí, bùn cặn, oxy (ví dụ, oxy có trong không khí). Trong mỗi thiết bị phản ứng hiếu khí, việc oxy hóa chất liệu xộp trong dòng thải kỵ khí làm tạo ra cacbon đioxit, nước và amoniac.

Dòng thải hiếu khí chuyển động (ví dụ, nhờ trọng lực) tới thiết bị tách, ở đó bùn cặn được tách ra khỏi nước đã được xử lý. Một số cặn bám được cho quay trở lại một hoặc nhiều thiết bị phản ứng hiếu khí để tạo ra bùn cặn với nồng độ cao trong thiết bị phản ứng hiếu khí, nhờ đó tạo điều kiện thuận lợi cho việc phân hủy hiếu khí của chất liệu xộp trong nước thải. Băng chuyền vận chuyển bùn cặn dư ra khỏi thiết bị tách. Như được mô tả một cách chi tiết hơn dưới đây, bùn cặn dư được sử dụng làm nhiên liệu để tạo ra hơi nước và/hoặc điện.

Nước đã được xử lý được bơm từ thiết bị tách tới thùng lắng. Các chất rắn được phân tán trong nước đã được xử lý lắng xuống đáy thùng lắng và sau đó được loại bỏ. Sau khoảng thời gian lắng, nước đã được xử lý được bơm từ thùng lắng tới thiết bị lọc tinh để loại bỏ chất rắn bổ sung bất kỳ còn lại trong nước. Theo một số

phương án, clo được bổ sung vào nước đã được xử lý để tiêu diệt vi khuẩn gây bệnh. Theo một số phương án, một hoặc nhiều kỹ thuật tách vật lý-hoá học được sử dụng để tinh chế tiếp nước đã được xử lý. Ví dụ, nước đã được xử lý có thể được bơm vào thiết bị phản ứng hấp phụ cacbon. Để làm ví dụ khác, nước đã được xử lý có thể được bơm vào thiết bị phản ứng thẩm thấu ngược.

Quy trình đốt cháy chất thải

Quy trình sản xuất rượu từ sinh khối có thể dẫn đến việc sản xuất các dòng sản phẩm phụ hữu ích khác nhau để tạo ra hơi nước và điện để sử dụng trong các bộ phận khác của thiết bị. Ví dụ, hơi nước được tạo ra từ việc đốt cháy các dòng sản phẩm phụ có thể được sử dụng trong quy trình chưng cất. Để làm ví dụ khác, điện được tạo ra từ việc đốt cháy các dòng sản phẩm phụ có thể được sử dụng để cung cấp cho máy phát chùm tia điện tử và bộ chuyển đổi siêu âm được sử dụng trong xử lý sơ bộ.

Các sản phẩm phụ được sử dụng để tạo ra hơi nước và điện thu được từ một số nguồn trong quy trình. Ví dụ, việc phân giải kỵ khí nước thải tạo ra biôga với hàm lượng metan cao và lượng nhỏ sinh khối chất thải (bùn cặn). Để làm ví dụ khác, các chất rắn sau chưng cất (ví dụ, lignin, xenluloza và bán xenluloza không chuyển hóa vẫn còn từ các quy trình xử lý sơ bộ) có thể được sử dụng làm nhiên liệu.

Biôga được trích ra tới động cơ đốt trong được nối với máy phát điện để tạo ra điện. Ví dụ, biôga có thể được sử dụng làm nguồn nhiên liệu cho động cơ khí thiên nhiên được mồi bằng tia lửa. Để làm ví dụ khác, biôga có thể được sử dụng làm nguồn nhiên liệu cho động cơ khí thiên nhiên phun trực tiếp. Để làm ví dụ khác, biôga có thể được sử dụng làm nguồn nhiên liệu cho tuabin đốt. Ngoài ra, hoặc theo cách khác, động cơ đốt trong có thể được cấu tạo trong cấu hình đồng phát. Ví dụ, nhiệt thải từ động cơ đốt trong có thể được sử dụng để tạo ra nước nóng hoặc hơi nước trong thiết bị.

Cặn bám và các chất rắn sau chưng cất được đốt cháy để đun nóng nước chảy qua thiết bị trao đổi nhiệt. Theo một số phương án, nước chảy qua thiết bị trao đổi nhiệt được làm bay hơi và được đun quá nhiệt thành hơi nước. Theo một số phương án, hơi nước được sử dụng trong xử lý sơ bộ và trong trao đổi nhiệt trong các quy trình chưng cất và làm bay hơi. Ngoài ra, hoặc theo cách khác, hơi nước

giãn nở để cung cấp tuabin hơi nước nhiều giai đoạn được nối với máy phát điện. Hơi nước thoát ra khỏi tuabin hơi nước được ngưng tụ cùng với nước làm nguội và được cho quay trở lại thiết bị trao đổi nhiệt để đun nóng lại thành hơi nước. Theo một số phương án, tốc độ chảy của nước qua thiết bị trao đổi nhiệt được kiểm soát để thu được sản phẩm điện đích đi ra khỏi tuabin hơi nước được nối với máy phát điện. Ví dụ, nước có thể được bổ sung vào thiết bị trao đổi nhiệt để đảm bảo rằng tuabin hơi nước là mở trên điều kiện ngưỡng (ví dụ, tuabin quay nhanh đủ để chạy máy phát điện).

Mặc dù trên đây mô tả một số phương án, nhưng các phương án khác đều có thể thực hiện được.

Để làm ví dụ, trong khi biôga được mô tả là được trích ra tới động cơ đốt trong được nối với máy phát điện, theo một số phương án, biôga có thể được cho đi qua thiết bị tái tạo nhiên liệu để tạo ra hydro. Sau đó hydro được chuyển hóa thành điện qua pin nhiên liệu.

Để làm ví dụ khác, trong khi biôga được mô tả là được đốt cháy, ngoài cặn bám và các chất rắn sau chưng cất, theo một số phương án, tất cả các sản phẩm phụ thải bỏ có thể được đốt cháy cùng với nhau để tạo ra hơi nước.

Các sản phẩm/đồng sản phẩm

Rượu

Rượu được tạo ra có thể là rượu đơn chức, ví dụ, etanol, hoặc rượu đa chức, ví dụ, etylen glycol hoặc glyxerin. Ví dụ về các rượu có thể được tạo ra bao gồm metanol, etanol, propanol, isopropanol, butanol, ví dụ, n-, sec- hoặc t-butanol, etylen glycol, propylen glycol, 1, 4-butan diol, glyxerin hoặc hỗn hợp của chúng.

Mỗi loại rượu được tạo ra từ nhà máy có giá trị thương mại như là nguyên liệu công nghiệp. Ví dụ, etanol có thể được sử dụng trong sản xuất sơn vecni và nước hoa. Để làm ví dụ khác, metanol có thể được sử dụng làm dung môi được dùng làm hợp phần trong dung dịch rửa kính chắn gió. Để làm ví dụ khác, butanol có thể được sử dụng trong chất dẻo hoá, nhựa, sơn và các chất lỏng cho phanh.

Bioetanol được tạo ra từ nhà máy có giá trị như một thành phần được sử dụng trong công nghiệp thực phẩm và đồ uống. Ví dụ, etanol được tạo ra từ nhà

máy có thể được tinh chế thành rượu uống và được sử dụng làm thành phần chính trong đồ uống có cồn.

Bioetanol được tạo ra từ thiết bị cũng có giá trị thương mại như là nhiên liệu vận chuyển. Việc sử dụng etanol làm nhiên liệu vận chuyển có thể được lắp đặt với vốn đầu tư cơ bản tương đối nhỏ từ các nhà sản xuất và chủ doanh nghiệp động cơ mỗi bằng tia lửa (ví dụ, các thay đổi về việc định thời gian phun, tỷ lệ giữa nhiên liệu và không khí và các thành phần của hệ phun nhiên liệu). Nhiều nhà sản xuất ô tô hiện đang chào bán các phương tiện vận tải dùng nhiều loại nhiên liệu có khả năng vận hành đối với các hỗn hợp etanol/xăng chứa 85% thể tích etanol (ví dụ, thiết bị chuẩn của Chevy Tahoe 4 x 4).

Bioetanol được tạo ra bằng thiết bị này có thể được sử dụng làm nhiên liệu động cơ để cải thiện các điều kiện môi trường và kinh tế cách xa địa điểm của thiết bị. Ví dụ, etanol được tạo ra từ nhà máy này và được sử dụng làm nhiên liệu có thể làm giảm sự phát thải khí nhà kính từ các nguồn được con người tạo ra (ví dụ, nguồn vận chuyển). Để làm ví dụ khác, etanol được tạo ra từ nhà máy này và được sử dụng làm nhiên liệu động cơ có thể còn thay thế việc tiêu thụ xăng được tinh chế từ dầu.

Bioetanol có chỉ số octan lớn hơn so với xăng thường và, do vậy, có thể được sử dụng để cải thiện tính năng (ví dụ, cho phép đối với các hệ số nén cao hơn) của động cơ mỗi bằng tia lửa. Ví dụ, lượng nhỏ (ví dụ 10% thể tích) của etanol có thể được trộn với xăng để đóng vai trò như chất làm tăng chỉ số octan đối với các nhiên liệu được sử dụng trong động cơ mỗi bằng tia lửa. Để làm ví dụ khác, lượng lớn (ví dụ 85% thể tích) etanol có thể được trộn với xăng để làm tăng thêm chỉ số octan của nhiên liệu và thay thế thể tích xăng lớn hơn.

Các mục đích sử dụng của bioetanol đã được, ví dụ, DiPardo mô tả trong ấn phẩm *Journal of Outlook for Biomass Ethanol Production and Demand (EIA Forecasts)*, 2002; Sheehan in *Biotechnology Progress*, 15:8179, 1999; Martin in *Enzyme Microbes Technology*, 31:274, 2002; Greer in *BioCycle*, 61-65, April 2005; Lynd in *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 66:3, 506-577, 2002; Ljungdahl và các đồng tác giả trong Patent Mỹ số 4,292,406; và Bellamy trong Patent Mỹ số 4,094,742.

Axit hữu cơ

Axit hữu cơ được tạo ra có thể bao gồm axit monocarboxylic hoặc axit polycarboxylic. Ví dụ về axit hữu cơ bao gồm axit formic, axit axetic, axit propionic, axit butyric, axit valeric, caproic, axit palmitic, axit stearic, axit oxalic, axit malonic, axit succinic, axit glutaric, axit oleic, axit linoleic, axit glycolic, axit lactic, axit γ -hydroxybutyric hoặc hỗn hợp của chúng.

Nguyên liệu

Theo một số phương án, tất cả hoặc một phần của quy trình lên men có thể là gián đoạn trước khi nguyên liệu xenluloza được chuyển hóa một cách hoàn toàn thành etanol. Các sản phẩm lên men trung gian bao gồm đường và hydrat cacbon với các nồng độ cao. Các sản phẩm lên men trung gian này có thể được sử dụng để điều chế thực phẩm cho người hoặc động vật. Theo một số phương án, việc xử lý sơ bộ bằng chiếu xạ đối với nguyên liệu xenluloza sẽ làm cho các sản phẩm lên men trung gian vô trùng (ví dụ, phù hợp để cho người dùng). Theo một số phương án, các sản phẩm lên men trung gian sẽ cần đến bước sau xử lý trước khi sử dụng làm thực phẩm. Ví dụ, thiết bị sấy có thể được sử dụng để loại bỏ hơi ẩm ra khỏi các sản phẩm lên men trung gian để tạo điều kiện thuận lợi cất giữ, điều khiển và thời hạn. Ngoài ra, hoặc theo cách khác, các sản phẩm lên men trung gian có thể được nghiền tới cỡ hạt mịn trong máy nghiền phòng thí nghiệm làm bằng thép không gỉ để tạo ra chất liệu giống bột.

Thức ăn cho động vật

Các hạt và các chất tan của thiết bị chưng cất có thể được chuyển hóa thành sản phẩm phụ có giá trị của quy trình chưng cất-loại nước. Sau quy trình chưng cất-loại nước, các hạt và chất tan của thiết bị chưng cất có thể được làm khô để cải thiện khả năng cất giữ và xử lý nguyên liệu. Các hạt và chất tan của thiết bị chưng cất đã được làm khô thu được (DDGS) là có hàm lượng tinh bột thấp, hàm lượng chất béo cao, hàm lượng protein cao, hàm lượng sợi cao và hàm lượng phospho cao. Do vậy, ví dụ, DDGS có thể là có giá trị làm nguồn thức ăn cho động vật (ví dụ, làm nguồn thức ăn cho bò sữa). Sau đó, DDGS có thể được kết hợp với các chất bổ sung dinh dưỡng để đáp ứng các yêu cầu cho các chế độ ăn cụ thể của các động vật cụ thể (ví dụ, cân bằng lysin và phospho để tiêu đối với các chế độ ăn của heo).

Dược phẩm

Các quy trình xử lý sơ bộ đã được nêu ở trên đây có thể được áp dụng cho thiết bị sản xuất thuốc. Theo một số phương án, việc siêu âm có thể kích thích hoạt tính sinh học và/hoặc độ sinh khả dụng của các thành phần thuốc. Ngoài ra, hoặc theo cách khác, việc chiếu xạ kích thích hoạt tính sinh học và/hoặc độ sinh khả dụng của các thành phần thuốc. Ví dụ, việc siêu âm và chiếu xạ có thể được kết hợp để xử lý sơ bộ vỏ cây dương liễu để kích thích sản xuất salixin.

Chất dinh dưỡng

Theo một số phương án, các sản phẩm lên men trung gian (ví dụ, các sản phẩm chứa đường và hydrat cacbon với nồng độ cao) có thể được bổ sung để tạo ra chất dinh dưỡng. Ví dụ, các sản phẩm lên men trung gian có thể được bổ sung canxi tạo ra chất dinh dưỡng cung cấp năng lượng và giúp cải thiện hoặc duy trì độ chắc của xương.

Đồng sản phẩm

Gốc lignin

Như mô tả trên đây, lignin chứa các gốc thu được từ các quy trình sơ cấp và xử lý sơ bộ có giá trị như là nhiên liệu có năng lượng cao/trung bình và có thể được sử dụng để tạo ra năng lượng và hơi nước để sử dụng trong các quy trình thiết bị. Tuy nhiên, các gốc lignin như vậy là một loại nhiên liệu rắn mới và nhu cầu sử dụng nó là ít và chi phí để làm khô nó để vận chuyển là thấp hơn giá trị tiềm ẩn của nó. Trong một số trường hợp, quy trình khí hoá các gốc lignin có thể chuyển hoá nó thành sản phẩm có giá trị cao hơn với chi phí thấp hơn.

Đồng sản phẩm khác

Chất từ tế bào, furfura và axit axetic được xác định là các đồng sản phẩm tiềm năng của các nhà máy xử lý sinh khối thành nhiên liệu. Chất từ tế bào kể có thể có giá trị, nhưng cần phải tinh chế nhiều. Có thể chào bán furfura và axit axetic, mặc dù chúng không thể đủ lớn để tiêu thụ sản phẩm của ngành công nghiệp sản xuất lignoxenluloza etanol được thương mại hoá đầy đủ.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Mặc dù trên đây chỉ mô tả nguyên liệu dạng sợi, như nguyên liệu dạng sợi xenluloza và lignoxenluloza, nhưng các chất độn khác cũng có thể được sử dụng để tạo ra vật liệu composit. Ví dụ, chất độn vô cơ như canxi cacbonat (ví dụ, canxi cacbonat kết tủa hoặc canxi cacbonat tự nhiên), đất sét aragonit, đất sét hệ tà phương, đất sét canxit, đất sét hệ tà phương, kaolanh, đất sét, đất sét bentonit, đicanxi phosphat, tricanxi phosphat, canxi pyrophosphat, natri metaphosphat không tan, canxi cacbonat kết tủa, magie orthophosphat, trimagie phosphat, hydroxyapatit, apatit tổng hợp, nhôm oxit, silic oxit xerogel, phức chất kim loại nhôm-silic oxit, natri nhôm silic oxit, zircon silic oxit, silic đioxit hoặc hỗn hợp chứa các chất phụ gia vô cơ có thể được sử dụng. Các chất độn có thể có, ví dụ, cỡ hạt lớn hơn 1 micron, ví dụ, lớn hơn 2 micron, 5 micron, 10 micron, 25 micron hoặc thậm chí lớn hơn 35 micro.

Các chất độn có kích thước nano mét có thể còn được sử dụng một mình, hoặc kết hợp với nguyên liệu dạng sợi có kích thước và/hoặc hình dạng bất kỳ. Chất độn có thể dưới dạng, ví dụ, hạt, tấm hoặc sợi. Ví dụ, đất sét có kích thước nano mét, silic và cacbon dạng ống nano và silic và cacbon dạng dây nano có thể được sử dụng. Chất độn có thể có kích thước chiều ngang nhỏ hơn 1000nm, ví dụ, nhỏ hơn 900nm, 800nm, 750nm, 600nm, 500nm, 350nm, 300nm, 250nm, 200nm, nhỏ hơn 100nm, hoặc thậm chí thấp hơn 50nm.

Theo một số phương án, đất sét có kích thước nano là montmorillonit. Đất sét như vậy là sản phẩm của Nanocor, Inc. and Southern và đã được mô tả trong Patent Mỹ số 6,849,680 và 6,737,464. Các đất sét có thể có bề mặt được xử lý trước khi trộn vào, ví dụ, nhựa hoặc nguyên liệu dạng sợi. Ví dụ, đất sét có thể có bề mặt được xử lý sao cho bề mặt của nó có bản chất là ion, ví dụ, cation hoặc anion.

Các chất độn có kích thước nano mét kết tập hoặc kết tụ, hoặc các chất độn có kích thước nano mét được tập hợp thành cấu trúc siêu phân tử, ví dụ, cấu trúc siêu phân tử tự tập hợp có thể cũng được sử dụng. Các chất độn kết tụ hoặc siêu phân tử có thể có cấu trúc mở hoặc đóng và có thể có nhiều hình dạng, ví dụ, dạng khối hộp, dạng ống hoặc dạng hình cầu.

Do đó, các phương án khác đều thuộc phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo đây.

Các ví dụ, sau là dùng để minh họa và không giới hạn phạm vi của sáng chế như được mô tả trong bản mô tả này.

Ví dụ 1 - Quy trình xử lý nguyên liệu dạng sợi từ giấy bọc nhiều lớp

1500 pao hộp giấy đựng nước ép hoa quả được làm bằng giấy bì Kraft trắng nhiều lớp chưa in ấn, còn mới dung tích nửa galông (1,89 l) có mật độ khối bằng 20 lb/ft³ thu được từ International Paper. Mỗi hộp các tông được gấp phẳng và sau đó được cấp vào máy băm Flinch Baugh 3 hp với tốc độ khoảng từ 15 tới 20 pao mỗi giờ. Máy băm này được lắp hai cánh quay loại 12 inơ, hai cánh cố định và sàng xả cỡ 0,30 inơ. Khe giữa các cánh quay và cố định được điều chỉnh tới 0,10 inơ. Sản phẩm đi ra khỏi máy băm hoa giấy có chiều rộng nằm trong khoảng từ 0,1 inơ và 0,5 inơ, chiều dài nằm trong khoảng từ 0,25 inơ tới 1 inơ và độ đặc tương đương như của nguyên liệu ban đầu (khoảng 0,075 inơ).

Nguyên liệu giống hoa giấy được cào cho dao cắt quay Munson, Model SC30. Model SC30 được lắp với 4 cánh quay, 4 cánh cố định và sàng xả có cỡ lỗ 1/8 inơ. Khe giữa các cánh quay và cố định được bố trí xấp xỉ 0,020 inơ. Dao cắt quay cắt các dải giống hoa giấy đi qua các cạnh dao, thành các mẫu nhỏ và giải phóng nguyên liệu dạng sợi với tốc độ khoảng 1 pao mỗi giờ. Nguyên liệu dạng sợi có diện tích bề mặt BET nằm trong khoảng từ 0,9748 m²/g +/- 0,0167 m²/g, độ xốp bằng 89,0437% và mật độ khối (@0,53 psi) bằng 0,1260 g/mL. Chiều dài trung bình của các sợi là 1,141 mm và chiều rộng trung bình của các sợi là 0,027 mm, tạo ra giá trị L/D trung bình bằng 42:1. Vi ảnh điện tử quét của nguyên liệu dạng sợi được thể hiện trên FIG.26 với độ phóng đại gấp 25 lần.

Ví dụ 2 - Quy trình xử lý nguyên liệu dạng sợi từ giấy bì Kraft đã được tẩy trắng

1500 pao giấy bì Kraft trắng đã được tẩy trắng mới có mật độ khối bằng 30 lb/ft³ thu được từ International Paper. Nguyên liệu được gấp phẳng và sau đó được cấp vào máy băm Flinch Baugh 3 hp với tốc độ khoảng từ 15 tới 20 pao mỗi giờ. Máy băm này được lắp hai cánh quay loại 12 inơ, hai cánh cố định và sàng xả cỡ 0,30 inơ. Khe giữa các cánh quay và cố định được điều chỉnh tới 0,10 inơ. Sản phẩm đi ra khỏi máy băm hoa giấy có chiều rộng nằm trong khoảng từ 0,1 inơ và 0,5 inơ, chiều dài nằm trong khoảng từ 0,25 inơ và 1 inơ và độ đặc tương đương

như của nguyên liệu ban đầu (khoảng 0,075 in σ). Nguyên liệu giống hoa giấy được cào cho dao cắt quay Munson, Model SC30. Sàng xả có cỡ lỗ 1/8 in σ . Khe giữa các cánh quay và cổ định được bố trí xấp xỉ 0,020 in σ . Dao cắt quay cắt các dải giống hoa giấy, giải phóng nguyên liệu dạng sợi với tốc độ khoảng 1 pao mỗi giờ. Nguyên liệu dạng sợi có diện tích bề mặt BET bằng 1,1316 m²/g +/- 0,0103 m²/g, độ xốp bằng 88,3285% và mật độ khối (@0,53 psi) bằng 0,1497 g/mL. Chiều dài trung bình của các sợi là 1,063 mm và chiều rộng trung bình của các sợi là 0,0245 mm, tạo ra giá trị L/D trung bình bằng 43:1. Vi ảnh điện tử quét của nguyên liệu dạng sợi được thể hiện trên FIG.27 với độ phóng đại gấp 25 lần.

Ví dụ 3 - Quy trình xử lý nguyên liệu dạng sợi được cắt hai lần từ giấy bìa Kraft đã được tẩy trắng

1500 pao giấy bìa Kraft trắng đã được tẩy trắng còn mới có mật độ khối bằng 30 lb/ft³ thu được từ International Paper. Nguyên liệu được gấp phẳng và sau đó được cấp vào máy băm Flinch Baugh 3 hp với tốc độ khoảng từ 15 tới 20 pao mỗi giờ. Máy băm này được lắp hai cánh quay loại 12 in σ , hai cánh cổ định và sàng xả cỡ 0,30 in σ . Khe giữa các cánh quay và cổ định được điều chỉnh tới 0,10 in σ . Sản phẩm đi ra khỏi máy băm hoa giấy (như trên). Nguyên liệu giống hoa giấy được cào cho dao cắt quay Munson, Model SC30. Sàng xả có cỡ lỗ 1/16 in σ . Khe giữa các cánh quay và cổ định được bố trí xấp xỉ 0,020 in σ . Dao cắt quay cắt các dải giống hoa giấy, thành nguyên liệu dạng sợi với tốc độ khoảng 1 pao mỗi giờ. Nguyên liệu thu được từ lần cắt thứ nhất được cấp trở lại thiết bị như được mô tả trên đây và lại được cắt. Nguyên liệu dạng sợi thu được có diện tích bề mặt BET bằng 1,4408 m²/g +/- 0,0156 m²/g, độ xốp bằng 90,8998% và mật độ khối (@0,53 psi) bằng 0,1298 g/mL. Chiều dài trung bình của các sợi là 0,891 mm và chiều rộng trung bình của các sợi là 0,026 mm, tạo ra giá trị L/D trung bình bằng 34:1. Vi ảnh điện tử quét của nguyên liệu dạng sợi được thể hiện trên FIG.28 với độ phóng đại gấp 25 lần.

Ví dụ 4 - Quy trình xử lý nguyên liệu dạng sợi được cắt ba lần từ giấy bìa Kraft đã được tẩy trắng

1500 pao giấy bìa Kraft trắng đã được tẩy trắng còn mới có mật độ khối bằng 30 lb/ft³ thu được từ International Paper. Nguyên liệu được gấp phẳng và sau đó

được cấp vào máy băm Flinch Baugh 3 hp với tốc độ khoảng từ 15 tới 20 pao mỗi giờ. Máy băm này được lắp hai cánh quay loại 12 inơ, hai cánh cố định và sàng xả cỡ 0,30 inơ. Khe giữa các cánh quay và cố định được điều chỉnh tới 0,10 inơ. Sản phẩm đi ra khỏi máy băm hoa giấy (như trên). Nguyên liệu giống hoa giấy được cào cho dao cắt quay Munson, Model SC30. Sàng xả có cỡ lỗ 1/8 inơ. Khe giữa các cánh quay và cố định được bố trí xấp xỉ 0,020 inơ. Dao cắt quay cắt các dải giống hoa giấy đi qua các cạnh dao. Nguyên liệu thu được từ lần cắt thứ nhất được cấp trở lại thiết bị trên và sàng được thay bằng sàng cỡ inơ 1/16. Nguyên liệu này được cắt. Nguyên liệu thu được từ lần cắt thứ hai được cấp trở lại thiết bị trên và sàng được thay bằng sàng cỡ 1/32 inơ. Nguyên liệu này được cắt. Nguyên liệu dạng sợi thu được có diện tích bề mặt BET bằng 1,6897 m²/g +/- 0,0155 m²/g, độ xốp bằng 87,7163% và mật độ khối (@0,53 psi) bằng 0,1448 g/mL. Chiều dài trung bình của các sợi là 0,824 mm và chiều rộng trung bình của các sợi là 0,0262 mm, tạo ra giá trị L/D trung bình bằng 32:1. Vi ảnh điện tử quét của nguyên liệu dạng sợi được thể hiện trên FIG.29 với độ phóng đại gấp 25 lần.

Ví dụ 5 - Quy trình xử lý nguyên liệu dạng sợi đã được làm đặc từ giấy bì Kraft đã được tẩy trắng không có chất kết dính bổ sung

Nguyên liệu dạng sợi được xử lý theo Ví dụ 2. Xấp xỉ 1 lb nước được phun lên mỗi 10 lb nguyên liệu dạng sợi. Nguyên liệu dạng sợi này được làm đặc bằng cách sử dụng máy nghiền bi California 1100 vận hành ở 75 °C. Các viên thu được có mật độ khối nằm trong khoảng từ 7 lb/ft³ tới 15 lb/ft³.

Ví dụ 6 - Quy trình xử lý nguyên liệu dạng sợi đã được làm đặc từ giấy bì Kraft đã được tẩy trắng có chất kết dính

Nguyên liệu dạng sợi được xử lý theo Ví dụ 2.

Dung dịch gốc POLYOXTM WSR N10 (polyetylen oxit) cso nồng độ 2% trọng lượng được điều chế trong nước.

Xấp xỉ 1 lb dung dịch gốc được phun lên mỗi 10 lb nguyên liệu dạng sợi. Nguyên liệu dạng sợi được làm đặc bằng cách sử dụng máy nghiền bi California 1100 vận hành ở 75 °C. Các viên thu được có mật độ khối nằm trong khoảng từ 15 lb/ft³ tới 40 lb/ft³.

Ví dụ 7 - Quy trình làm giảm trọng lượng phân tử của xenluloza trong giấy Kraft dạng xơ bằng chiếu xạ gamma với sự oxy hóa tối thiểu

Nguyên liệu dạng sợi được xử lý theo Ví dụ 4. Giấy Kraft dạng sợi được làm đặc theo Ví dụ 5.

Các viên đã được làm đặc được đặt trong ống thủy tinh có dung tích tối đa 250 mL. Ống thủy tinh được tháo ra trong môi trường có độ chân không cao (10^{-5} torr) trong 30 phút và sau đó được nạp trở lại bằng khí argon. Ống này được bịt kín trong môi trường argon. Các viên trong ống được chiếu xạ gama trong thời gian khoảng 3 giờ ở suất liều lượng khoảng 1Mrad mỗi giờ để tạo ra nguyên liệu đã được chiếu xạ trong đó xenluloza có trọng lượng phân tử thấp hơn so với nguyên liệu ban đầu Kraft dạng sợi.

Ví dụ 8 - Quy trình làm giảm trọng lượng phân tử của xenluloza trong giấy Kraft dạng xơ bằng chiếu xạ gamma với sự oxy hóa tối đa

Nguyên liệu dạng sợi được xử lý theo Ví dụ 4. Giấy Kraft dạng sợi được làm đặc theo Ví dụ 5.

Các viên đã được làm đặc được đặt trong ống thủy tinh có dung tích tối đa 250 mL. Ống thủy tinh này được bịt kín trong môi trường không khí. Các viên trong ống được chiếu xạ gama trong thời gian khoảng 3 giờ ở suất liều lượng khoảng 1Mrad mỗi giờ để tạo ra nguyên liệu đã được chiếu xạ trong đó xenluloza có trọng lượng phân tử thấp hơn so với nguyên liệu ban đầu Kraft dạng sợi.

Ví dụ 9 - Phương pháp xác định trọng lượng phân tử của các nguyên liệu xenluloza và lignoxenluloza bằng sắc ký thẩm gel

Các nguyên liệu xenluloza và lignoxenluloza để phân tích được xử lý theo Ví dụ 4. Các nguyên liệu mẫu được thể hiện trong bảng dưới đây bao gồm giấy Kraft (P), rơm lúa mì (WS), cỏ linh lăng (A) và cỏ ba chẽ (SG). Số “132” của Nhận biết mẫu được dùng để chỉ cỡ hạt của nguyên liệu sau khi cắt đi qua sàng có cỡ lỗ 1/32 in. Số sau gạch ngang được dùng để chỉ liều lượng chiếu xạ (MRad) và “US” được dùng để chỉ việc xử lý siêu âm. Ví dụ, Nhận biết mẫu “P132-10” được dùng để chỉ giấy Kraft được cắt thành cỡ hạt qua sàng cỡ 132 và không được chiếu xạ 10 MRad.

Bảng 1. Trọng lượng phân tử trung bình đỉnh của giấy kraft được chiếu xạ

Nguồn mẫu	Nhận biết mẫu	Liều lượng ¹ (MRad)	Siêu âm ²	MW trung bình ± độ lệch chuẩn
Giấy Kraft	P132	0	Không	32853±10006
	P132-10	10	“	61398 ± 2468**
	P132-100	100	“	8444 ± 580
	P132-181	181	“	6668 ± 77
	P132-US	0	Có	3095 ± 1013

** Các liều lượng chiếu xạ thấp có tác dụng làm tăng trọng lượng phân tử của một số nguyên liệu

¹Mức liều lượng = 1MRad/giờ

^aXử lý trong 30 phút bằng siêu âm 20kHz sử dụng đầu phóng 1000W trong các điều kiện tái tuần hoàn với nguyên liệu được phân tán trong nước.

Bảng 2. Trọng lượng phân tử trung bình đỉnh của nguyên liệu đã được chiếu xạ

Nhận biết mẫu	Pic #	Liều lượng ¹ (MRad)	Siêu âm ²	MW trung bình ± độ lệch chuẩn
WS132	1	0	Không	1407411 ± 175191
	2	“	“	39145 ± 3425
	3	“	“	2886 ± 177
WS132-10*	1	10	“	26040 ± 3240
WS132-100*	1	100	“	23620 ± 453
A132	1	0	“	1604886 ± 151701
	2	“	“	37525 ± 3751
	3	“	“	2853 ± 490
A132-10*	1	10	“	50853 ± 1665
	2	“	“	2461 ± 17
A132-100*	1	100	“	38291 ± 2235
	2	“	“	2487 ± 15
SG132	1	0	“	1557360 ± 83693
	2	“	“	42594 ± 4414
	3	“	“	3268 ± 249
SG132-10*	1	10	“	60888 ± 9131
SG132-100*	1	100	“	22345 ± 3797
SG132-10-US	1	10	Có	86086 ± 43518
	2	“	“	2247 ± 468
SG132-100-US	1	100	“	4696 ± 1465

*Các đỉnh kết tụ sáu xử lý

**Các liều lượng chiếu xạ thấp có tác dụng làm tăng trọng lượng phân tử của một số nguyên liệu

¹Mức liều lượng = 1MRad/giờ

²xử lý trong 30 phút bằng siêu âm 20kHz sử dụng đầu phóng 1000W trong các điều kiện tái tuần hoàn với nguyên liệu được phân tán trong nước.

Sắc ký thẩm gel (GPC) được sử dụng để xác định mức phân bố trọng lượng phân tử của polyme. Trong quá trình phân tích GPC, dung dịch chứa mẫu polyme được cho đi qua cột được nhồi gel xếp bẫy các phân tử nhỏ. Mẫu được tách theo kích thước phân tử với các phân tử lớn hơn rửa giải nhanh hơn so với các phân tử nhỏ hơn. Thời gian lưu của mỗi hợp phần hầu hết thường được phát hiện bởi chỉ số khúc xạ (RI), tán xạ ánh sáng hơi (ELS), hoặc tia cực tím (UV) và được so sánh với đường cong hiệu chỉnh. Sau đó, dữ liệu thu được được sử dụng để tính toán mức phân bố trọng lượng phân tử của mẫu.

Mức phân bố trọng lượng phân tử chứ không phải là trọng lượng phân tử duy nhất được sử dụng để xác định đặc điểm của các polyme tổng hợp. Để xác định sự phân bố này, các phép trung bình thống kê được sử dụng. Giá trị chung nhất của các trung bình này là “trọng lượng phân tử trung bình số” (M_n) và “trọng lượng trọng lượng phân tử trung bình” (M_w).

M_n là tương tự với trung bình số chuẩn liên quan đến một nhóm các số. Khi được áp dụng cho polyme, M_n được dùng để chỉ trọng lượng phân tử trung bình của các phân tử trong polyme. M_n được tính toán cho cùng một giá trị đối với mỗi phân tử, không tính tới trọng lượng phân tử đơn lẻ của nó. M_n trung bình được tính toán bằng công thức sau, trong đó N_i là số phân tử có khối lượng mol bằng M_i .

$$\bar{M}_n = \frac{\sum_i N_i M_i}{\sum_i N_i}$$

M_w là giá trị thống kê khác của mức phân bố trọng lượng phân tử đặt tầm quan trọng lớn hơn lên các phân tử lớn hơn so với các phân tử nhỏ hơn trong phân bố. Công thức dưới đây cho thấy tính toán trọng lượng trọng lượng phân tử trung bình theo phương pháp thống kê.

$$\overline{M}_w = \frac{\sum_i N_i M_i^2}{\sum_i N_i M_i}$$

Chỉ số đa phân tán hoặc PI được xác định là tỷ lệ M_w/M_n . Giá trị PI càng lớn thì, mức độ phân bố càng phân tán nhiều hơn. Giá trị thấp nhất là PI có thể là bằng 1. Điều này thể hiện mẫu đơn phân tán; tức là, polyme với tất cả các phân tử trong phân bố có trọng lượng phân tử như nhau.

Giá trị trọng lượng phân tử đỉnh (M_p) là một đại lượng khác được xác định như là kiểu phân bố trọng lượng phân tử. Nó biểu thị trọng lượng phân tử nhiều nhất trong phân bố. Giá trị này cũng biểu thị mức phân bố trọng lượng phân tử.

Hầu hết các phép đo GPC đều được tiến hành so với chuẩn polyme khác nhau. Độ chính xác của các kết quả tùy thuộc vào mức độ giống nhau về các đặc tính của polyme được phân tích so với các đặc tính của chuẩn được sử dụng. Sai số kỳ vọng với độ tái lập giữa một loạt phép xác định khác nhau, được hiệu chỉnh một cách riêng rẽ, nằm trong khoảng 5-10% và đặc trưng cho độ chính xác có giới hạn của phép xác định GPC. Do đó, các kết quả GPC là hữu ích nhất khi việc so sánh giữa mức phân bố trọng lượng phân tử của các mẫu khác nhau được tiến hành trong cùng một loạt phép xác định.

Các mẫu lignoxenluloza cần phải chuẩn bị trước khi phân tích GPC. Trước tiên, dung dịch bão hoà (8,4% trọng lượng) chứa lithi clorua (LiCl) được điều chế trong dimetyl axetamid (DMAc). Xấp xỉ 100 mg mẫu này được bổ sung vào xấp xỉ 10 g dung dịch LiCl/DMAc bão hoà vừa mới được điều chế và hỗn hợp này được đun nóng tới nhiệt độ xấp xỉ 150°C-170°C đồng thời khuấy trong 1 giờ. Nói chung, các dung dịch thu được có màu từ màu vàng sáng đến màu vàng tối. Nhiệt độ của dung dịch được giảm xuống xấp xỉ 100°C và được đun nóng thêm 2 giờ. Sau đó, nhiệt độ của dung dịch được giảm xuống xấp xỉ 50°C và dung dịch mẫu được đun nóng trong thời gian xấp xỉ từ 48 tới 60 giờ. Lưu ý, các mẫu được chiếu xạ ở 100 MRad được hoà tan một cách dễ dàng như các mẫu như vậy không được xử lý. Ngoài ra, các mẫu đã được cắt (được biểu thị bằng số 132) trọng lượng phân tử trung bình thấp hơn một chút so với các mẫu không được cắt.

Các dung dịch mẫu thu được được pha loãng theo tỷ lệ 1:1 bằng cách sử dụng DMAc làm dung môi và được lọc qua màng lọc PTFE cỡ 0,45 µm. Sau đó,

các dung dịch mẫu đã được lọc được phân tích bằng GPC. Trọng lượng phân tử trung bình đỉnh (M_p) của các mẫu, như xác định được bằng sắc ký thẩm gel (GPC), được tóm tắt trong các bảng 1 và 2. mỗi mẫu được điều chế thành hai bản và mỗi chế phẩm chứa mẫu được phân tích hai lần (hai lần phun) để tổng các lần phun mẫu là bốn. Các chuẩn polystyren EasiCal PS1A và PS1B được sử dụng để tạo ra đường cong hiệu chỉnh đối với các mức trọng lượng phân tử nằm trong khoảng từ 580 tới 7.500.00 Dalton.

Bảng 3. Các điều kiện phân tích GPC

Thiết bị:	Waters Alliance GPC 2000
Cột (3):	Plgel 10T được trộn-B S/N's: 10M-MB-148-83; 10M-MB-148-84; 10M-MB-174-129
Pha động(dung môi):	0,5% LiCl trong DMAc (1,0 mL/phút.)
Cột/ Nhiệt độ đầu dò:	70 °C
Nhiệt độ phun:	70 °C
Kích thước vòng mẫu:	323,5 TL

Ví dụ 10- Xác định độ kết tinh của nguyên liệu đã được chiếu xạ bằng nhiều xạ tia X

Nhiều xạ tia X (XRD) là phương pháp mà bằng phương pháp này mẫu tinh thể được chiếu xạ bằng tia X đơn năng. Sự tương tác của cấu trúc mạng của mẫu với các tia X này được ghi lại và cung cấp thông tin về cấu trúc tinh thể được chiếu xạ. Các đặc điểm “dấu vân tay” thu được cho phép nhận biết các hợp chất kết tinh có mặt trong mẫu. Bằng cách sử dụng phân tích làm trùng hợp toàn bộ mẫu (the Rietvelt Refinement), có thể tiến hành các phân tích định lượng đối với các mẫu chứa nhiều hơn một hợp chất kết tinh.

Bảng 4. Dữ liệu XRD bao gồm kích thước miền và độ kết tinh (%)

Nhận biết mẫu	Kích thước miền (Å)	Độ kết tinh (%)
P132	55	55
P132-10	46	58
P132-100	50	55
P132-181	48	52
P132-US	26	40

A132	28	42
A132-10	26	40
A132-100	28	35
WS132	30	36
WS132-10	27	37
WS132-100	30	41
SG132	29	40
SG132-10	28	38
SG132-100	28	37
SG132-10-US	25	42
SG132-100-US	21	34

Mỗi mẫu được đặt trên giá đỡ nền bằng không và được đặt trong nhiễu xạ kế Phillips PW1800 sử dụng chiếu xạ Cu. Việc quét được tiến hành trong khoảng từ 5° tới 50° với kích thước bước quét bằng 0,05° và thời điểm đếm cách nhau 2 giờ.

Khi thu được các mẫu nhiễu xạ, các pha được xác định với sự trợ giúp của file nhiễu xạ bột do International Centre for Diffraction Data công bố. Trong tất cả các mẫu, pha tinh thể được xác định là xenluloza – Ia, có cấu trúc tam tà.

Dấu hiệu phân biệt trong số 20 mẫu là độ rộng đỉnh, liên quan tới kích thước miền tinh thể. Độ rộng đỉnh thử nghiệm được sử dụng để tính toán kích thước miền và mức độ kết tinh (%) và được thể hiện trong bảng 4.

Mức độ kết tinh% ($X_c\%$) được xác định bằng tỷ lệ giữa diện tích tinh thể và tổng diện tích của các đỉnh nhiễu xạ tia X,

$$X_c \% = \frac{A_c}{\{A_a + A_c\}} \times 100\%$$

trong đó,

A_c = Diện tích của pha tinh thể

A_a = Diện tích của pha vô định hình

X_c = mức độ kết tinh (%)

Để xác định mức độ kết tinh (%) của mỗi mẫu, trước tiên cần phải tách pha vô định hình. Điều này được tiến hành bằng cách ước lượng diện tích của mẫu nhiễu xạ có thể được quy cho pha tinh thể (được đại diện bằng các đỉnh nhọn hơn)

và pha không phải là tinh thể (được đại diện bằng điểm cực đại rộng bên dưới mẫu và tập trung ở 22° và 38°).

Một quy trình có hệ thống được sử dụng để làm giảm đến mức tối thiểu sai số trong các tính toán này do đỉnh tinh thể rộng cũng như cường độ nền cao. Trước tiên, nền tuyến tính được áp dụng và sau đó được loại bỏ. Thứ là, hai đỉnh Gaussian tập trung ở 22° và 38° với chiều rộng nằm trong khoảng $10-12^\circ$ được làm khớp với các điểm cực đại bên dưới các đỉnh tinh thể. Sau đó, diện tích bên dưới hai đỉnh Gaussian rộng và phần còn lại của mẫu được xác định. Cuối cùng, % mức độ kết tinh được tính toán bằng cách chia diện tích bên dưới đỉnh tinh thể cho tổng cường độ (sau khi trừ đi giá trị nền). Kích thước miền và % mức độ kết tinh của các mẫu như xác định được bằng nhiễu xạ tia X (XRD) được thể hiện trong bảng 4.

Ví dụ 11 - Phân tích độ xốp của nguyên liệu đã được chiếu xạ

Phân tích kích thước lỗ và thể tích lỗ bằng thủy ngân (Bảng 5) được dựa trên cơ sở việc ép thủy ngân (chất lỏng không thấm ướt) vào cấu trúc lỗ với áp lực được kiểm soát chặt. Do thủy ngân không thấm ướt hầu hết các chất và sẽ không tự động thấm qua các lỗ dưới tác dụng của lực mao dẫn, nên cần phải ép mẫu vào các lỗ trống bằng cách tác dụng một áp lực từ bên ngoài vào. Áp lực cần phải làm điền đầy các lỗ trống là tỷ lệ nghịch với kích thước của lỗ. Chỉ một lực hoặc áp lực nhỏ là cần thiết để làm điền đầy các lỗ trống lớn, nhưng áp lực lớn hơn nhiều là cần thiết để điền đầy các lỗ rất nhỏ.

Bảng 5. Xác định mức độ phân bố kích thước lỗ và thể tích bằng phương pháp đo độ xốp bằng thủy ngân

Nhận mẫu	biết	Tổng thể tích xâm nhập (mL/g)	Tổng diện tích lỗ (m^2/g)	Đường kính lỗ trung bình (Thể tích) (Tm)	Đường kính lỗ trung bình (Diện tích) (Tm)	Đường kính lỗ trung bình (4V/A) (Tm)	Mật độ khối ở 0,50 psi (g/mL)	Tỷ trọng biểu kiến (khung) (g/mL)	Độ xốp (%)
P132		6,0594	1,228	36,2250	13,7278	19,7415	0,1448	1,1785	87,7163
P132-10		5,5436	1,211	46,3463	4,5646	18,3106	0,1614	1,5355	89,4875
P132-100		5,3985	0,998	34,5235	18,2005	21,6422	0,1612	1,2413	87,0151
P132-181		3,2866	0,868	25,3448	12,2410	15,1509	0,2497	1,3916	82,0577

P132-US	6,0005	14,787	98,3459	0,0055	1,6231	0,1404	0,8894	84,2199
A132	2,0037	11,759	64,6308	0,0113	0,6816	0,3683	1,4058	73,7990
A132-10	1,9514	10,326	53,2706	0,0105	0,7560	0,3768	1,4231	73,5241
A132-100	1,9394	10,205	43,8966	0,0118	0,7602	0,3760	1,3889	72,9264
SG132	2,5267	8,265	57,6958	0,0141	1,2229	0,3119	1,4708	78,7961
SG132-10	2,1414	8,643	26,4666	0,0103	0,9910	0,3457	1,3315	74,0340
SG132-100	2,5142	10,766	32,7118	0,0098	0,9342	0,3077	1,3590	77,3593
SG132-10-US	4,4043	1,722	71,5734	1,1016	10,2319	0,1930	1,2883	85,0169
SG132-100-US	4,9665	7,358	24,8462	0,0089	2,6998	0,1695	1,0731	84,2010
WS132	2,9920	5,447	76,3675	0,0516	2,1971	0,2773	1,6279	82,9664
WS132-10	3,1138	2,901	57,4727	0,3630	4,2940	0,2763	1,9808	86,0484
WS132-100	3,2077	3,114	52,3284	0,2876	4,1199	0,2599	1,5611	83,3538

AutoPore 9520 có thể đạt được áp suất tối đa bằng 414 MPa hoặc 60.000 psi. Có 4 buồng có áp suất thấp để chuẩn bị mẫu và thu thập dữ liệu về các lỗ lớn từ 0,2 psi tới 50 psi. Có 2 buồng có áp suất cao thu thập dữ liệu từ 25 psi tới 60.000 psi. Mẫu được đặt trong thiết bị giống như cái bát được gọi là thấm kế, thiết bị này được liên kết với ống mao dẫn thủy tinh có lớp bọc ngoài bằng kim loại. Thủy ngân xâm nhập vào các lỗ rỗng trong và xung quanh mẫu, nó đi xuống thân mao dẫn. Sự mất đi thủy ngân từ thân mao dẫn làm thay đổi điện dung. Mức độ thay đổi điện dung trong quá trình thử nghiệm được quy đổi thành thể tích của thủy ngân qua thể tích biết được của thân thấm kế trong khi sử dụng. Nhiều thấm kế có các kích thước bầu chứa (mẫu) khác nhau và các ống mao dẫn sẵn có để cung cấp cho hầu hết các kích thước mẫu và các cấu hình. Bảng 6 dưới đây xác định một số chỉ số quan trọng được tính toán đối với mỗi mẫu.

Bảng 6. Sự xác định của các chỉ số

Chỉ số	Định nghĩa
Tổng thể tích xâm nhập:	Tổng thể tích của thủy ngân được đưa vào trong quá trình thử nghiệm. Nó có thể bao gồm việc điền đầy các khe giữa các hạt nhỏ, độ xốp của mẫu và thể tích nén ép của mẫu.
Tổng diện tích lỗ:	Tổng thể tích xâm nhập được quy đổi thành diện tích của các lỗ dạng hình trụ.
Đường kính lỗ trung bình (thể tích):	Kích thước ở phân vị thứ 50 trên đồ thị thể tích tích lũy.

Đường kính lỗ trung bình (diện tích):	Kích thước ở phân vị thứ 50 trên đồ thị diện tích tích lũy.
đường kính lỗ trung bình:	Tổng thể tích lỗ chia cho tổng diện tích lỗ (4V/A).
Mật độ khối:	Khối lượng mẫu được chia cho thể tích khối. Thể tích khối được xác định ở áp suất điền đầy, thường là 0,5 psi.
Tỷ trọng biểu kiến:	Khối lượng mẫu chia cho thể tích của mẫu được đo ở áp suất cao nhất, thường là 60.000 psi.
Độ xốp:	(Mật độ khối/ Apparent Tỷ trọng) x 100%

Ví dụ 12 - Phân tích cỡ hạt nguyên liệu đã được chiếu xạ

Kỹ thuật phân loại cỡ hạt bằng tán xạ ánh sáng tĩnh dựa trên cơ sở lý thuyết Mie (cũng bao gồm cả lý thuyết Fraunhofer). Lý thuyết Mie tiên đoán mối quan hệ giữa cường độ với góc là hàm của kích thước của các hạt phân tán hình cầu với điều kiện các biến khác của hệ là đã biết và được coi là hằng số. Các biến này là bước sóng của ánh sáng tới và chỉ số khúc xạ tương đối của nguyên liệu mẫu. Việc áp dụng lý thuyết Mie cung cấp thông tin chi tiết về cỡ hạt. Bảng 7 tóm tắt cỡ hạt bằng cách sử dụng các đường kính trung bình, đường kính bình quân và đường kính một làm các chỉ số.

Bảng 7. Phân tích cỡ hạt bằng phương pháp tán xạ ánh sáng laze (phân tán mẫu khô)

Nhận biết mẫu	Đường kính trung bình (Tm)	Đường kính bình quân (Tm)	Đường kính một (Tm)
A132	380,695	418,778	442,258
A132-10	321,742	366,231	410,156
A132-100	301,786	348,633	444,169
SG132	369,400	411,790	455,508
SG132-10	278,793	325,497	426,717
SG132-100	242,757	298,686	390,097
WS132	407,335	445,618	467,978
WS132-10	194,237	226,604	297,941
WS132-100	201,975	236,037	307,304

Cỡ hạt xác định được bằng phương pháp tán xạ ánh sáng laze (Dry Sample Dispersion) bằng cách sử dụng Malvern Mastersizer 2000 sử dụng các điều kiện sau:

Tốc độ cấp:	35%
Áp suất phân tán:	4 Ba
Kiểu quang học:	(2,610, 1.000i), 1.000

Lượng mẫu thích hợp được đưa vào khay rung. Tốc độ cấp và áp suất không khí được điều chỉnh để đảm bảo rằng các hạt được phân tán một cách thích hợp. Yếu tố chính là việc lựa chọn áp suất không khí sẽ phá vỡ được kết tụ, mà không làm ảnh hưởng tới tính nguyên vẹn của mẫu. Lượng mẫu cần thiết thay đổi tùy thuộc vào kích thước của các hạt. Nói chung, các mẫu với các hạt mịn cần ít nguyên liệu hơn so với các mẫu có các hạt thô.

Ví dụ 13 - Phân tích diện tích bề mặt của nguyên liệu đã được chiếu xạ

Bảng 8. Tóm tắt diện tích bề mặt bằng hấp phụ khí

Diện tích bề mặt của mỗi mẫu được phân tích bằng cách sử dụng Hệ thống Micromeritics ASAP 2420 Accelerated Surface Area and Porosimetry System. Các mẫu được xử lý bằng cách trước tiên loại khí trong thời gian 16 giờ ở nhiệt độ 40°C. Tiếp theo, khoảng không tự do (cả ẩm và lạnh) chứa heli được tính toán và sau đó ống mẫu lại được tháo ra để loại bỏ heli. Việc thu thập bắt đầu sau lần tạo chân không thứ hai và bao gồm việc xác định áp suất đích, áp suất này kiểm soát lượng khí được định liều trên mẫu. ở mỗi áp suất đích, lượng khí được hấp phụ và áp suất thực được xác định và được ghi lại. Áp suất bên trong ống mẫu được xác định bằng bộ chuyển đổi áp suất. Liều lượng khí bổ sung sẽ tiếp tục đến áp suất đích đạt được và được để cân bằng. Lượng khí được hấp phụ được xác định bằng tổng nhiều liều lượng trên mẫu. Áp suất và lượng xác định đường đẳng nhiệt hấp phụ khí và được sử dụng để tính toán số các chỉ số, bao gồm diện tích bề mặt BET (Bảng 8).

Nhận biết mẫu	Diện tích bề mặt một điểm (m ² /g)	Diện tích bề mặt BET (m ² /g)
P132	@ P/Po= 0,250387771 1,5253	1,6897

P132-10	@ P/Po= 0,239496722	1,0212	1,2782
P132-100	@ P/Po= 0,240538100	1,0338	1,2622
P132-181	@ P/Po= 0,239166091	0,5102	0,6448
P132-US	@ P/Po= 0,217359072	1,0983	1,6793
A132	@ P/Po= 0,240040610	0,5400	0,7614
A132-10	@ P/Po= 0,211218936	0,5383	0,7212
A132-100	@ P/Po= 0,238791097	0,4258	0,5538
SG132	@ P/Po= 0,237989353	0,6359	0,8350
SG132-10	@ P/Po= 0,238576905	0,6794	0,8689
SG132-100	@ P/Po= 0,241960361	0,5518	0,7034
SG132-10-US	@ P/Po= 0,225692889	0,5693	0,7510
SG132-100-US	@ P/Po= 0,225935246	1,0983	1,4963
WS132	@ P/Po= 0,237823664	0,6582	0,8663
WS132-10	@ P/Po= 0,238612476	0,6191	0,7912
WS132-100	@ P/Po= 0,238398832	0,6255	0,8143

Mô hình BET đối với các đường đẳng nhiệt là lý thuyết được sử dụng rộng rãi để tính toán diện tích bề mặt riêng. Phân tích bao gồm việc xác định dung tích đơn lớp của bề mặt mẫu bằng cách tính toán lượng cần thiết để bao phủ toàn bộ bề mặt bằng một lớp krypton chắc. Dung tích đơn lớp được nhân với diện tích mặt cắt ngang của phân tử của khí đầu dò để xác định tổng diện tích bề mặt. Diện tích bề mặt riêng là diện tích bề mặt của một phần mẫu được chia cho khối lượng của mẫu.

Ví dụ 14 - Xác định chiều dài xơ của nguyên liệu đã được chiếu xạ

Việc thử nghiệm độ phân bố chiều dài xơ được tiến hành làm ba bản đối với các mẫu thử nghiệm bằng cách sử dụng hệ Techpap MorFi LB01. Chiều dài trung bình và chiều rộng được thể hiện trong bảng 9.

Bảng 9. Tóm tắt dữ liệu chiều dài và chiều rộng xơ lignoxenluloza

Nhận biết mẫu	Trung bình số học (mm)	Chiều dài trung bình (mm)	Chiều dài trung bình đã được hiệu chỉnh bằng phương pháp thống kê (mm)	Chiều rộng (micromete) (um)
P132-10	0,484	0,615	0,773	24,7
P132-100	0,369	0,423	0,496	23,8
P132-181	0,312	0,342	0,392	24,4
A132-10	0,382	0,423	0,650	43,2
A132-100	0,362	0,435	0,592	29,9

SG132-10	0,328	0,363	0,521	44,0
SG132-100	0,325	0,351	0,466	43,8
WS132-10	0,353	0,381	0,565	44,7
WS132-100	0,354	0,371	0,536	45,4

Ví dụ 15 - Việc xử lý siêu âm cò ba chẽ được chiếu xạ và không được chiếu xạ

Cò ba chẽ được cắt theo Ví dụ 4. Cò này được xử lý chỉ bằng siêu âm hoặc chiếu xạ gama với liều 10Mrad hoặc 100Mrad và sau đó được siêu âm. Nguyên liệu thu được này tương ứng với G132-BR (không được chiếu xạ), G132-10-BR (10Mrad và siêu âm) và G132-100-BR (100Mrad và siêu âm), như được thể hiện trong bảng 1. Việc siêu âm được tiến hành trên mỗi mẫu trong 30 phút bằng siêu âm 20kHz từ đầu phóng 1000W trong các điều kiện tái tuần hoàn. mỗi mẫu được phân tán trong nước ở nồng độ khoảng 0,10 g/mL.

Các FIG.30 và FIG.31 thể hiện thiết bị được sử dụng để siêu âm. Thiết bị 500 bao gồm bộ biến đổi 502 được nối với bộ khuếch đại 504 thông với đầu phóng 506 được chế tạo từ titan hoặc hợp kim của titan. Đầu phóng này, có vành bịt kín 510 được tạo ra từ VITON[®] bao ngoài nó ở phía xử lý của nó, tạo thành một vành bịt kín không thấm chất lỏng với phòng xử lý 508. Phía xử lý của đầu phóng được ngâm trong chất lỏng, như nước, được phân tán trong mẫu cần được siêu âm. Áp suất trong phòng được kiểm tra bằng áp kế 512. Trong quá trình vận hành, mỗi mẫu được chuyển động bằng bơm 517 từ thùng 516 đến phòng xử lý và được siêu âm. Sau khi siêu âm, mẫu này được thu gom trong thùng 520. Quy trình này có thể ngược lại ở chỗ các chất trong thùng 520 có thể được đưa tới phòng xử lý và được thu gom trong thùng 516. Quy trình này có thể được lặp lại nhiều lần đến khi mức xử lý mong muốn được phân phối tới mẫu.

Ví dụ 16 - Vi ảnh điện tử quét cò ba chẽ không được chiếu xạ so với cò ba chẽ được chiếu xạ và được siêu âm

Các mẫu cò ba chẽ đối với vi ảnh điện tử quét được áp dụng cho dải cacbon (70 giây). Các ảnh lấy được bằng kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường JEOL 6500.

FIG.32 là vi ảnh điện tử quét với độ phóng đại gấp 1000 lần của nguyên liệu dạng sợi thu được từ việc cắt cò ba chẽ bằng dao cắt quay và sau đó cho nguyên liệu đã được cắt đi qua sàng có cỡ lỗ 1/32 inso.

FIG.33 và FIG.34 là vi ảnh điện tử quét của nguyên liệu dạng sợi được thể hiện trên FIG.32 sau khi chiếu xạ gama lần lượt ở 10Mrad và 100Mrad, với độ phóng đại gấp 1000 lần.

FIG.35 là vi ảnh điện tử quét của nguyên liệu dạng sợi được thể hiện trên FIG.32 sau khi chiếu xạ 10Mrad và siêu âm với độ phóng đại gấp 1000 lần.

FIG.36 là vi ảnh điện tử quét của nguyên liệu dạng sợi được thể hiện trên FIG.32 sau khi chiếu xạ 00Mrad và siêu âm với độ phóng đại gấp 1000 lần.

Ví dụ 17 - Phổ hồng ngoại của giấy kraft được chiếu xạ so với giấy kraft không được chiếu xạ

Phân tích FT-IR được tiến hành trên thiết bị Nicolet/Impact 400. Các kết quả chỉ ra rằng tất cả các mẫu được thể hiện trong bảng 1 là phù hợp với nguyên liệu trên cơ sở xenluloza.

FIG.37 là phổ hồng ngoại của giấy Kraft được cắt theo Ví dụ 4, trong khi FIG.38 là phổ hồng ngoại của giấy Kraft được thể hiện trên FIG.38 sau khi chiếu xạ gama với liều 100Mrad. Mẫu đã được chiếu xạ cho thấy đỉnh bổ sung trong vùng A (tập trung ở khoảng 1730 cm^{-1}) không phát hiện được trong nguyên liệu không được chiếu xạ.

Ví dụ 18 - Kết hợp việc xử lý sơ bộ bằng chùm tia điện tử và siêu âm

Cỏ ba chẽ được sử dụng làm nguyên liệu và được cắt bằng dao cắt quay Munson thành nguyên liệu dạng sợi. Sau đó, nguyên liệu dạng sợi được phân bố đồng đều trên khay mở làm bằng thiếc có diện tích lớn hơn khoảng 500 in^2 . Nguyên liệu dạng sợi này được phân bố sao cho nó có chiều dày khoảng 1 – 2 inso trong khay mở này. Nguyên liệu dạng sợi có thể được phân bố trong các túi làm bằng chất dẻo với liều lượng chiếu xạ thấp (dưới 10 MRad) và để lại phần không được phủ trên khay kim loại với các liều lượng chiếu xạ cao hơn.

Các mẫu nguyên liệu dạng sợi riêng biệt sau đó được cho tiếp xúc với các cường độ chiếu xạ chùm tia điện tử lần lượt để đạt được tổng lượng bằng 1Mrad, 2Mrad, 3,Mrad, 5Mrad, 10Mrad, 50Mrad và 100Mrad. Một số mẫu được duy trì trong cùng một điều kiện như các mẫu còn lại, nhưng không được chiếu xạ, để dùng làm mẫu đối chứng. Sau khi làm nguội, nguyên liệu đã được chiếu xạ dạng sợi được đưa đi xử lý thêm bằng thiết bị siêu âm.

Thiết bị siêu âm bao gồm bộ biến đổi được nối với bộ khuếch đại thông với đầu phóng được chế tạo bằng titan hoặc hợp kim của titan. Đầu phóng này, có vành

bịt kín được tạo ra từ VITON[®] bao ngoài nó ở phía xử lý của nó, tạo thành một vành bịt kín không thấm chất lỏng với phòng xử lý. Phía xử lý của đầu phóng được ngâm trong chất lỏng, như nước, được phân tán trong mẫu cần được siêu âm. Áp suất trong phòng được kiểm tra bằng áp kế. Trong quá trình vận hành, mỗi mẫu được chuyển động bằng bơm đến phòng xử lý và được siêu âm.

Để chuẩn bị nguyên liệu đã được chiếu xạ dạng sợi để siêu âm, nguyên liệu đã được chiếu xạ dạng sợi được loại bỏ ra khỏi đồ chứa bất kỳ (ví dụ, các túi làm bằng chất dẻo) và được phân tán trong nước ở nồng độ khoảng 0,10 g/mL. Việc siêu âm được tiến hành trên mỗi mẫu trong thời gian 30 phút bằng siêu âm 20 kHz từ đầu phóng 1000 W trong các điều kiện tái tuần hoàn. Sau khi siêu âm, nguyên liệu đã được chiếu xạ dạng sợi được thu gom trong thùng. Quy trình này có thể được lặp lại nhiều lần đến mức xử lý mong muốn đạt được dựa trên cơ sở theo dõi sự thay đổi cấu trúc ở cở ba chẽ. Đồng thời, một số mẫu được chiếu xạ được giữ trong cùng một điều kiện như các mẫu còn lại, nhưng không được siêu âm, để dùng làm các mẫu đối chứng. Ngoài ra, một số mẫu không được chiếu xạ được siêu âm, cũng dùng làm các mẫu đối chứng. Do vậy, một số mẫu đối chứng không được xử lý, một số chỉ được chiếu xạ và một số chỉ được siêu âm.

Ví dụ 19 - Thử nghiệm sinh khối đã được xử lý sơ bộ bằng vi sinh

Các nguyên liệu lignoxenluloza cụ thể đã được xử lý sơ bộ như đã được mô tả trong bản mô tả này được phân tích độc tính đối với chủng nấm men và vi khuẩn thường được sử dụng trong công nghiệp nhiên liệu sinh học ở bước lên men trong sản xuất etanol. Ngoài ra, hàm lượng đường và độ tương hợp với enzym xenlulaza được kiểm tra để xác định khả năng thực thi của quy trình xử lý. Việc thử nghiệm các nguyên liệu đã được xử lý sơ bộ được tiến hành làm hai pha như sau.

I. Độc tính và hàm lượng đường

Độc tính của nguyên liệu cỏ và giấy đã được xử lý sơ bộ được đo trong nấm men *Saccharomyces cerevisiae* (nấm men rượu vang) và *Pichia stipitis* (ATCC 66278) cũng như vi khuẩn *Zymomonas mobilis* (ATCC 31821) và *Clostridium thermocellum* (ATCC 31924). Nghiên cứu sinh trưởng được tiến hành với mỗi vi sinh vật để xác định thời gian ủ và lấy mẫu tối ưu.

Sau đó, mỗi nguyên liệu được ủ, hai bản sao, với *S. cerevisiae*, *P. stipitis*, *Z. mobilis* và *C. thermocellum* trong môi trường vi sinh chuẩn đối với mỗi vi sinh vật. Canh YM được sử dụng đối với hai chủng nấm men, *S. cerevisiae* và *P. stipitis*. môi trường RM được sử dụng đối với *Z. mobilis* và môi trường CM4 được sử dụng đối với *C. thermocellum*. Đối chứng dương tính, với đường tinh khiết được bổ sung, nhưng không có nguyên liệu, được sử dụng để so sánh. Trong quá trình ủ, tổng số 5 mẫu được lấy ra trong khoảng thời gian 12 giờ ở các thời điểm 0, 3, 6, 9 và 12 giờ và được phân tích về khả năng sống (số đếm trên đĩa đối với *Z. mobilis* và số đếm trực tiếp đối với *S. cerevisiae*) và nồng độ ethanol.

Hàm lượng đường của nguyên liệu được đo bằng cách sử dụng sắc ký lỏng tính năng cao (HPLC) được lắp với cột Shodex3 sugar SP0810 hoặc Biorad Aminex[®] HPX-87P. Mỗi nguyên liệu (khoảng 5 g) được trộn với nước thẩm thấu ngược (RO) trong 1 giờ. Phần lỏng của hỗn hợp được loại bỏ và được phân tích về hàm lượng glucoza, galactoza, xyloza, mannoza, arabimnoza và xenlobioza. Việc phân tích được tiến hành theo National Bioenergy Center protocol *Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass*.

II. Độ tương hợp xenlulaza

Các nguyên liệu được thử nghiệm, hai bản sao, với Accellerase[™] 1000 có bán trên thị trường, chứa phức hợp enzym khử lignoxenluloza sinh khối thành đường dễ lên men." Hai chế phẩm xenlulaza khác nhau, *Trichoderma reesei* và *Aspergillus nidulans* ở nhiệt độ và nồng độ được khuyến dùng trong bình cầu Erlenmeyer. Bình cầu này được ủ cùng với việc lắc nhẹ ở tốc độ khoảng 200 vòng/phút trong thời gian 12 giờ. Trong quá trình đó, các mẫu được lấy ra sau mỗi ba giờ ở các thời điểm 0, 3, 6, 9 và 12 giờ để xác định nồng độ của đường khử (Hope and Dean, *Biotech J.*, 1974, 144:403) trong phần dịch lỏng trong bình cầu.

Ví dụ 20 - Sản xuất rượu bằng cách xử lý sơ bộ chiếu xạ-siêu âm

Kích thước tối ưu đối với thiết bị chuyển hoá sinh khối được tác động bằng các yếu tố bao gồm tính kinh tế của quy mô sản xuất và loại và tính khả dụng của sinh khối được sử dụng làm nguyên liệu. Việc tăng kích thước thiết bị thường làm tăng tính kinh tế của quy mô sản xuất liên quan đến quy trình thiết bị. Tuy nhiên, việc tăng kích thước thiết bị cũng thường làm tăng chi phí (ví dụ, chi phí vận chuyển) cho một đơn vị nguyên liệu sinh khối. Các nghiên cứu phân tích các yếu tố này gợi ý rằng

kích thước thích hợp đối với thiết bị chuyển hoá sinh khối có thể nằm trong khoảng từ 2000 tới 10.000 tấn nguyên liệu khô sinh khối trong một ngày. Thiết bị được mô tả dưới đây có kích thước để xử lý 2000 tấn nguyên liệu khô sinh khối trong một ngày.

FIG.39 thể hiện sơ đồ xử lý của hệ chuyển hoá sinh khối được cấu tạo để xử lý cỏ ba chẽ. Hệ thống phụ xử lý nguyên liệu xử lý nguyên liệu thô sinh khối để loại bỏ các vật lạ và cung cấp các hạt có kích thước đồng nhất để xử lý tiếp. Hệ thống phụ xử lý sơ bộ làm thay đổi cấu trúc phân tử (ví dụ, làm giảm trọng lượng phân tử trung bình và mức độ kết tinh) của nguyên liệu sinh khối bằng cách chiếu xạ nguyên liệu sinh khối, trộn nguyên liệu sinh khối đã được chiếu xạ với nước để tạo ra huyền phù đặc và cung cấp năng lượng siêu âm cho huyền phù. Việc chiếu xạ và siêu âm làm chuyển hoá các hợp phần xenluloza và lignoxenluloza trong nguyên liệu sinh khối thành các chất dễ lên men. Hệ thống phụ xử lý sơ cấp lên men glucoza và đường có trọng lượng thấp khác sau khi xử lý sơ bộ để tạo ra các rượu.

Chuẩn bị nguyên liệu

Tốc độ cấp được chọn đối với thiết bị là 2.000 tấn sinh khối cỏ ba chẽ khô mỗi ngày. Nguyên liệu cấp là cỏ ba chẽ đã được chặt và/hoặc cắt.

Nguyên liệu sinh khối dưới dạng các kiện cỏ ba chẽ được chuyển chở bởi các đoàn ô tô tải. Khi các ô tô tải chở hàng, chúng được cân và được bốc dỡ bằng xe nâng hàng. Một số kiện được đưa đi cất giữ tại chỗ trong khi số còn lại được đưa trực tiếp tới băng chuyền. Từ đó, các kiện này được chuyển chở tới hệ thống mở kiện tự động, hệ này cắt đi phần dây buộc làm bằng và/hoặc lưới bao quanh các kiện. Sau đó, nguyên liệu sinh khối được chuyển chở đi qua thiết bị tách từ để loại bỏ kim loại cso trong đó, sau đó, nó được đưa vào vào dây máy băm-máy cắt, ở đó nguyên liệu được làm giảm kích thước. Cuối cùng, nguyên liệu sinh khối được chuyển chở tới hệ thống phụ xử lý sơ bộ.

Trong một số trường hợp, các kiện cỏ ba chẽ được bao bọc bằng lưới làm bằng chất dẻo, để đảm bảo chúng không bị thủng khi xử lý và có thể chúng còn được bọc bằng màng chất dẻo để bảo vệ kiện khỏi sự ảnh hưởng của thời tiết. Các kiện này có hình vuông hoặc tròn. Các kiện này được nhận tại thiết bị từ nơi cất giữ xa trên các đoàn xe lớn.

Do cỏ ba chẽ chỉ sẵn có theo mùa, nên việc cất giữ trong thời gian dài là cần thiết để cung cấp nguyên liệu cho thiết bị quanh năm. Nơi cất giữ trong thời gian dài sẽ gồm 400-500 mẫu Anh bao gồm các hàng cọc gồm các kiện tại địa điểm

(hoặc nhiều vị trí) khá gần với thiết bị sản xuất etanol. Việc cất giữ tại chỗ trong thời gian ngắn cung cấp tương đương với 72 giờ sản xuất ở khu vực cất giữ bên ngoài. Các kiện và các đường vào bao quanh cũng như các băng chuyền vận chuyển sẽ ở trên tấm bê tông. Tấm bê tông được sử dụng bởi vì khối lượng giao thông cần thiết để phân phối lượng lớn nguyên liệu sinh khối cần thiết. Tấm bê tông sẽ làm giảm đến mức tối thiểu lượng nước cố định trong nơi cất giữ, cũng như giảm mức độ tiếp xúc của nguyên liệu sinh khối với chất bẩn. Nguyên liệu cất giữ cho sự cung cấp trong thời gian ngắn đối với các ngày nghỉ cuối tuần, ngày lễ và khi phân phối nguyên liệu trực tiếp bình thường cho quy trình bị gián đoạn.

Các kiện được dỡ tải bằng các xe nâng hàng và được đặt trực tiếp lên các băng chuyền vận chuyển kiện hoặc ở các nơi cất giữ trong thời gian ngắn. Các kiện này cũng được thu hồi từ nơi cất giữ trong thời gian ngắn bằng các xe nâng hàng và được nạp lên các băng chuyền vận chuyển kiện.

Các kiện vận chuyển tới một trong số hai trạm tháo kiện. Các kiện chưa tháo được làm vỡ bằng cách sử dụng xà ngang phân phối và sau đó được xả ra lên băng chuyền, băng chuyền này đi qua thiết bị tách từ để loại bỏ kim loại trước khi băm vụn. Nam châm hút sắt được cung cấp để hút kim loại từ rải rác và sàng thô loại bỏ nguyên liệu có kích thước quá cỡ và các chất lạ ở phía trước của nhiều dây máy băm-máy cắt, làm giảm kích thước của nguyên liệu sinh khối tới kích thước đúng để xử lý sơ bộ. Dây máy băm-máy cắt bao gồm máy băm và dao cắt quay. Máy băm làm giảm kích thước của nguyên liệu thô sinh khối và cấp nguyên liệu thu được này cho dao cắt quay. Dao cắt quay đồng thời cắt nguyên liệu sinh khối và sàng nguyên liệu thu được này.

Ba thùng cất giữ được cung cấp để giới hạn tổng thời gian chết của hệ thống do sự bảo dưỡng cần thiết đến và/hoặc sự phân huỷ của hệ thống phụ xử lý nguyên liệu. Mỗi thùng có thể giữ xấp xỉ 55.000 fút khối nguyên liệu sinh khối (~3 giờ vận hành thiết bị).

Xử lý sơ bộ

Băng chuyền mang nguyên liệu sinh khối từ hệ thống phụ xử lý nguyên liệu 110 tới hệ thống phụ xử lý sơ bộ 114. Như được thể hiện trên FIG.40, trong hệ thống phụ xử lý sơ bộ 114, nguyên liệu sinh khối được chiếu xạ bằng cách sử dụng nguồn phát ra chùm tia điện từ, được trộn với nước để tạo ra huyền phù đặc và được tác dụng năng lượng siêu âm. Như nêu trên, việc chiếu xạ nguyên liệu sinh khối

làm thay đổi cấu trúc phân tử (ví dụ, làm giảm trọng lượng phân tử trung bình và mức độ kết tinh) của nguyên liệu sinh khối. Việc trộn nguyên liệu sinh khối đã được chiếu xạ thành huyền phù đặc và đưa năng lượng siêu âm tới huyền phù làm thay đổi tiếp cấu trúc phân tử nguyên liệu sinh khối. Việc áp dụng chiếu xạ và siêu âm theo trình tự có thể có tác dụng hiệp đồng bởi vì sự kết hợp của kỹ thuật đã làm đạt được các thay đổi lớn hơn đối với cấu trúc phân tử (ví dụ, làm giảm trọng lượng phân tử trung bình và độ kết tinh) so với kỹ thuật có thể đạt được một cách có hiệu quả đến chính nó. Dù không muốn bị ràng buộc bởi lý thuyết, ngoài việc làm giảm mức độ polyme hoá nguyên liệu sinh khối bằng cách phá vỡ các liên kết trong phân tử giữa các đoạn trong các thành phần xenluloza và lignoxenluloza của nguyên liệu sinh khối, sự chiếu xạ có thể làm cho toàn bộ cấu trúc vật lý của nguyên liệu sinh khối giòn hơn. Sau khi nguyên liệu sinh khối giòn này được trộn trong huyền phù đặc, việc áp dụng năng lượng siêu âm làm thay đổi tiếp cấu trúc phân tử (ví dụ, làm giảm trọng lượng phân tử trung bình và độ kết tinh) và cũng có thể làm giảm kích thước của các hạt nguyên liệu sinh khối.

Chiếu xạ bằng chùm tia điện tử

Băng chuyền 491 mang nguyên liệu sinh khối vào hệ thống phụ xử lý sơ bộ phân phối nguyên liệu sinh khối vào nhiều dòng nguyên liệu cấp (ví dụ 50 dòng nguyên liệu cấp), mỗi dòng dẫn tới các nguồn phát ra chùm tia điện tử riêng biệt 492. Theo phương án này, nguyên liệu sinh khối được chiếu xạ mặc dù nó khô. Mỗi dòng nguyên liệu cấp được mang trên một băng chuyền riêng tới nguồn phát ra chùm tia điện tử. Mỗi băng chuyền đưa nguyên liệu đi chiếu xạ có thể có chiều rộng xấp xỉ 1 met. Trước khi tới nguồn phát ra chùm tia điện tử, việc làm rung cục bộ được gây ra trong mỗi băng chuyền để phân phối một cách đồng đều nguyên liệu khô sinh khối trên chiều rộng của tiết diện của băng chuyền.

Nguồn phát ra chùm tia điện tử 492 (ví dụ, các thiết bị chiếu xạ bằng chùm tia điện tử có bán ở Titan Corporation, San Diego, CA) được cấu tạo để áp dụng liều lượng electron là 100 kilo-Gray được áp dụng ở công suất 300 kW. Nguồn phát ra chùm tia điện tử là thiết bị chùm quét với bề rộng quét bằng 1 mét tương ứng với chiều rộng của băng chuyền. Theo một số phương án, nguồn phát ra chùm tia điện tử với bề rộng chùm tia cố định lớn được sử dụng. Các yếu tố bao gồm chiều rộng băng chuyền/chùm tia, liều lượng mong muốn, tỷ trọng của nguyên liệu sinh khối

và năng lượng được áp dụng chi phối đến số nguồn phát ra chùm tia điện tử được yêu cầu đối với thiết bị để xử lý 2.000 tấn nguyên liệu khô mỗi ngày.

Siêu âm

Nguyên liệu sinh khối đã được chiếu xạ được trộn với nước để tạo ra huyền phù đặc trước khi năng lượng siêu âm được áp dụng. Có thể một hệ siêu âm riêng biệt được đi liền với mỗi dòng cấp chùm tia điện tử hoặc một số dòng cấp chùm tia điện tử có thể được kết hợp như là nguông cấp cho một hệ siêu âm.

Trong mỗi hệ siêu âm, nguyên liệu sinh khối đã được chiếu xạ được cấp vào bể lớn 1214 qua cửa nạp thứ nhất 1232 và nước được cấp vào bể lớn 1214 qua cửa nạp thứ hai 1234. Các van thích hợp (được điều khiển bằng tay hoặc tự động) khống chế tốc độ chảy của nguyên liệu sinh khối và tốc độ chảy của nước để tạo ra tỷ lệ mong muốn giữa nguyên liệu sinh khối và nước (ví dụ 10% nguyên liệu xenluloza, trọng lượng theo thể tích). Mỗi bể lớn 1214 bao gồm thiết bị khuấy 1240 để khuấy các chất trong thể tích 1236 và phân tán nguyên liệu sinh khối trong nước.

Trong mỗi hệ siêu âm, huyền phù được bơm (ví dụ, bằng cách sử dụng bơm xoáy ly tâm 1218) từ bể lớn 1214 tới và qua khoang 1224 có bộ chuyển đổi siêu âm 1226. Theo một số phương án, bơm 1218 được cấu tạo để khuấy huyền phù 1216 sao cho hỗn hợp chứa nguyên liệu sinh khối và nước là gần như đồng đều ở cửa vào 1220 của khoang 1224. Ví dụ, bơm 1218 có thể khuấy huyền phù 1216 để tạo ra dòng chảy rồi tiếp tục qua toàn ống dẫn giữa bơm thứ nhất và cửa vào 1220 của khoang 1224.

Trong khoang 1224, bộ chuyển đổi siêu âm 1226 truyền năng lượng siêu âm vào huyền phù 1216 dưới dạng huyền phù chảy qua khoang 1224. Bộ chuyển đổi siêu âm 1226 chuyển hoá điện năng thành năng lượng cơ học cao tần (ví dụ, năng lượng siêu âm) sau đó được phân phối tới huyền phù qua bộ khuếch đại 48. Bộ chuyển đổi siêu âm là có bán trên thị trường (ví dụ, Hielscher USA, Inc. ở Ringwood, New Jersey) là có khả năng phân phối năng lượng liên tục bằng 16 kilô oát.

Năng lượng siêu âm đi qua bộ khuếch đại 1248 trong buồng phản ứng 1244 tạo ra một loạt quá trình nén và làm loãng khí trong dòng xử lý 1216 với cường độ đủ để tạo ra sự tạo hốc chân không trong dòng xử lý 1216. Sự tạo hốc chân không tách các hợp phần của nguyên liệu sinh khối bao gồm, ví dụ, xenluloza và nguyên

liệu lignoxenluloza được phân tán trong dòng xử lý 1216 (ví dụ, huyền phù). Sự tạo hốc chân không cũng tạo ra các gốc tự do trong nước của dòng xử lý 1216 (ví dụ, huyền phù). Các gốc tự do này có tác dụng phá vỡ tiếp nguyên liệu xenluloza trong dòng xử lý 1216. Nói chung, khoảng 250 MJ/m^3 năng lượng siêu âm được áp dụng cho dòng xử lý 1216 gồm các đoạn lát mỏng gỗ dương. Các mức năng lượng siêu âm khác (nằm trong khoảng từ 5 tới 4000 MJ/m^3 , ví dụ 10, 25, 50, 100, 250, 500, 750, 1000, 2000, hoặc 3000) có thể được áp dụng cho các nguyên liệu sinh khối khác sau khi tiếp xúc với năng lượng siêu âm trong buồng phản ứng 1244, dòng xử lý 1216 đi ra khỏi khoang 24 qua cửa ra 1222.

Khoang 1224 cũng bao gồm thiết bị trao đổi nhiệt 1246 tiếp xúc nhiệt với ít nhất một phần của buồng phản ứng 1244. Chất lỏng làm mát 1248 (ví dụ, nước) chảy vào thiết bị trao đổi nhiệt 1246 và hấp thụ nhiệt sinh ra khi dòng xử lý 1216 (ví dụ, huyền phù) được siêu âm trong buồng phản ứng 1244. Theo một số phương án, dòng chất lỏng làm mát 1248 đi vào thiết bị trao đổi nhiệt 1246 được kiểm soát để duy trì nhiệt độ gần như không đổi trong buồng phản ứng 1244. Ngoài ra hoặc theo phương án khác, nhiệt độ của chất lỏng làm mát 1248 chảy vào thiết bị trao đổi nhiệt 1246 được kiểm soát để duy trì nhiệt độ gần như không đổi trong buồng phản ứng 1244.

Cửa ra 1242 của khoang 1224 được bố trí gần đáy bể lớn 1214 để gây ra sự cấp liệu nhờ trọng lực của dòng xử lý 1216 (ví dụ, huyền phù) đi ra khỏi bể lớn 1214 hướng về cửa vào của bơm thứ hai 1230 bơm dòng xử lý 1216 (ví dụ, huyền phù) tới hệ thống phụ xử lý sơ cấp.

Hệ thống siêu âm có thể bao gồm dòng chảy một đường (như được mô tả trên đây) hoặc nhiều dòng chảy song song, mỗi dòng với các thiết bị siêu âm đơn lẻ đi liền. Nhiều thiết bị siêu âm có thể còn được bố trí theo dãy để làm tăng lượng năng lượng âm thanh được áp dụng cho huyền phù.

Xử lý sơ cấp

Thiết bị lọc loại thùng quay chân không loại bỏ các chất rắn ra khỏi huyền phù trước khi lên men. Chất lỏng từ thiết bị lọc được bơm được làm nguội trước khi đi vào bình lên men. Các chất rắn đã được lọc được cho đi qua hệ thống xử lý phụ sau xử lý để xử lý thêm.

Các thùng lên men là các thùng chứa làm bằng thép không gỉ lớn, chịu áp thấp có đáy hình nón và các máy khuấy tốc độ chậm. Nhiều thùng lên men giai đoạn

thứ nhất có thể được bố trí theo dãy. Nhiệt độ trong các thùng lên men giai đoạn thứ nhất được kiểm soát tới 30°C bằng cách sử dụng thiết bị trao đổi nhiệt bên ngoài. Nấm men được bổ sung vào thùng giai đoạn thứ nhất lên men ở đầu của dãy thùng và mang tới các thùng khác trong dãy.

Quá trình lên men giai đoạn thứ hai bao gồm hai bình bên men liên tục theo dãy. Cả hai bình bên men được khuấy một cách liên tục bằng thiết bị khuấy cơ học tốc độ chậm. Nhiệt độ được kiểm soát bằng nước lạnh trong các thiết bị trao đổi bên ngoài với việc tái tuần hoàn liên tục. Các bơm tái tuần hoàn là loại bơm khoang tuần tự vì có nồng độ chất rắn cao.

Khí thải từ các thùng lên men và bình bên men được kết hợp và rửa trong cột nước theo kiểu dòng ngược trước khi được cho thoát ra ngoài vào khí quyển. Khí thải được rửa để thu hồi etanol chứ không phải là để kiểm soát sự thoát khí vào không khí.

Quy trình sau xử lý

Chưng cất

Việc chưng cất và hấp phụ rây phân tử được sử dụng để thu hồi etanol từ bia lên men thô và tạo ra 99,5% etanol. Việc chưng cất đạt được trong hai cột—cột thứ nhất được gọi là cột bia, loại bỏ CO₂ hòa tan và hầu hết nước và cột thứ hai, cô đặc etanol tới hỗn hợp gần đẳng phí.

Toàn bộ nước từ hỗn hợp gần đẳng phí được loại bỏ bằng hấp phụ rây phân tử pha hơi. Việc tái sinh các cột hấp phụ đòi hỏi hỗn hợp nước etanol phải được tái tuần hoàn để chưng cất thu hồi.

Các lỗ thông hơi lên men (chứa chủ yếu là CO₂ và cả một số etanol) cũng như các lỗ thông hơi cột bia được rửa khí trong thiết bị rửa khí bằng nước, thu hồi gần như toàn bộ etanol. Dòng thoát ra khỏi thiết bị rửa khí được cấp lên cột chưng cất thứ nhất cùng với bia lên men.

Các sản phẩm đáy từ thiết bị chưng cất thứ nhất chứa tất cả các chất rắn không tan chưa chuyển hóa và các chất rắn hòa tan. Các chất rắn không tan được loại nước bằng thiết bị lọc áp lực và được đưa tới buồng đốt. Chất lỏng từ thiết bị lọc áp lực không được quay vòng lại được cô đặc trong thiết bị làm bay hơi đa dụng sử dụng nhiệt thải từ việc chưng cất. Sirô đặc từ thiết bị làm bay hơi được trộn với các chất rắn được đưa tới buồng đốt và phần ngưng được làm bay hơi được sử dụng làm nước quy vòng lại tương đối để xử lý.

Vì lượng nước có thể được quay vòng lại là hạn chế, nên thiết bị làm bay hơi được bao gồm trong quy trình. Tổng lượng nước từ thiết bị lọc áp lực trực tiếp được quay vòng lại được bố trí ở mức 25%. Các muối hữu cơ như amoni axetat hoặc lactat, các thành phần lỏng không được sử dụng bởi vi sinh vật, hoặc các hợp chất vô cơ trong sinh khối cuối cùng được kết thúc trong dòng này. Việc quay vòng lại quá nhiều chất này có thể dẫn đến các mức gồm cường độ ion và áp suất thẩm thấu có thể có hại cho hiệu quả lên men của vi sinh vật. Đối với nước không được quay vòng lại, thiết bị làm bay hơi cô đặc các rắn hòa tan thành sirô có thể được đưa tới buồng đốt, làm giảm đến mức tối thiểu lượng nước thải cần phải xử lý.

Xử lý nước thải

Bộ phận xử lý nước thải xử lý nước quy trình để tái sử dụng nhằm làm giảm nhu cầu nước bổ sung của thiết bị. Nước thải ban đầu được sàng để loại bỏ các hạt to, được thu gom trong phễu và được đưa tới nơi chôn chôn chất thải. Sau quá trình sàng là phân giải kỵ khí và phân giải hiếu khí để phân huỷ chất hữu cơ trong dòng này. Quá trình phân giải kỵ khí làm tạo ra dòng biôga giàu khí metan được cấp tới buồng đốt. Quá trình phân giải hiếu khí tạo ra dòng nước tương đối sạch để tái sử dụng trong quy trình cũng như bùn cặn chủ yếu chứa khối tế bào. Cặn bám cũng được đốt cháy trong buồng đốt. Sơ đồ sàng/phân giải kỵ khí/phân giải hiếu khí này là sơ đồ chuẩn trong ngành công nghiệp và thiết bị sản xuất etanol hiện nay trong khoảng 1-5 triệu galông mỗi ngày có thể thu được dưới dạng thiết bị “không bán trong quầy” từ các nhà bán đạo.

Buồng đốt, nồi hơi và tuabin phát điện

Mục đích của hệ thống phụ buồng đốt, nồi hơi và tuabin phát điện là để đốt cháy các dòng sản phẩm phụ khác nhau để tạo ra hơi nước và điện. Ví dụ, một số lignin, xenluloza và bán xenluloza vẫn chưa được chuyển hóa khi xử lý sơ bộ và xử lý sơ cấp. Phần lớn nước thải từ quy trình được cô thành dạng sirô chứa các chất rắn tan với hàm lượng cao. Quá trình phân giải kỵ khí nước thải còn lại tạo ra biôga giàu metan. Quá trình phân giải hiếu khí tạo ra lượng nhỏ sinh khối chất thải (bùn cặn). Việc đốt cháy các dòng sản phẩm phụ này để tạo ra hơi nước và điện cho phép thiết bị có đủ năng lượng cho bản thân dùng, giảm chi phí thải bỏ chất thải rắn và tạo ra thu nhập bổ sung qua việc bán điện thừa.

Ba dòng nhiên liệu sơ cấp (các chất rắn sau chưng cất, biôga và sirô từ thiết bị làm bay hơi) được cấp cho buồng đốt tăng sôi tuần hoàn. Lượng nhỏ sinh khối

thải (bùn cặn) từ việc xử lý nước thải cũng được đưa tới buồng đốt. Quạt thổi không khí vào buồng đốt cháy. Nước đã được xử lý đi vào vòng tuần hoàn trong thiết bị trao đổi nhiệt trong buồng đốt và được làm bay hơi và đun quá nhiệt tới 510°C (950°F) và 86 at (1265 psi) hơi nước. Khí ống khói từ buồng đốt đốt nóng sơ bộ không khí cháy đi vào, sau đó đi vào phòng lọc để loại bỏ các hạt, các hạt này được chôn lấp. Khí này được xả ra qua ống khói.

Tuabin và máy phát nhiều giai đoạn được sử dụng để tạo ra điện. Hơi nước được trích ra từ tuabin ở ba các điều kiện khác nhau để phun vào thiết bị phản ứng xử lý sơ bộ và trao đổi nhiệt trong quá trình chưng cất và làm bay hơi. Hơi nước được còn lại được ngưng tụ cùng với nước làm nguội và được cho quay trở lại hệ thống cấp nước cho nồi cùng với phần ngưng từ các thiết bị trao đổi nhiệt khác nhau trong quy trình. Nước đã được xử lý được sử dụng làm nước bổ sung để thay thế hơi nước được sử dụng để phun trực tiếp.

Các phương án khác

Một số phương án của sáng chế đã được mô tả trên đây. Tuy nhiên, sẽ cần phải hiểu rằng các phương án cải biến khác nhau có thể được tạo ra mà vẫn nằm trong ý đồ và phạm vi của sáng chế.

Theo một số phương án, các liều lượng chiếu xạ tương đối thấp, tùy ý, kết hợp với năng lượng âm thanh, ví dụ, siêu âm, được sử dụng để liên kết ngang, ghép, hoặc theo cách khác là làm tăng trọng lượng phân tử của nguyên liệu chứa hydrat cacbon tự nhiên hoặc tổng hợp, như các nguyên liệu bất kỳ ở dạng bất kỳ (ví dụ, dạng sợi) đã được mô tả trong bản mô tả này, ví dụ, nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza đã được cắt hoặc không cắt, như xenluloza. Việc tạo liên kết ngang, ghép, hoặc theo cách khác là làm tăng trọng lượng phân tử của nguyên liệu chứa hydrat cacbon tự nhiên hoặc tổng có thể được tiến hành theo cách có kiểm soát và định trước bằng cách lựa chọn loại hoặc các loại chiếu xạ được sử dụng (ví dụ, chùm điện tử và tia cực tím hoặc chùm điện tử và gama) và/hoặc liều lượng hoặc một số liều lượng chiếu xạ được áp dụng. Nguyên liệu như vậy có trọng lượng phân tử tăng có thể là hữu ích trong việc tạo ra vật liệu compozit, như vật liệu compozit chứa nhựa và sợi, có các đặc tính cơ học cải thiện, như độ bền mài mòn, độ bền nén, độ bền chống đứt gãy, độ bền chống va đập, độ bền uốn, mô đun kéo, mô đun uốn và độ giãn dài khi đứt. Việc tạo liên kết ngang, ghép, hoặc theo cách khác là làm tăng trọng lượng phân tử của nguyên liệu được chọn có thể cải thiện độ

ổn định nhiệt của nguyên liệu so với nguyên liệu không được xử lý. Sự tăng độ ổn định nhiệt của nguyên liệu được chọn có thể cho phép nguyên liệu này được xử lý ở nhiệt độ cao hơn mà không bị thoái biến. Ngoài ra, việc xử lý nguyên liệu bằng chiếu xạ có thể làm tiệt trùng nguyên liệu, có thể làm giảm xu hướng bị mục của chúng, ví dụ, trong khi được đưa vào vật liệu composit. Việc tạo liên kết ngang, ghép, hoặc theo cách khác là làm tăng trọng lượng phân tử của nguyên liệu chứa hydrat cacbon tự nhiên hoặc tổng có thể được tiến hành theo cách có kiểm soát và định trước đối với ứng dụng cụ thể để tạo ra đặc tính tối ưu, như độ bền, bằng cách lựa chọn loại hoặc các loại chiếu xạ được sử dụng và/hoặc liều lượng hoặc các liều lượng chiếu xạ được áp dụng.

Khi được sử dụng, sự kết hợp của chiếu xạ, ví dụ, chiếu xạ liều lượng thấp và năng lượng âm thanh, ví dụ, năng lượng của hoặc siêu âm, có thể cải thiện năng suất của nguyên liệu và/hoặc làm giảm đến mức tối thiểu mức sử dụng năng lượng.

Nhựa có thể là nhựa dẻo nhiệt, rắn nhiệt, thể đàn hồi, chất dính bất kỳ hoặc hỗn hợp của chúng. Nhựa thích hợp bao gồm bất kỳ nhựa, hoặc hỗn hợp của nhựa đã được mô tả trong bản mô tả này.

Ngoài ra nhựa, nguyên liệu có trọng lượng phân tử tăng có thể được kết hợp, trộn, hoặc bổ sung vào các nguyên liệu khác, như kim loại, hợp kim, gốm (ví dụ, xi măng), lignin, thể đàn hồi, asphan, tuý tinh, hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng và/hoặc nhựa. Khi được bổ sung vào xi măng, xi măng được gia cường bằng nhựa có thể được tạo ra có các đặc tính cơ học cải thiện, như đặc tính đã được mô tả trong bản mô tả này, ví dụ, độ bền nén và/hoặc độ bền chống đứt gãy.

Việc tạo liên kết ngang, ghép, hoặc theo cách khác là làm tăng trọng lượng phân tử của nguyên liệu chứa hydrat cacbon tự nhiên hoặc tổng bằng cách chiếu xạ có thể tạo ra nguyên liệu hữu ích ở nhiều dạng và cho nhiều ứng dụng. Ví dụ, nguyên liệu chứa hydrat cacbon có thể dưới dạng sản phẩm từ giấy, như giấy, bột giấy, hoặc dòng thải từ giấy, vỏ bào, tấm nhiều lớp gỗ dán, ví dụ, gỗ dán, gỗ xẻ, ví dụ, gỗ thông, gỗ dương, gỗ sồi, hoặc thậm chí gỗ nhẹ bansa. Việc xử lý giấy, vỏ bào, tấm nhiều lớp hoặc gỗ xẻ, có thể làm tăng đặc tính cơ học của chúng, như của chúng độ bền. Ví dụ, việc xử lý gỗ thông xẻ bằng chiếu xạ có thể tạo ra nguyên liệu cấu trúc có độ bền cao.

Khi giấy được tạo ra bằng cách chiếu xạ, việc chiếu xạ có thể được sử dụng ở điểm bất kỳ trong quá trình sản xuất nó. Ví dụ, bột giấy có thể được chiếu xạ, phơi tạo hình trước chứa sợi ép có thể được chiếu xạ, hoặc giấy thành phẩm của nó

có thể được chiếu xạ. Theo một số phương án, việc chiếu xạ được áp dụng tại nhiều hơn một điểm trong quy trình sản xuất.

Ví dụ, nguyên liệu dạng sợi bao gồm nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza thứ nhất có trọng lượng phân tử thứ nhất có thể được chiếu xạ theo cách để tạo ra nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza thứ hai có trọng lượng phân tử thứ hai cao hơn so với trọng lượng phân tử thứ nhất. Ví dụ, nếu chiếu xạ gama được sử dụng làm nguồn chiếu xạ, liều lượng nằm trong khoảng từ 0,2Mrad tới 10Mrad, ví dụ, nằm trong khoảng từ 0,5Mrad tới 7,5Mrad, hoặc nằm trong khoảng từ 2,0Mrad tới 5,0Mrad, có thể được áp dụng. Nếu chùm điện tử chiếu xạ được sử dụng, liều lượng nhỏ hơn có thể được sử dụng (so với chiếu xạ gama), như liều lượng nằm trong khoảng từ 0,1Mrad tới 5Mrad, ví dụ, nằm trong khoảng từ 0,2Mrad tới 3Mrad, hoặc nằm trong khoảng từ 0,25Mrad tới 2,5Mrad. Sau liều lượng chiếu xạ tương đối thấp, nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza thứ hai có thể được kết hợp với nguyên liệu khác, như nhựa và định hình vật liệu compozit, ví dụ, bằng cách đúc ép, đúc phun hoặc ép đùn. Việc định hình vật liệu compozit nhựa-sợi đã được mô tả trong WO 2006/102543. Khi vật liệu compozit được tạo ra, chúng có thể được chiếu xạ để làm tăng thêm trọng lượng phân tử của nguyên liệu chứa hydrat cacbon trong khi ở trong vật liệu compozit.

Theo cách khác, nguyên liệu dạng sợi bao gồm nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza thứ nhất có trọng lượng phân tử thứ nhất có thể được kết hợp với nguyên liệu khác, như nhựa, để tạo ra vật liệu compozit và sau đó vật liệu compozit này có thể được chiếu xạ với liều lượng chiếu xạ tương đối thấp để tạo ra nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza thứ hai có trọng lượng phân tử thứ hai cao hơn so với trọng lượng phân tử thứ nhất. Ví dụ, nếu chiếu xạ gama được sử dụng làm nguồn chiếu xạ, liều lượng nằm trong khoảng từ 1Mrad tới 10Mrad có thể được áp dụng. Việc sử dụng phương pháp này đã làm tăng trọng lượng phân tử của nguyên liệu trong khi nó được kết hợp với chất nền, như chất nền nhựa. Theo một số phương án, nhựa là nhựa dễ liên kết ngang và, do đó, nó liên kết ngang khi nguyên liệu chứa hydrat cacbon có trọng lượng phân tử tăng, điều này có thể tạo ra tác dụng hiệp đồng để tạo ra đặc tính cơ học cao nhất cho vật liệu compozit. Ví dụ, vật liệu compozit như vậy có thể có đặc tính nhiệt độ thấp mỹ mãn, ví dụ, có xu hướng bị đứt vỡ và/hoặc rạn nứt giảm ở nhiệt độ thấp, ví dụ, nhiệt độ thấp hơn 0 °C, ví dụ, thấp hơn -10 °C, -20 °C, -40 °C, -50 °C, -60 °C hoặc thậm chí thấp hơn -100 °C và/hoặc tính năng mỹ mãn ở nhiệt độ cao, ví dụ, có khả năng duy trì đặc tính cơ

học có lợi của chúng ở nhiệt độ tương đối cao, ví dụ, ở nhiệt độ cao hơn 100 °C, ví dụ, cao hơn 125 °C, 150 °C, 200 °C, 250 °C, 300 °C, 400 °C, hoặc thậm chí cao hơn 500 °C. Ngoài ra, vật liệu composit như vậy có thể có độ bền hoá học mỹ mãn, ví dụ, độ bền chống trương trong dung môi, ví dụ, dung môi hydrocacbon, độ bền chống ăn mòn hoá học, ví dụ, bởi axit mạnh, bazơ mạnh, chất oxy hóa mạnh (ví dụ, clo hoặc chất tẩy trắng) hoặc các chất khử (ví dụ, kim loại hoạt động như natri và kali).

Theo một số phương án, nhựa, hoặc các chất nền khác, không liên kết ngang trong khi chiếu xạ. Theo một số phương án, việc chiếu xạ bổ sung được áp dụng trong khi nguyên liệu chứa hydrat cacbon ở trong chất nền để làm tăng thêm trọng lượng phân tử của nguyên liệu chứa hydrat cacbon. Theo một số phương án, chiếu xạ làm tạo ra các liên kết giữa chất nền và nguyên liệu chứa hydrat cacbon.

Theo một số phương án, nguyên liệu chứa hydrat cacbon là dưới dạng các sợi. Theo các phương án như vậy, khi các sợi được sử dụng trong vật liệu composit, các sợi này có thể được định hướng một cách ngẫu nhiên trong chất nền. Theo phương án khác, các sợi có thể là về cơ bản được định hướng, như theo một, hai, ba hoặc bốn hướng. Nếu muốn, các sợi này có thể là liên tục hoặc gián đoạn.

Chất phụ gia bất kỳ trong số các chất phụ gia sau có thể được bổ sung vào nguyên liệu dạng sợi, nguyên liệu dạng sợi đã được làm đặc hoặc các nguyên liệu bất kỳ khác và vật liệu composit đã được mô tả trong bản mô tả này. Các chất phụ gia, ví dụ, dưới dạng rắn, lỏng hoặc khí, có thể được bổ sung, ví dụ, vào hỗn hợp kết hợp chứa nguyên liệu dạng sợi và nhựa. Các chất phụ gia bao gồm chất độn như canxi cacbonat, graphit, wollastonit, mica, thủy tinh, sợi thủy tinh, silic oxit và bột talc; chất làm chậm ngọn lửa vô cơ như nhôm oxit trihydrat hoặc magie hydroxit; chất làm chậm ngọn lửa hữu cơ như hợp chất hữu cơ clo hóa hoặc brom hóa; chất thải xây dựng nghiền; lớp cao su nghiền; các sợi cacbon; hoặc các sợi hoặc bột kim loại (ví dụ, nhôm, thép không gỉ). Các chất phụ gia này có thể gia cường, làm mở rộng, hoặc thay đổi các đặc tính điện, cơ học hoặc độ tương hợp. Các chất phụ gia khác bao gồm lignin, chất tạo mùi, chất kết hợp, các chất làm tương hợp, ví dụ, polypropylen maleat hoá, chất trợ xử lý, chất làm trơn, ví dụ, polyetylen flo hoá, chất dẻo hoá, chất chống oxy hóa, chất tạo đục, chất làm ổn định nhiệt, chất tạo màu, chất tạo bột, chất cải biến va chạm, polyme, ví dụ, các polyme dễ phân huỷ, chất làm ổn định quang, thuốc diệt vi sinh vật, chất chống tĩnh điện, ví dụ, stearat hoặc axit amin béo etoxyl hoá. Các hợp chất chống tĩnh điện thích hợp

bao gồm muối than dẫn điện, các sợi cacbon, chất độn kim loại, hợp chất cation, ví dụ, hợp chất amoni bậc bốn, ví dụ, N-(3-clo-2-hydroxypropyl)-trimetylamon clorua, alkanolamit và amin. Các polyme dễ phân huỷ đại diện bao gồm axit polyhydroxy, ví dụ, polylactit, polyglycolit và copolyme của axit lactic và axit glycolic, poly(axit hydroxybutyric), poly(axit hydroxyvaleric), poly[lactit-co-(ε-caprolacton)], poly[glycolit-co-(ε-caprolacton)], polycacbonat, poly(axit amino), poly(hydroxyalkanoat), polyanhydrit, polyorthoeste và hỗn hợp chứa các polyme này.

Khi các chất phụ gia được bao gồm, chúng có thể là có mặt với lượng, được tính toán dựa vào trọng lượng khô, nằm trong khoảng từ từ dưới 1% tới 80% theo tổng trọng lượng của nguyên liệu dạng sợi. Thông thường hơn, các lượng này nằm trong khoảng từ 0,5% tới 50% khối lượng, ví dụ 5%, 10%, 20%, 30,% hoặc cao hơn, ví dụ 40%.

Các chất phụ gia bất kỳ đã được mô tả trong bản mô tả này có thể được bao nang, ví dụ, được sấy phun hoặc được bao vi nang, ví dụ, để bảo vệ các chất phụ gia tránh tiếp xúc với nhiệt hoặc hơi ẩm trong quá trình thao tác.

Nguyên liệu dạng sợi, nguyên liệu dạng sợi đã được làm đặc, nhựa hoặc các chất phụ gia có thể được nhuộm màu. Ví dụ, nguyên liệu dạng sợi có thể được nhuộm màu trước khi kết hợp với nhựa và hoá hợp để tạo ra vật liệu composit. Theo một số phương án, việc nhuộm này có thể là có lợi trong việc che đậy hoặc làm ẩn nguyên liệu dạng sợi, nhất là các kết tụ lớn của nguyên liệu dạng sợi, trong các bộ phận đúc hoặc ép đùn, khi điều này là mong muốn. Các kết tụ lớn như vậy, khi có mặt với các nồng độ tương đối cao, có thể nổi lên dưới dạng các nốt gò lên trên các bề mặt của bộ phận đúc hoặc ép đùn.

Ví dụ, nguyên liệu dạng sợi mong muốn có thể được nhuộm màu bằng cách sử dụng thuốc nhuộm axit, thuốc nhuộm trực tiếp hoặc thuốc nhuộm hoạt tính. Các thuốc nhuộm như vậy có thể mua được từ Spectra Dyes, Kearny, NJ hoặc Keystone Aniline Corporation, Chicago, IL. Ví dụ, cụ thể về các thuốc nhuộm bao gồm SPECTRA™ LIGHT YELLOW 2G, SPECTRACID™ YELLOW 4GL CONC 200, SPECTRANYL™ RHODAMINE 8, SPECTRANYL™ NEUTRAL RED B, SPECTRAMINE™ BENZOPERPURINE, SPECTRADIAZO™ BLACK OB, SPECTRAMINE™ TURQUOISE G và SPECTRAMINE™ GREY LVL 200%, mỗi thuốc nhuộm này có thể mua được từ Spectra Dyes.

Theo một số phương án, chất tạo màu cho nhựa dạng cô đặc chứa chất tạo màu được trộn với các thuốc nhuộm. Sau đó khi các hỗn hợp như vậy được hoá hợp với nguyên liệu dạng sợi mong muốn, nguyên liệu dạng sợi có thể được nhuộm màu tại chỗ trong quá trình hoá hợp. Chất tạo màu cho nhựa dạng cô đặc này là có bán ở Clariant.

Có thể có lợi nếu bổ sung hương thơm hoặc mùi thơm vào nguyên liệu dạng sợi, sợi đã được làm đặc hoặc vật liệu compozit. Ví dụ, có thể có lợi nếu vật liệu compozit có mùi và/hoặc giống như gỗ thiên nhiên, ví dụ, gỗ tuyết tùng. Ví dụ, mùi thơm, ví dụ, mùi thơm gỗ thiên nhiên, có thể được hoá hợp vào nhựa được sử dụng để tạo ra vật liệu compozit. Theo một số cách, mùi thơm được hoá hợp trực tiếp vào nhựa dưới dạng dầu. Ví dụ, dầu này có thể được hoá hợp vào nhựa bằng cách sử dụng máy cán, ví dụ, thiết bị khuấy Banbury[®] hoặc máy ép đùn, ví dụ, máy ép đùn hai trục vít với các vít quay ngược. Ví dụ về thiết bị khuấy Banbury[®] là thiết bị khuấy F-Series Banbury[®], được Farrel sản xuất. Ví dụ về máy ép đùn hai trục vít là WP ZSK 50 MEGAcampunder[™], được Krupp Werner & Pfleiderer sản xuất. Sau khi hoá hợp, nhựa đã được tạo hương thơm có thể được bổ sung vào nguyên liệu dạng sợi và được ép đùn hoặc được đúc. Theo cách khác, các hỗn hợp nhựa đã được bổ sung hương thơm là có bán ở International Flavors and Fragrances, dưới nhãn hiệu thương mại là PolyIff[™] hoặc có bán ở RTP Company. Theo một số phương án, lượng mùi thơm trong vật liệu compozit là nằm trong khoảng từ 0,005% trọng lượng và khoảng 10% trọng lượng, ví dụ, nằm trong khoảng từ 0,1% tới 5% hoặc 0,25% tới 2,5%.

Các mùi thơm của gỗ thiên nhiên khác bao gồm cây thường xanh hoặc cây gỗ đỏ. Các mùi thơm khác bao gồm cây bạc hà, cây anh đào, cây dâu tây, đào, chanh lá cam, cây bạc hà lục, cây quế, cây hồi, cây húng quế, rau thơm bergamot, cây hồ tiêu đen, cây long não, cây trà cúc cam, cây sả, cây bạch đàn, cây thông, cây linh sam, cây phong lữ, cây gừng, cây bưởi chùm, cây hoa nhài, cây bách xù, cây oải hương, cây chanh, cây ước nguyện, cây kinh giới ô, cây xạ hương, cây Myrrh, cây cam, cây hoắc hương, cây hoa hồng, cây hương thảo, cây sô thơm, cây đàn hương, cây chè, cây húng tây, cây lộc đề, cây móng rồng, cây vani, cây thông thơm hoặc hỗn hợp của chúng. Theo một số phương án, lượng mùi thơm trong hỗn hợp nguyên liệu dạng sợi-mùi thơm là nằm trong khoảng từ 0,005% trọng lượng tới 20% trọng lượng, ví dụ, nằm trong khoảng từ 0,1% tới 5% hoặc 0,25% tới 2,5%.

Mặc dù trên đây chỉ mô tả nguyên liệu dạng sợi, như nguyên liệu dạng sợi xenluloza và lignoxenluloza, nhưng các chất độn khác cũng có thể được sử dụng để tạo ra vật liệu compozit. Ví dụ, chất độn vô cơ như canxi cacbonat (ví dụ, canxi cacbonat kết tủa hoặc canxi cacbonat tự nhiên), đất sét aragonit, đất sét hệ tà phương, đất sét canxit, đất sét hệ tà phương, kaolanh, đất sét, đất sét bentonit, đicanxi phosphat, tricanxi phosphat, canxi pyrophosphat, natri metaphosphat không tan, canxi cacbonat kết tủa, magie orthophosphat, trimagie phosphat, hydroxyapatit, apatit tổng hợp, nhôm oxit, silic oxit xerogel, phức chất kim loại nhôm-silic oxit, natri nhôm silic oxit, zircon silic oxit, silic đioxit hoặc hỗn hợp chứa các chất phụ gia vô cơ có thể được sử dụng. Các chất độn có thể có, ví dụ, cỡ hạt lớn hơn 1 micron, ví dụ, lớn hơn 2 micron, 5 micron, 10 micron, 25 micron hoặc thậm chí lớn hơn 35 micro.

Các chất độn có kích thước nano mét có thể còn được sử dụng một mình, hoặc kết hợp với nguyên liệu dạng sợi có kích thước và/hoặc hình dạng bất kỳ. Chất độn có thể dưới dạng, ví dụ, hạt, tấm hoặc sợi. Ví dụ, đất sét có kích thước nano mét, silic và cacbon dạng ống nano và silic và cacbon dạng dây nano có thể được sử dụng. Chất độn có thể có kích thước chiều ngang nhỏ hơn 1000nm, ví dụ, nhỏ hơn 900nm, 800nm, 750nm, 600nm, 500nm, 350nm, 300nm, 250nm, 200nm, nhỏ hơn 100nm, hoặc thậm chí thấp hơn 50nm.

Theo một số phương án, đất sét có kích thước nano là montmorillonit. Đất sét như vậy là sản phẩm của Nanocor, Inc. and Southern và đã được mô tả trong Patent Mỹ số 6,849,680 và 6,737,464. Các đất sét có thể có bề mặt được xử lý trước khi trộn vào, ví dụ, nhựa hoặc nguyên liệu dạng sợi. Ví dụ, đất sét có thể có bề mặt được xử lý sao cho bề mặt của nó có bản chất là ion, ví dụ, cation hoặc anion.

Các chất độn có kích thước nano mét kết tập hoặc kết tụ, hoặc các chất độn có kích thước nano mét được tập hợp thành cấu trúc siêu phân tử, ví dụ, cấu trúc siêu phân tử tự tập hợp có thể cũng được sử dụng. Các chất độn kết tụ hoặc siêu phân tử có thể có cấu trúc mở hoặc đóng và có thể có nhiều hình dạng, ví dụ, dạng khối hộp, dạng ống hoặc dạng hình cầu.

Do đó, các phương án khác đều thuộc phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo đây.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất furfural bao gồm các bước:

chiếu xạ nguyên liệu sinh khối bằng chùm tia điện tử với cường độ ít nhất là 1,0 Mrad/giây trong thời gian đủ để chuyển lượng xạ nằm trong khoảng từ 10 Mrad đến 150 Mrad vào nguyên liệu sinh khối này, trong đó nguyên liệu sinh khối trước khi chiếu xạ được xử lý vật lý bằng cách nghiền, xay hoặc cắt; và

chuyển hóa nguyên liệu sinh khối đã được chiếu xạ thành furfural, bằng cách sử dụng enzym và/hoặc vi sinh vật.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó nguyên liệu sinh khối có mật độ khối nhỏ hơn khoảng $0,5\text{g/cm}^3$.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó nguyên liệu sinh khối trước khi xử lý vật lý có mật độ khối lớn hơn khoảng $0,7\text{g/cm}^3$.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc xử lý vật lý nguyên liệu sinh khối bao gồm bước làm giảm kích thước của nguyên liệu sinh khối bằng cách nghiền đá, chặt hoặc xé bằng phương pháp cơ học, nghiền trục, hoặc nghiền đĩa khí.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc xử lý vật lý nguyên liệu sinh khối bao gồm bước cắt nguyên liệu sinh khối.

6. Phương pháp theo điểm 5, trong đó việc xử lý vật lý nguyên liệu sinh khối bao gồm bước cắt sao cho các sợi bên trong của nguyên liệu sinh khối hầu như được lộ ra.

7. Phương pháp theo điểm 1, trong đó nguyên liệu sinh khối bao gồm nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza.

8. Phương pháp theo điểm 1, trong đó sinh khối đã được xử lý có diện tích bề mặt BET lớn hơn $0,25\text{m}^2/\text{g}$.

9. Phương pháp theo điểm 1, trong đó sinh khối đã được xử lý có tỷ lệ giữa chiều dài và đường kính ít nhất bằng 5.

10. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước chuyển hóa nguyên liệu sinh khối đã được xử lý thành furfural được tiến hành bằng cách lên men.

11. Phương pháp theo điểm 1, trong đó nguyên liệu sinh khối bao gồm nguyên liệu được chọn từ nhóm bao gồm giấy, sản phẩm từ giấy, chất thải từ giấy, gỗ, vỏ bào, mùn cưa, chất thải nông nghiệp, nước thải, chất ủ xilô, cỏ, rạ, bã mía, bông, cây đay, cây gai dầu, cây lanh, cây tre, cây xiđan, cây chuối abaca, rơm, lõi ngô, thân cây ngô khô, cỏ ba chẽ, cỏ linh lăng, cỏ khô, sợi dừa, rong biển, tảo, hoặc hỗn hợp của chúng.

12. Phương pháp theo điểm 1, trong đó nguyên liệu sinh khối đã được xử lý có độ xốp lớn hơn 70%.

13. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước tiến hành thủy phân nguyên liệu sinh khối đã được xử lý bằng enzym.

14. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc chiếu xạ được tiến hành với cường độ nằm trong khoảng từ 1 Mrad/giây đến khoảng 10 Mrad/giây.

15. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc chiếu xạ vào nguyên liệu sinh khối bao gồm việc chiếu xạ bằng cách sử dụng nhiều hơn một thiết bị chiếu xạ bằng chùm tia điện tử.

16. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chùm tia điện tử phân phối các điện tử có năng lượng nằm trong khoảng từ 0,3 MeV đến 2,0 MeV.
17. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chùm tia điện tử phân phối các điện tử có năng lượng 0,7 MeV đến 1,25 MeV.
18. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước chuyển hóa bao gồm việc cho nguyên liệu sinh khối đã được xử lý tiếp xúc với xenlulaza trong môi trường nước.
19. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước chuyển hóa bao gồm việc tạo ra đường.
20. Phương pháp theo điểm 19, trong đó đường là xyloza.

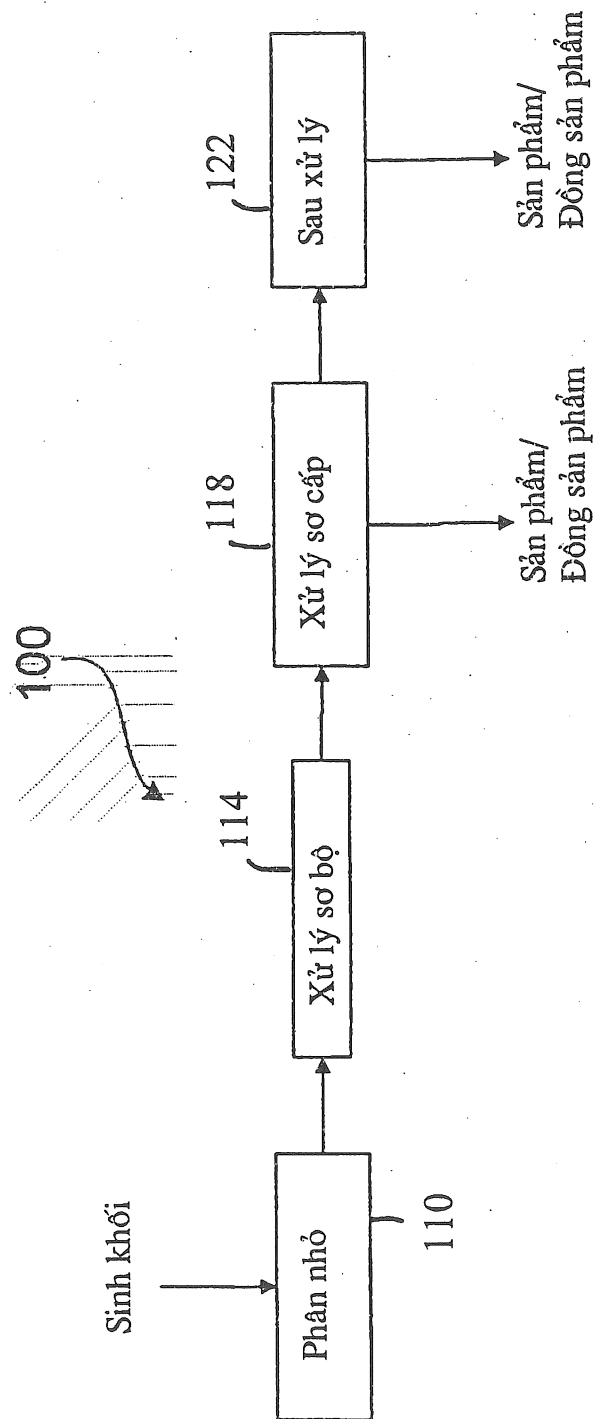


FIG. 1

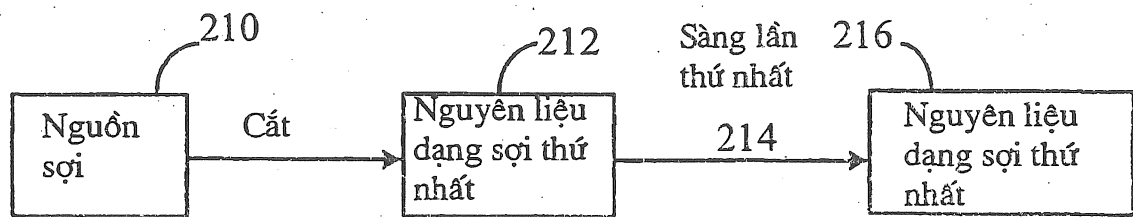


FIG. 2

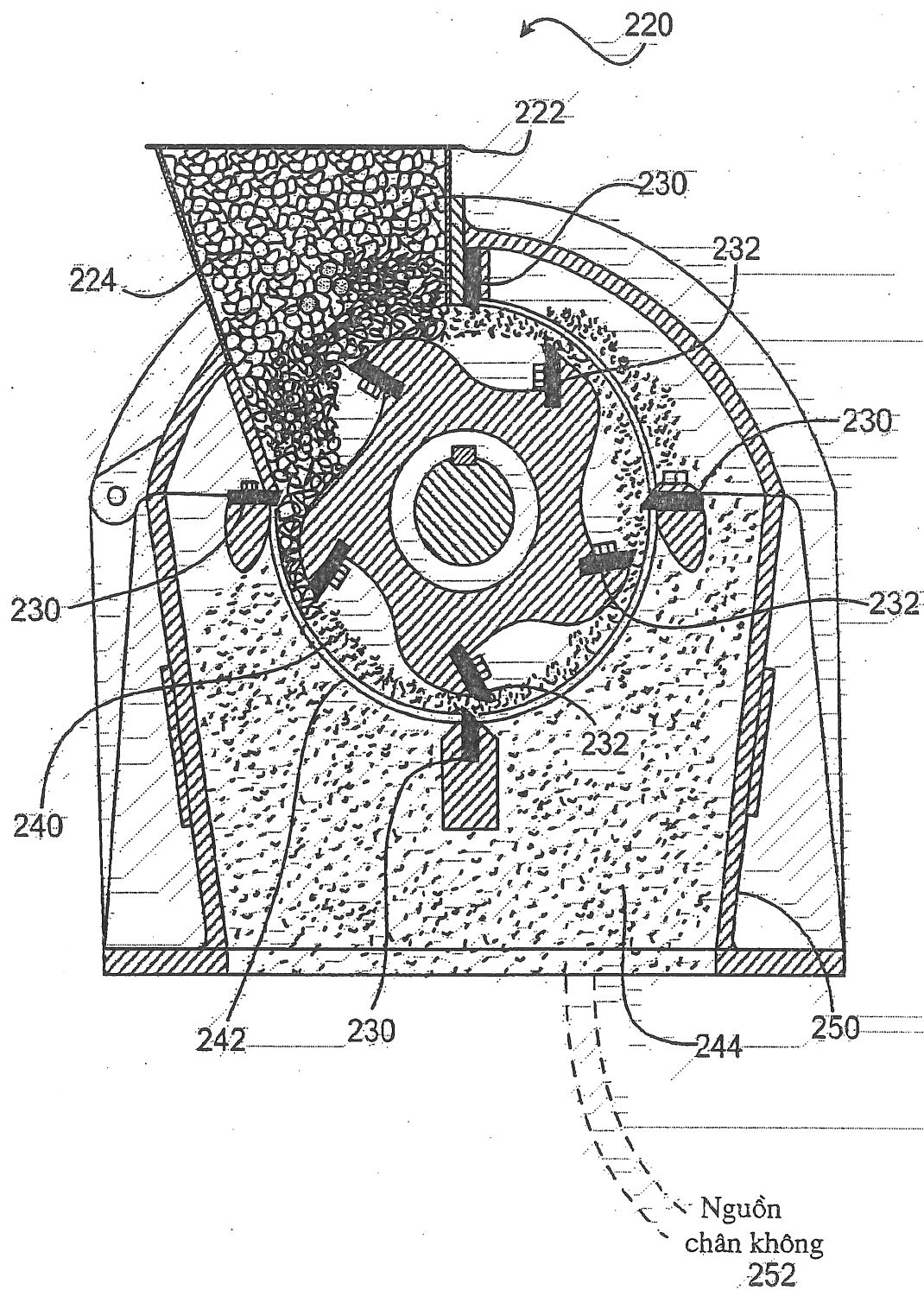


FIG. 3

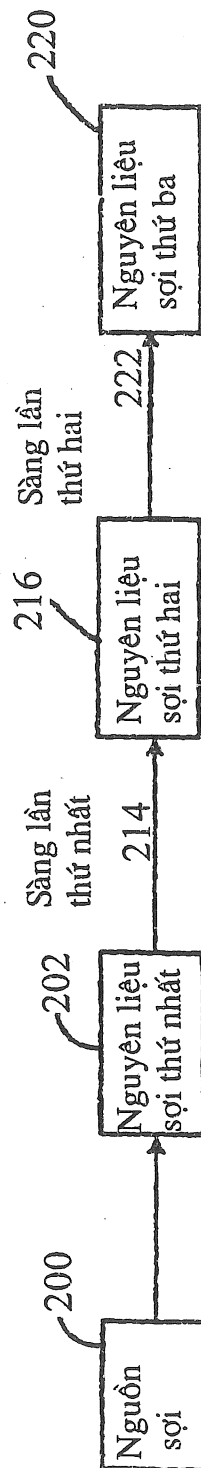


FIG. 4

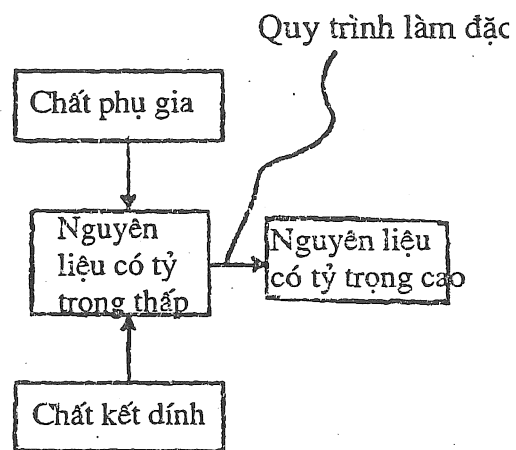


FIG. 5

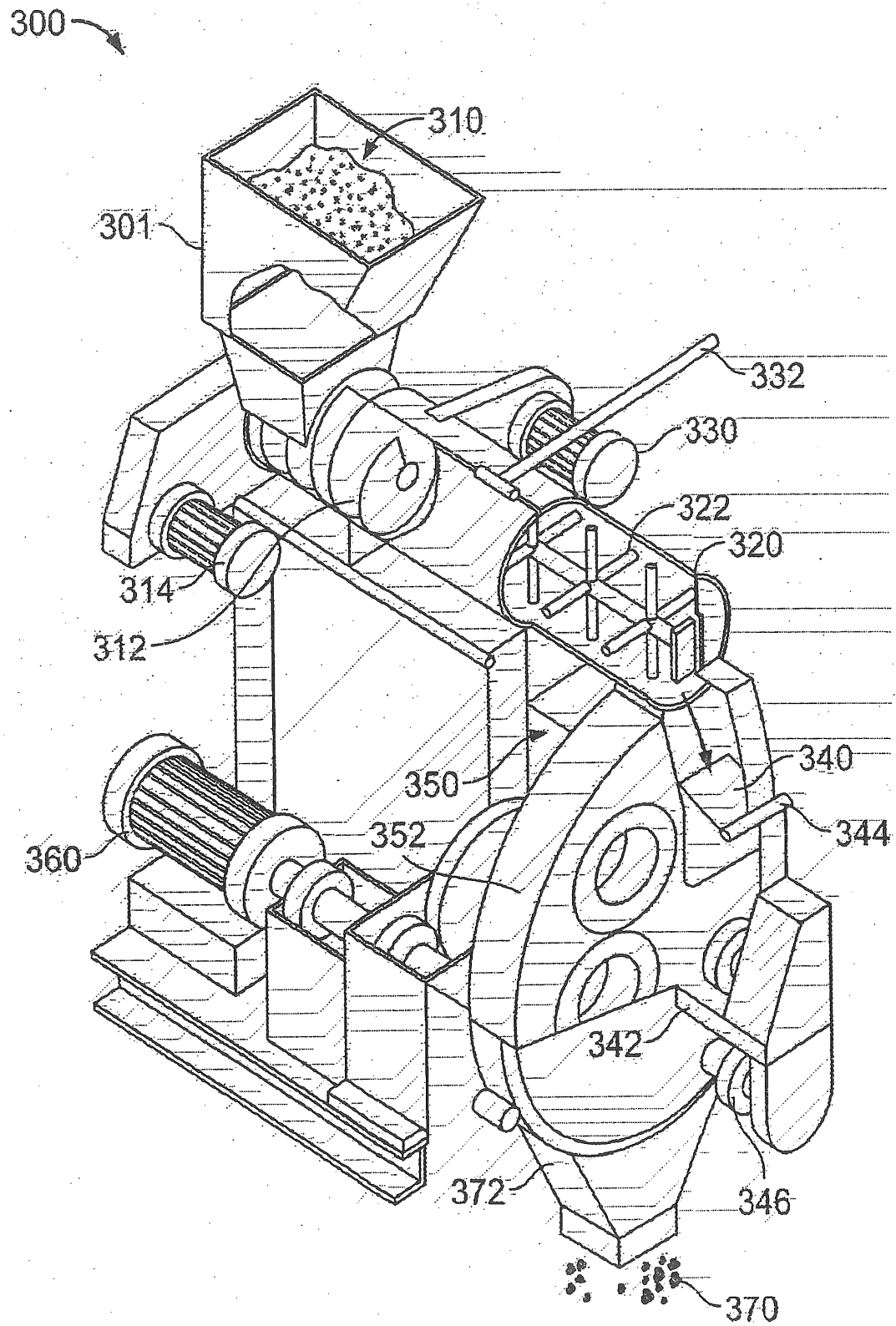


FIG. 6

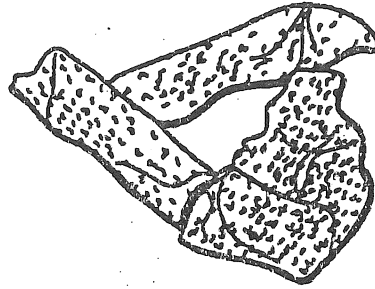


FIG. 7A

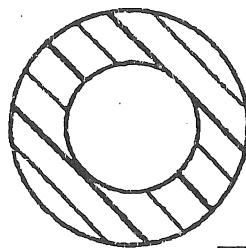


FIG. 7B

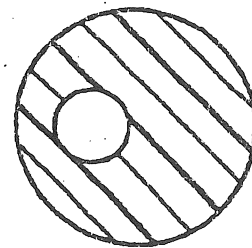


FIG. 7C

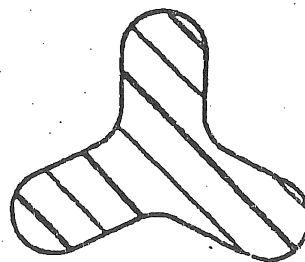


FIG. 7D

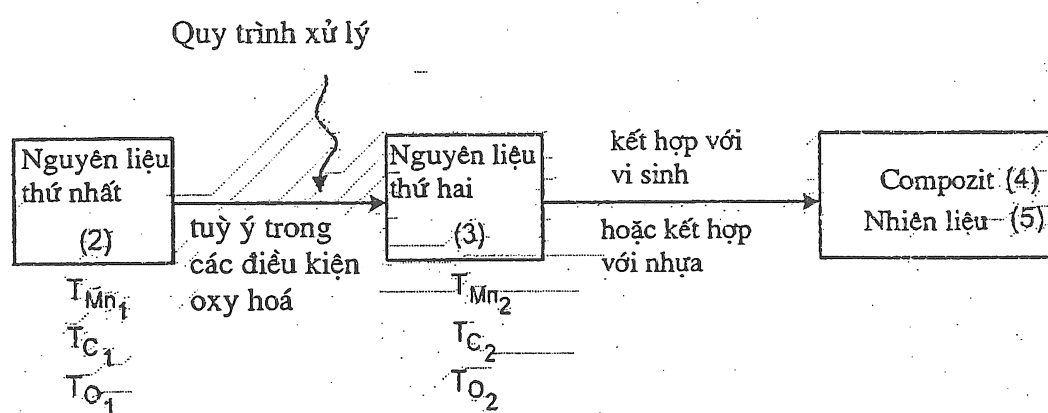


FIG. 8

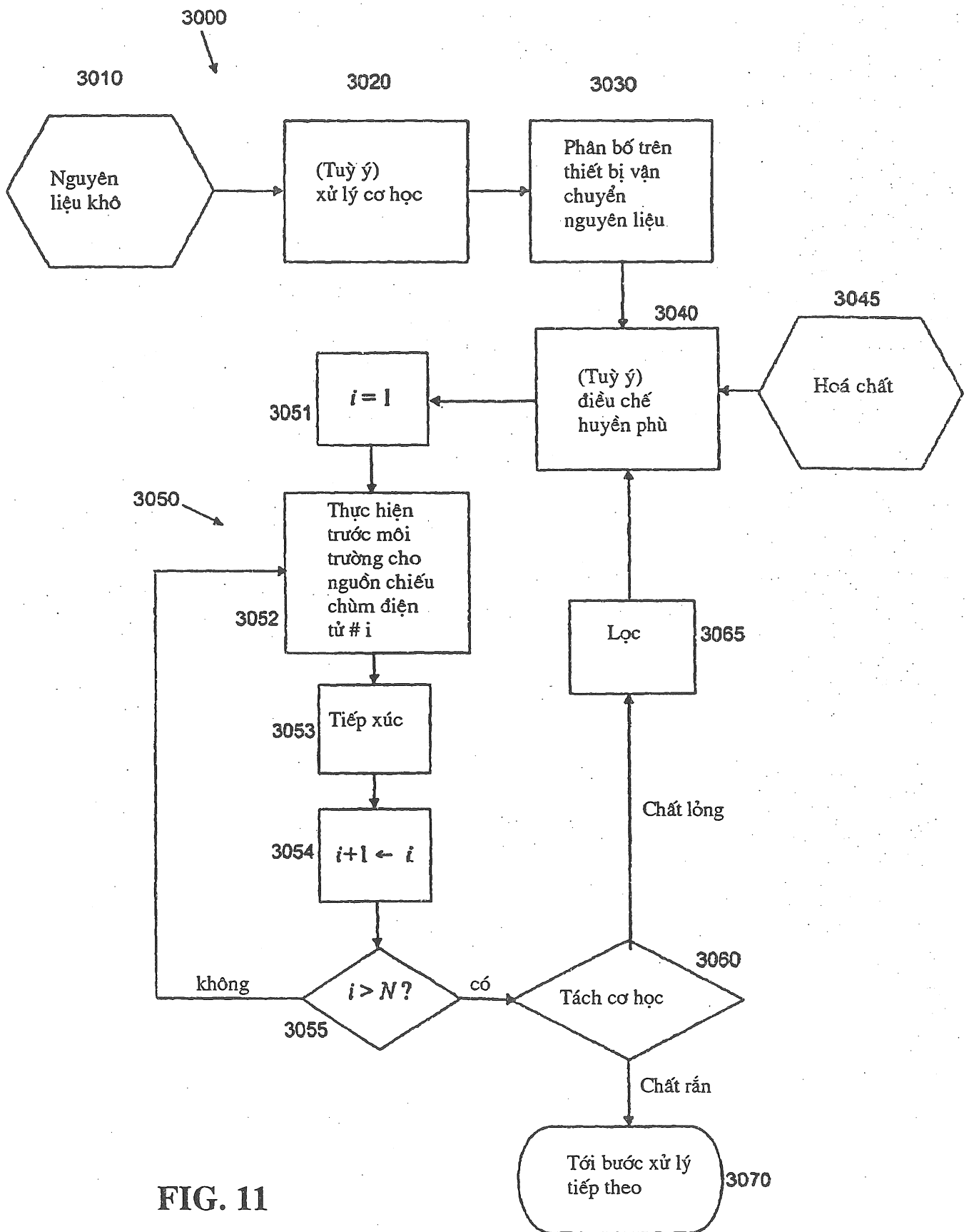


FIG. 11

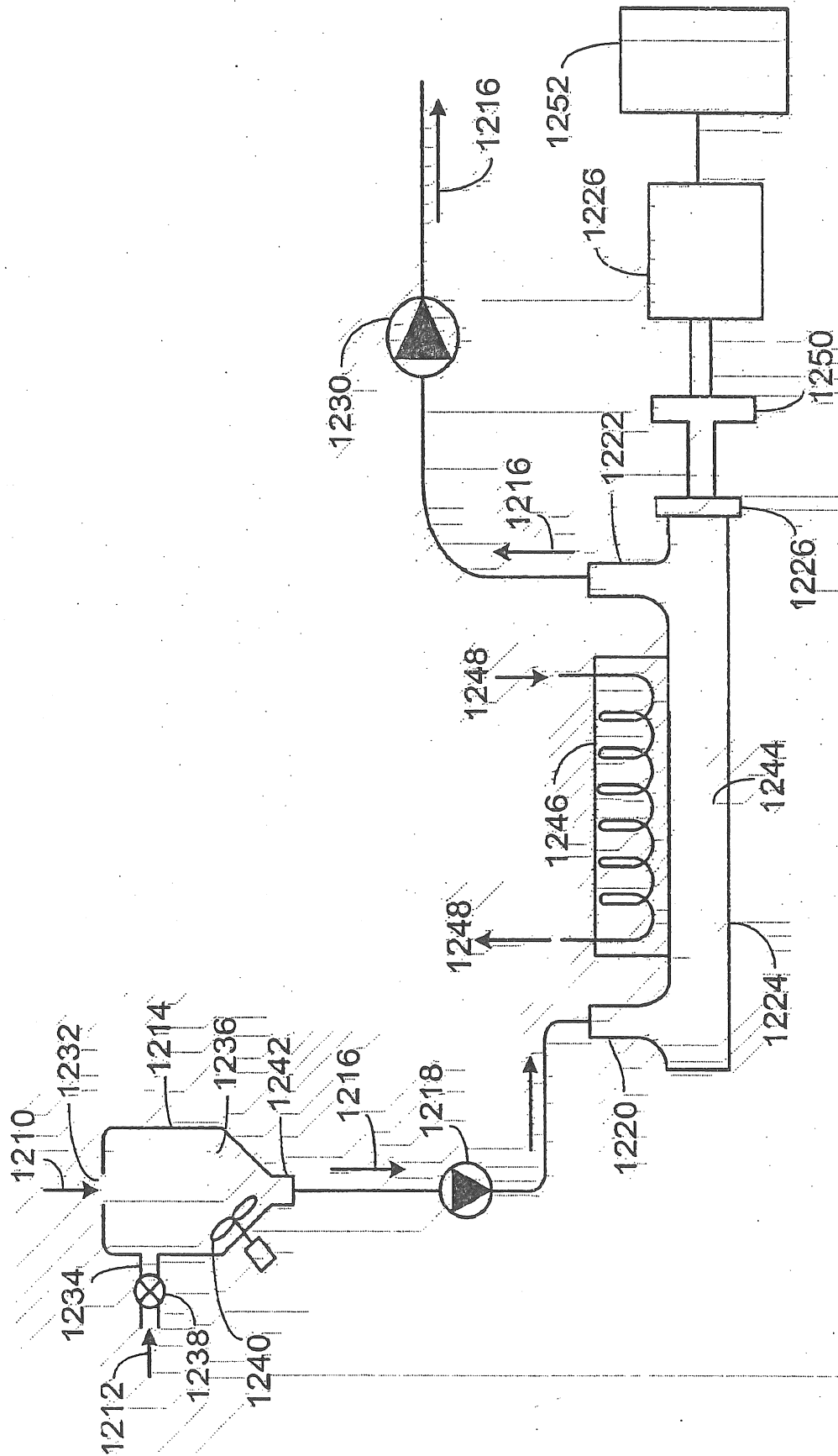


FIG. 12

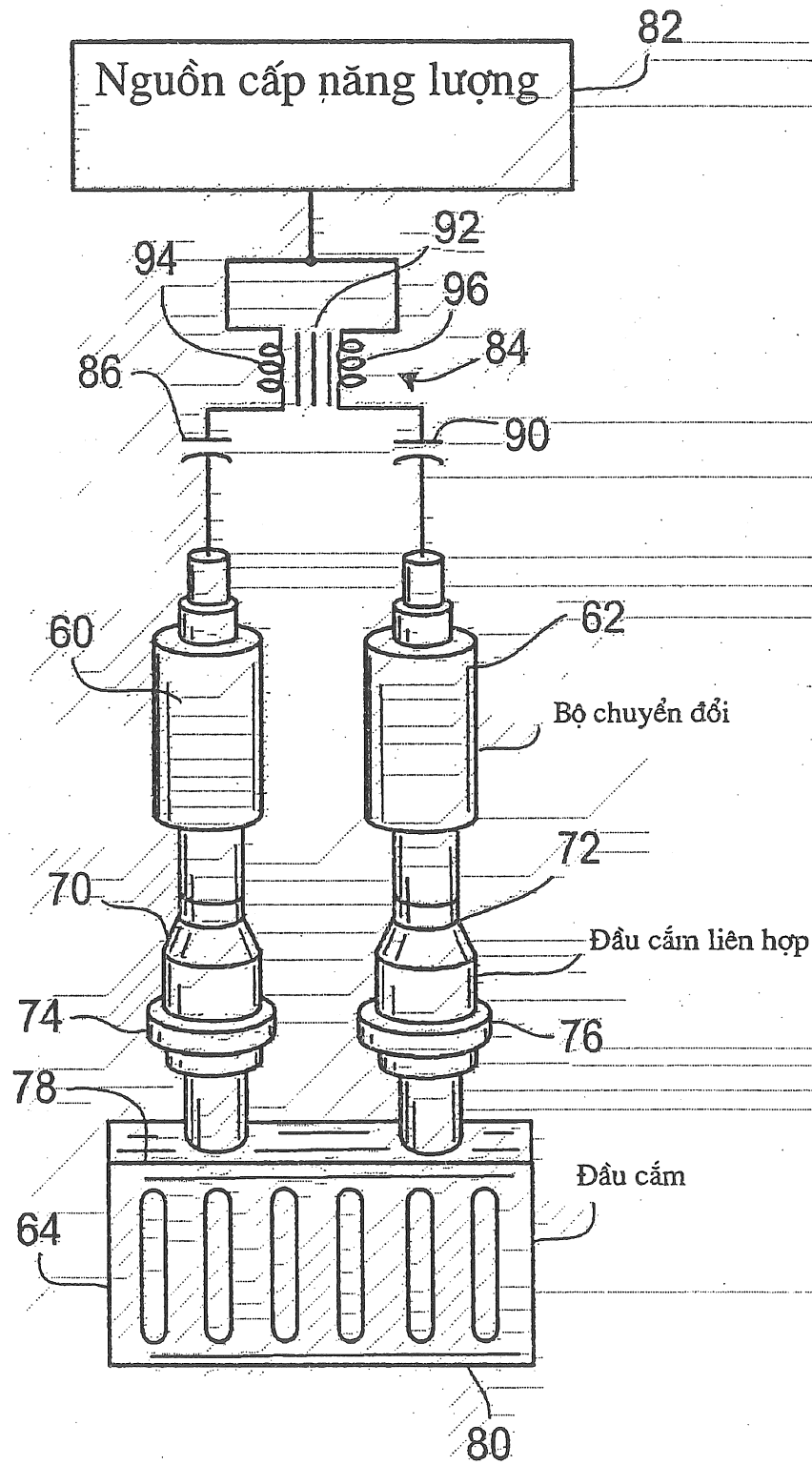


FIG. 13

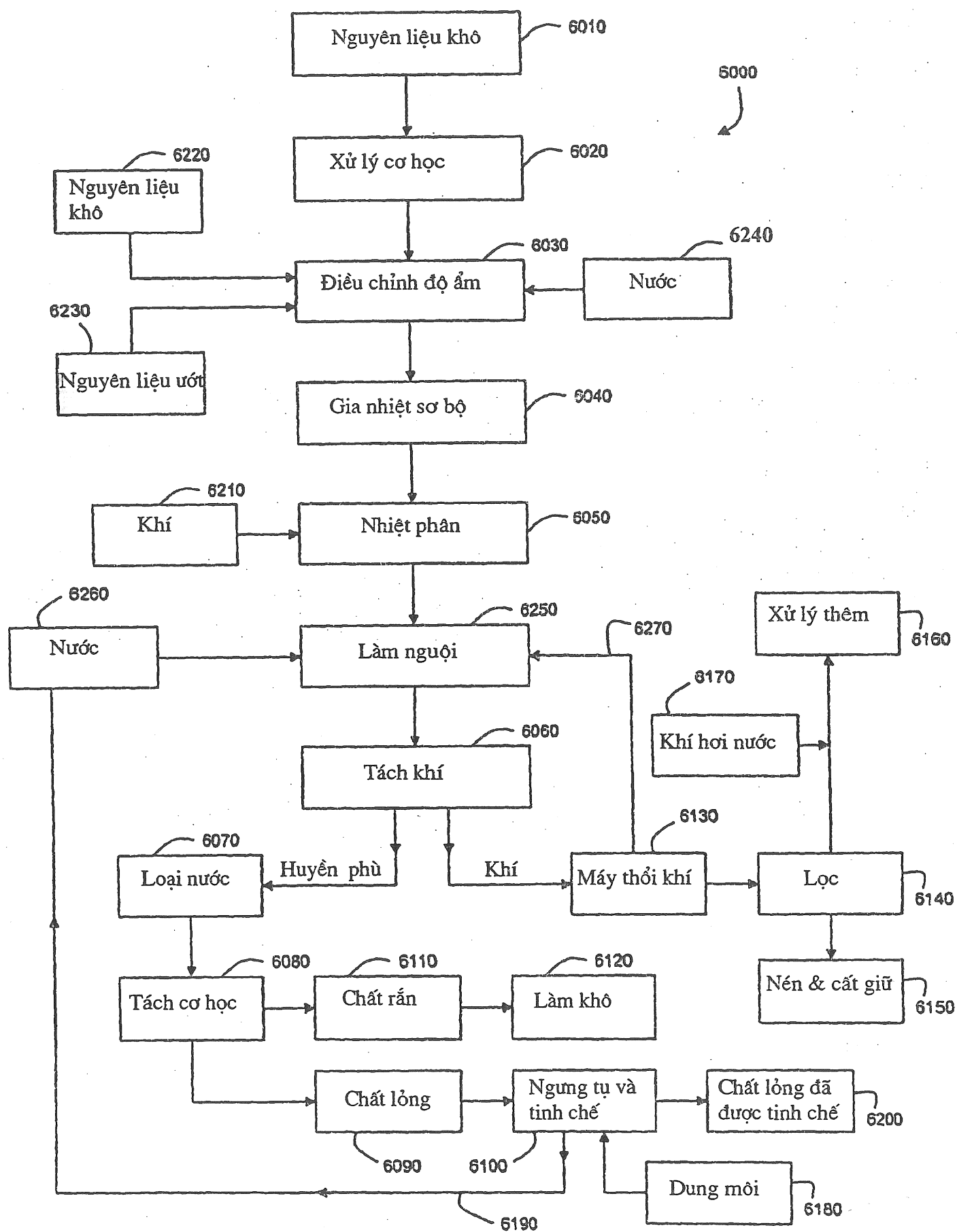


FIG. 14
-157-

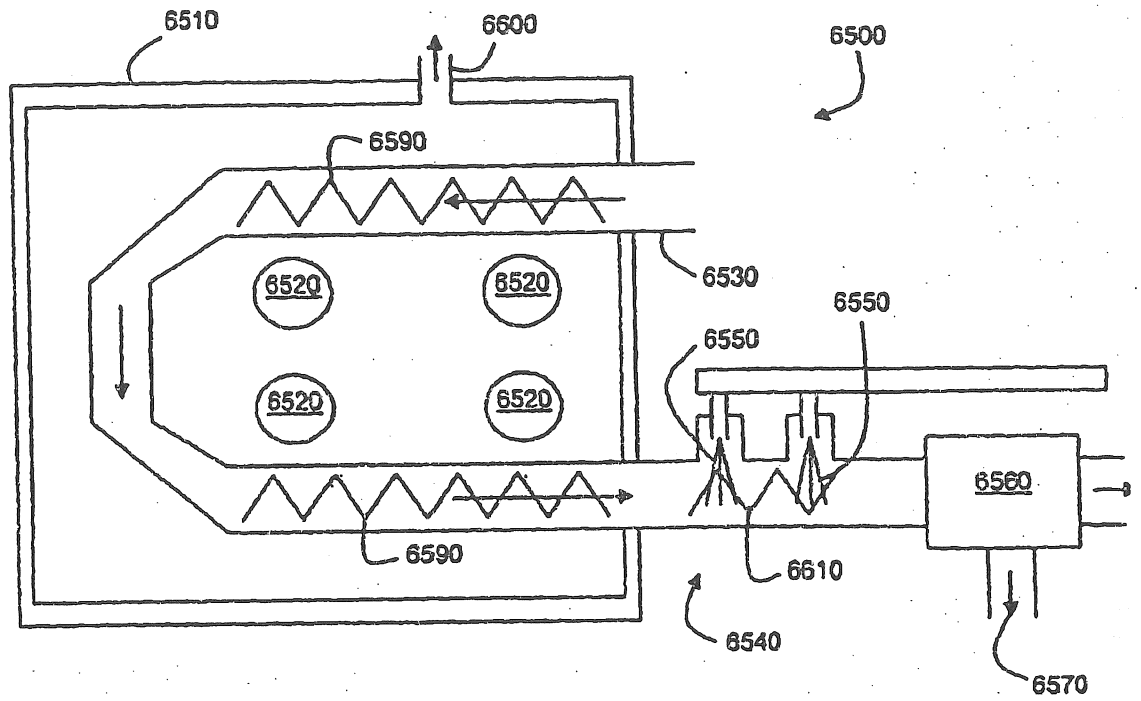


FIG. 15

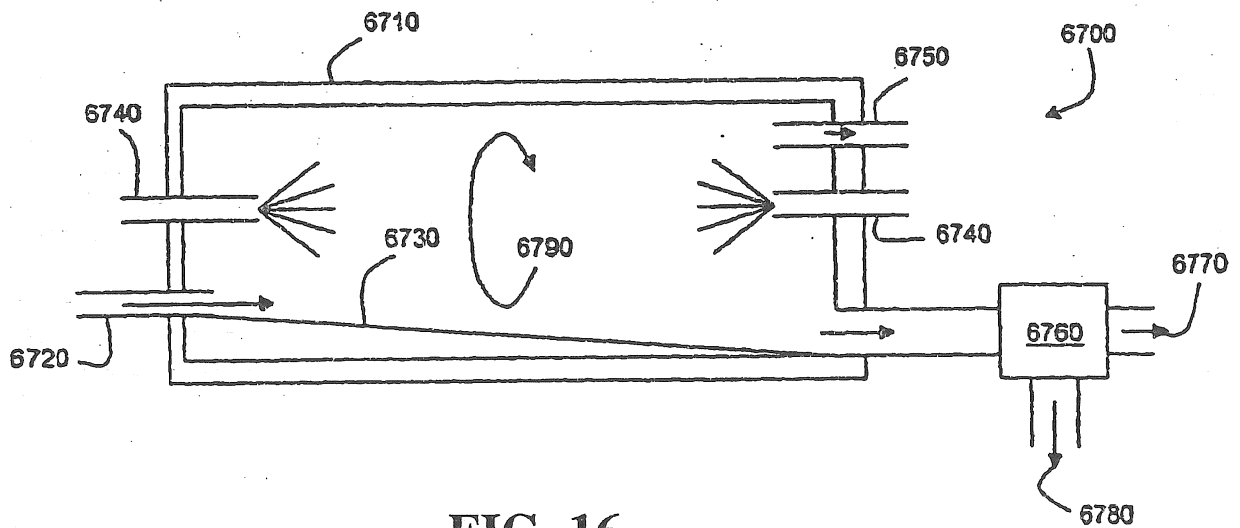


FIG. 16

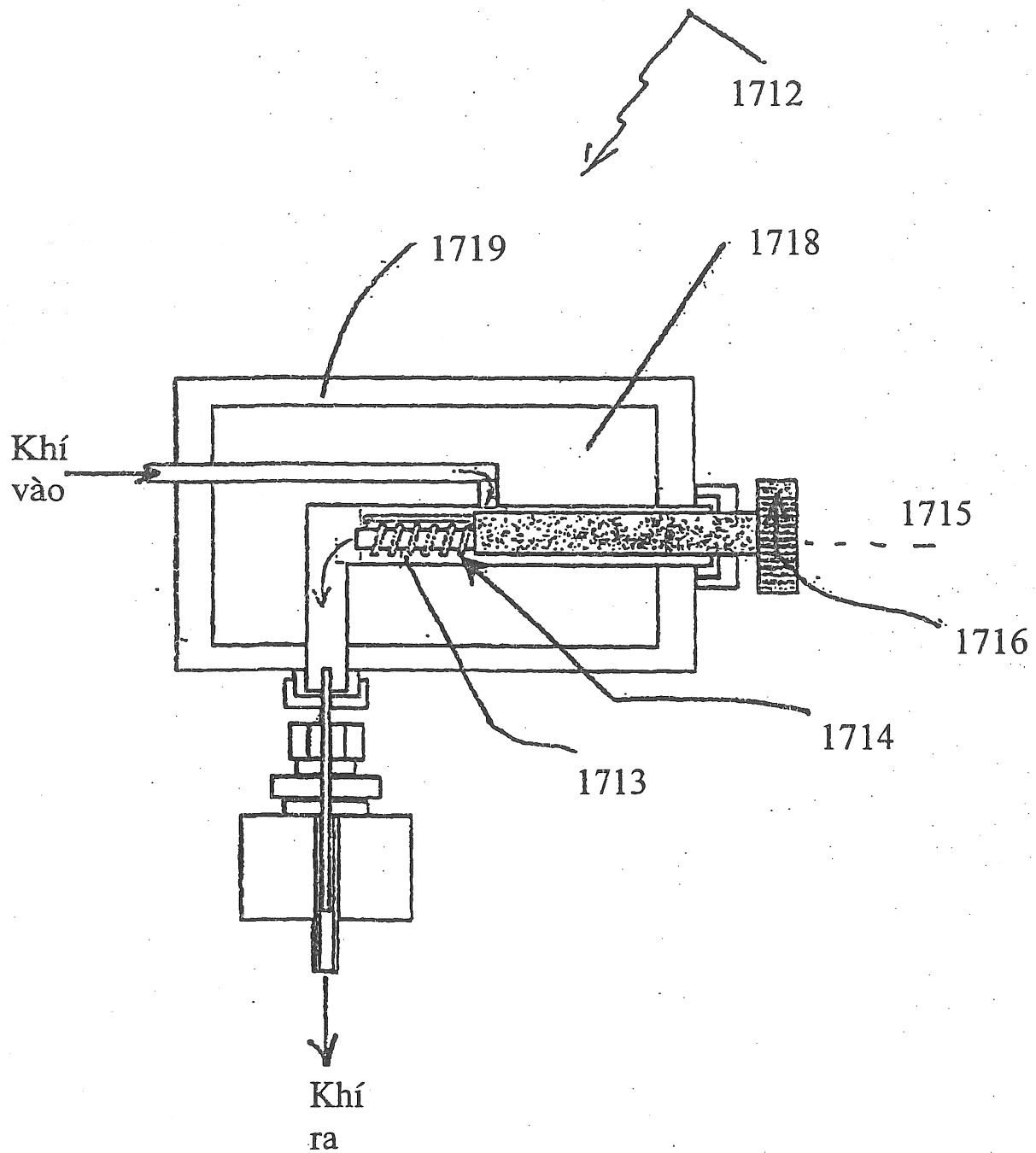


FIG. 17

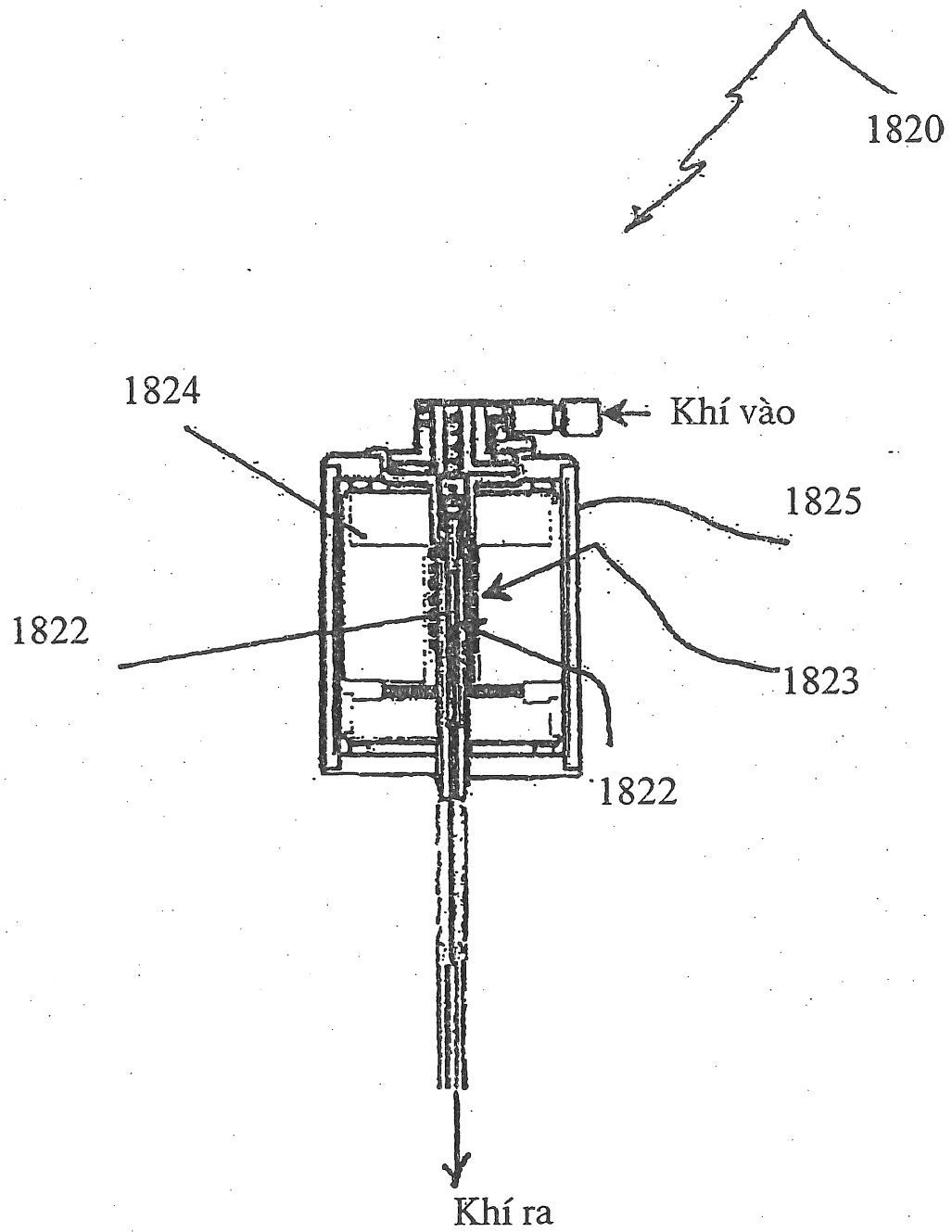


FIG. 18

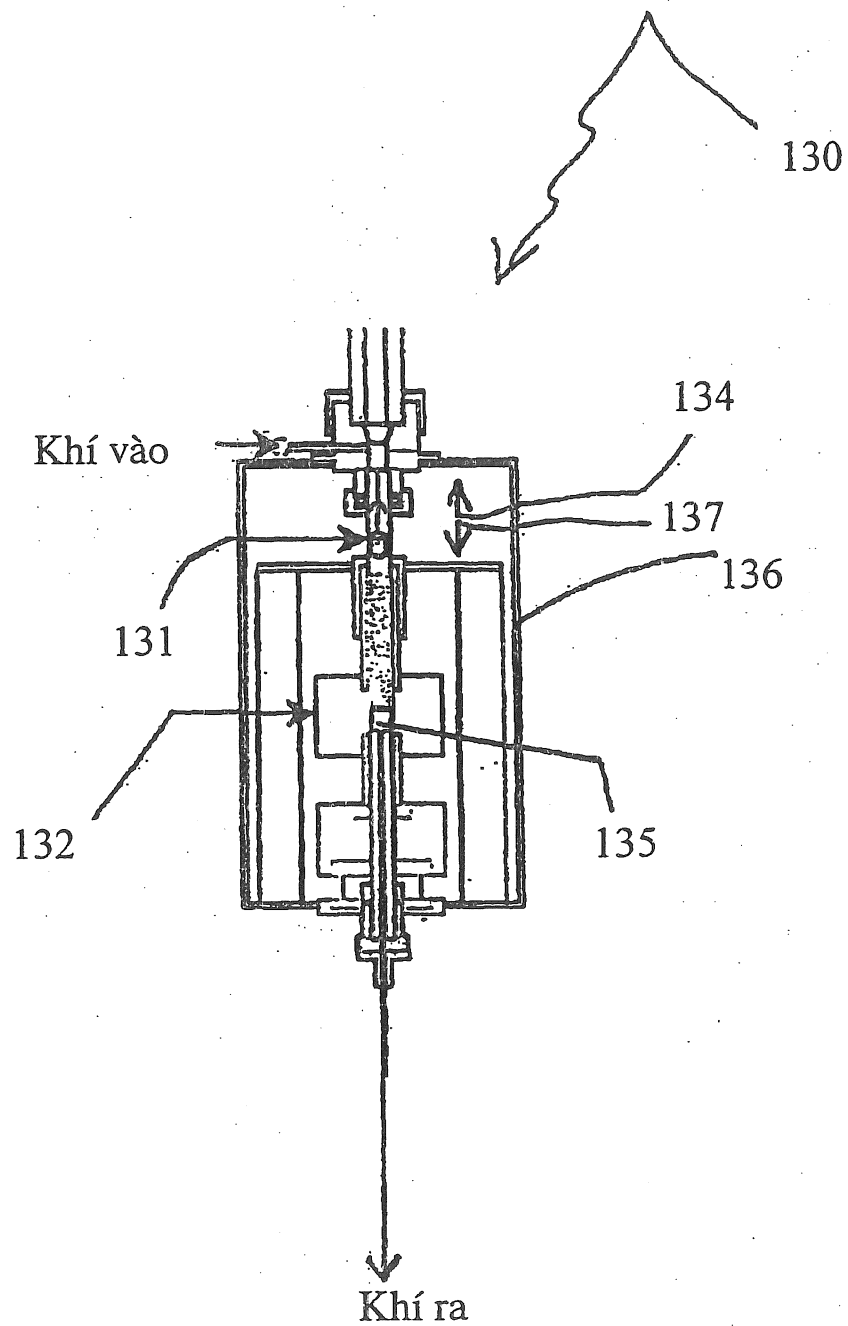


FIG. 19

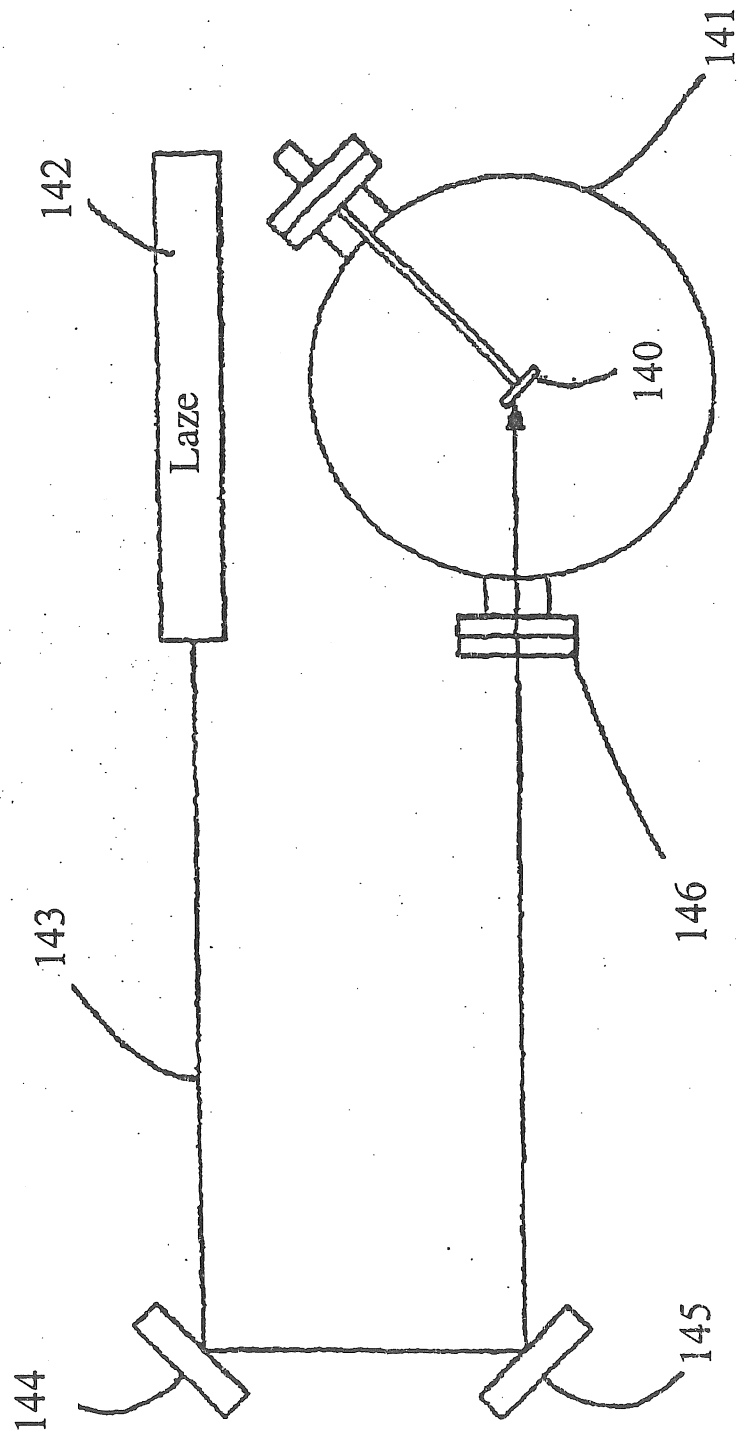


FIG. 20

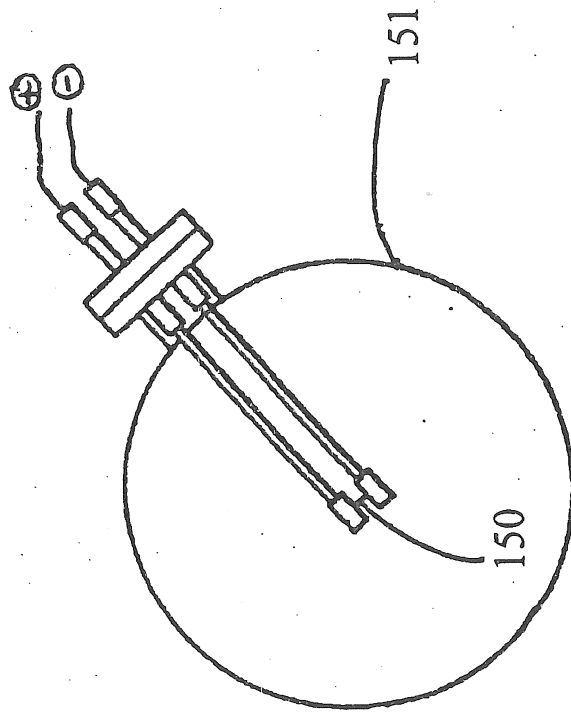


FIG. 21

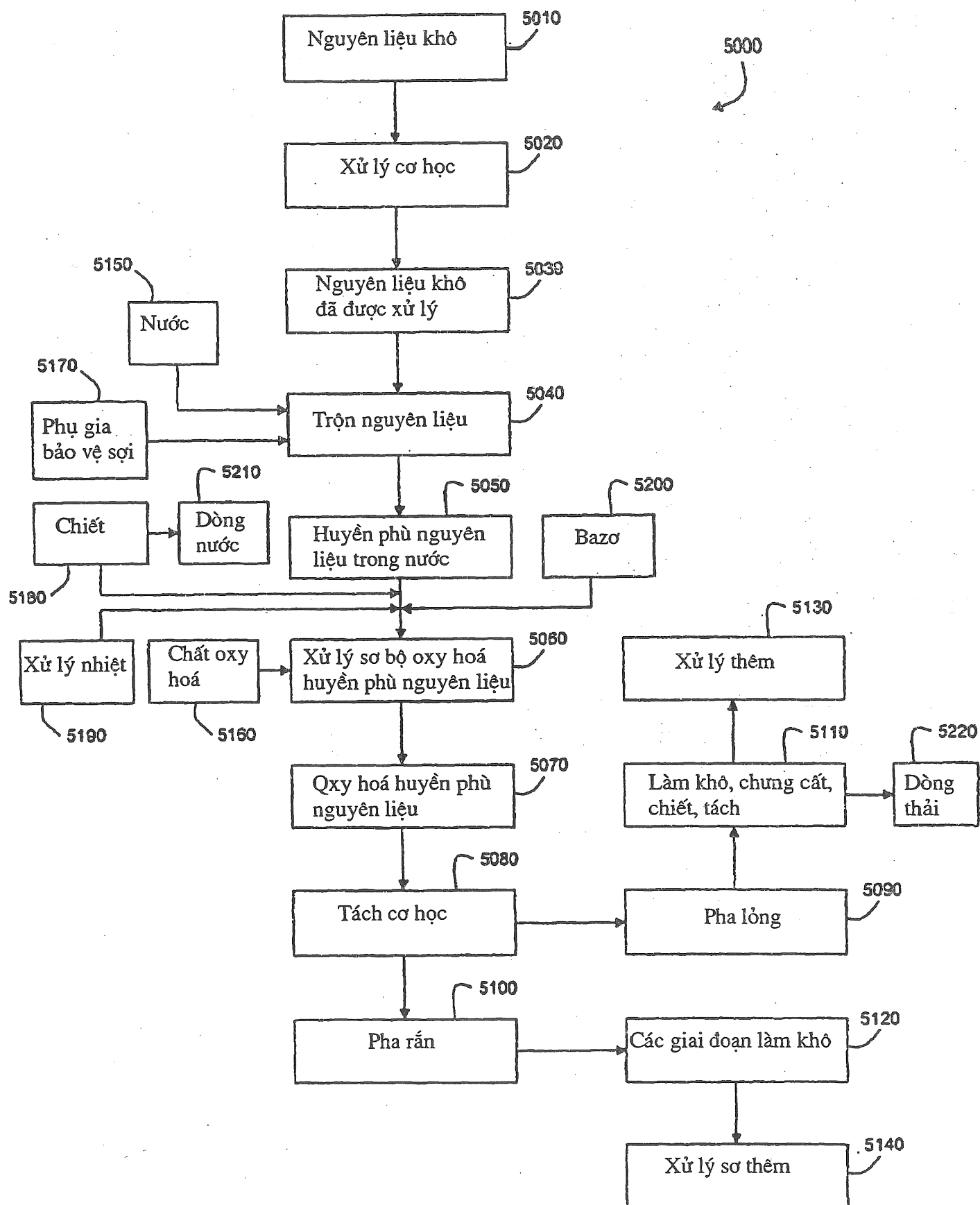


FIG. 22-164-

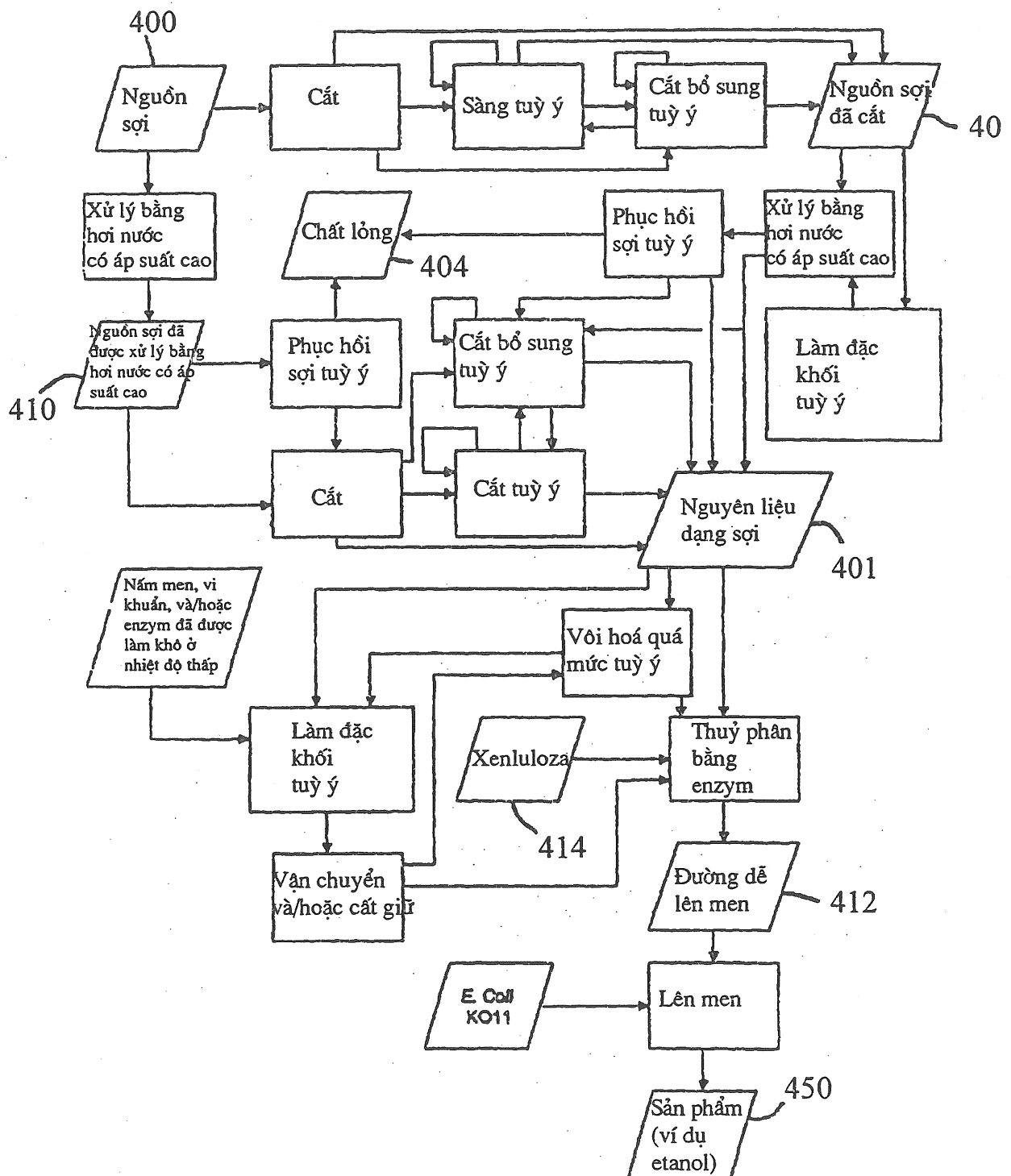


FIG. 23

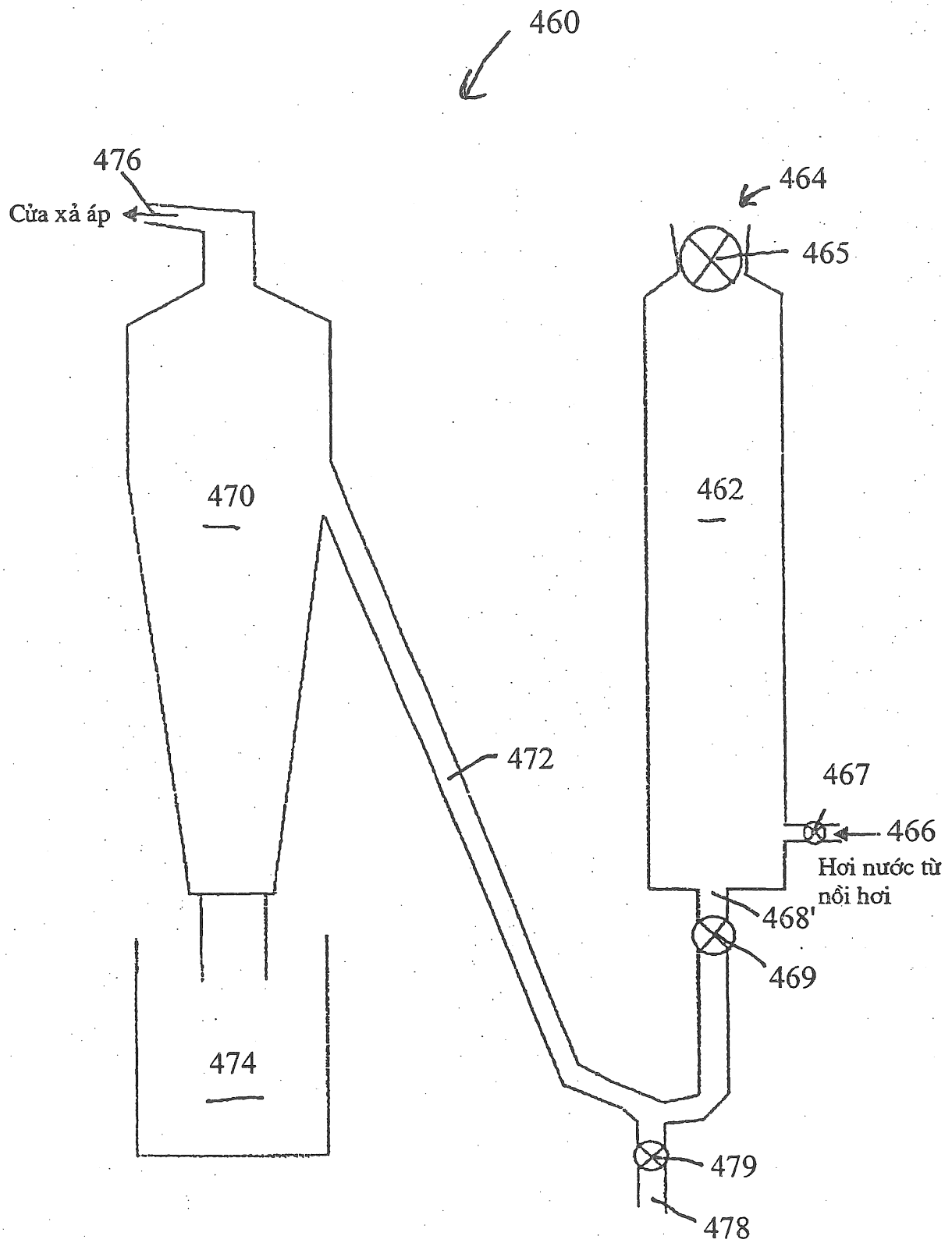


FIG. 24

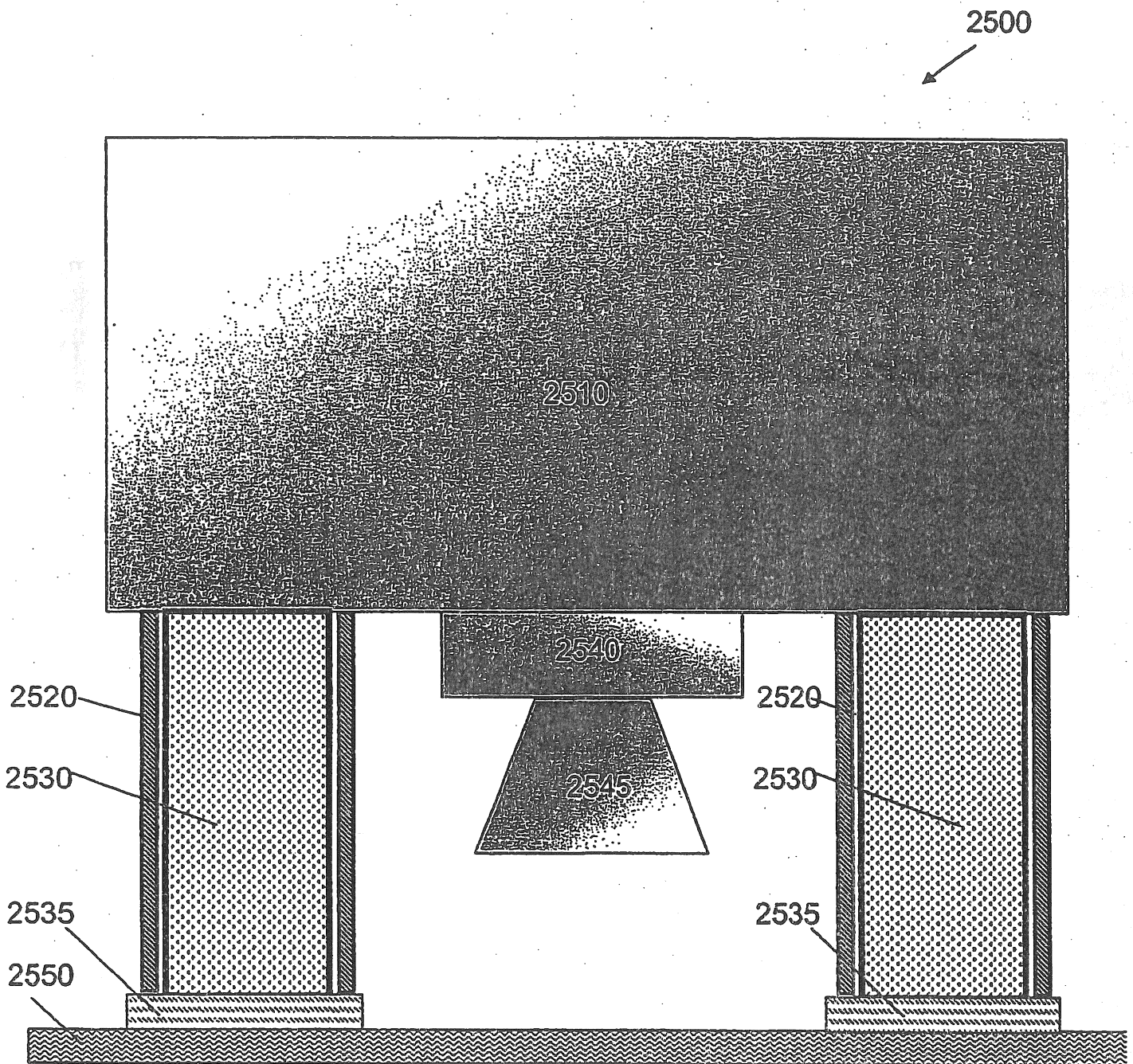


FIG. 25

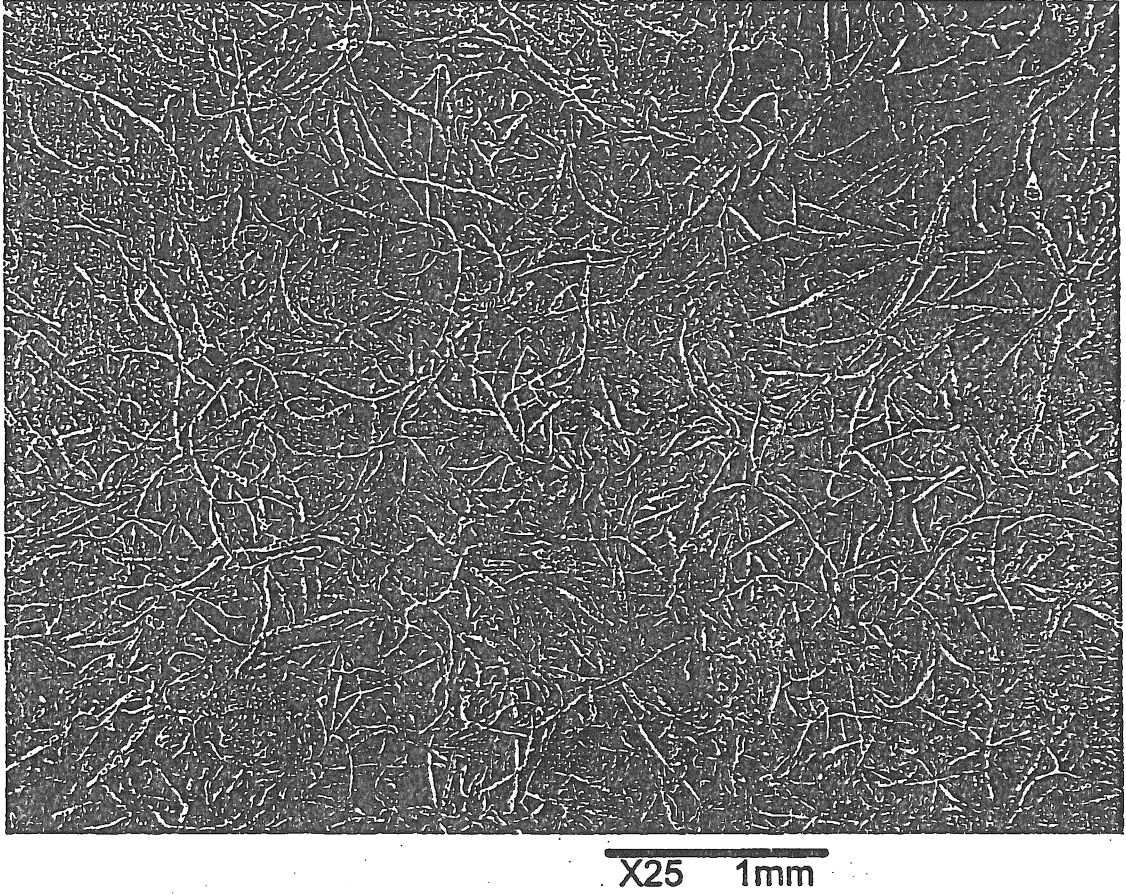
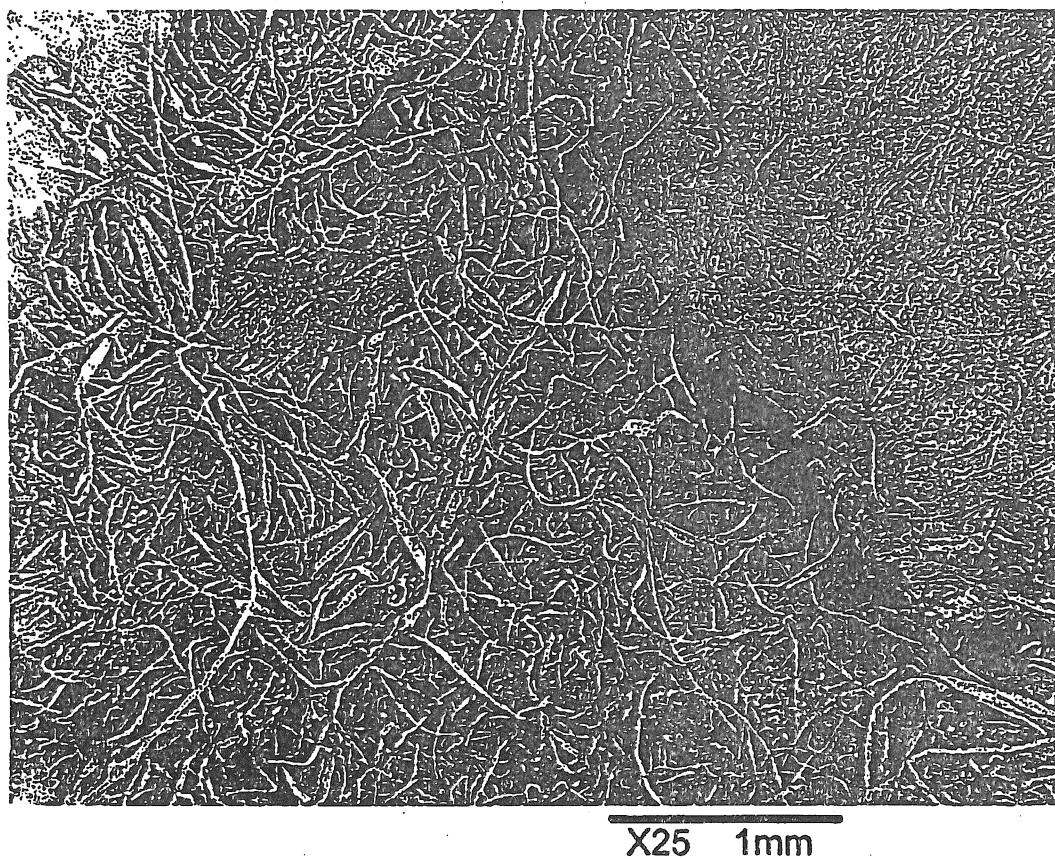
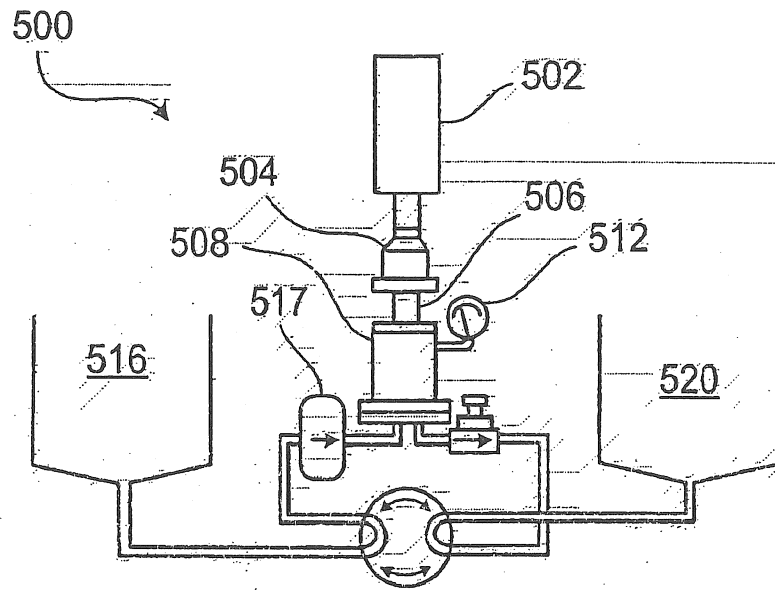
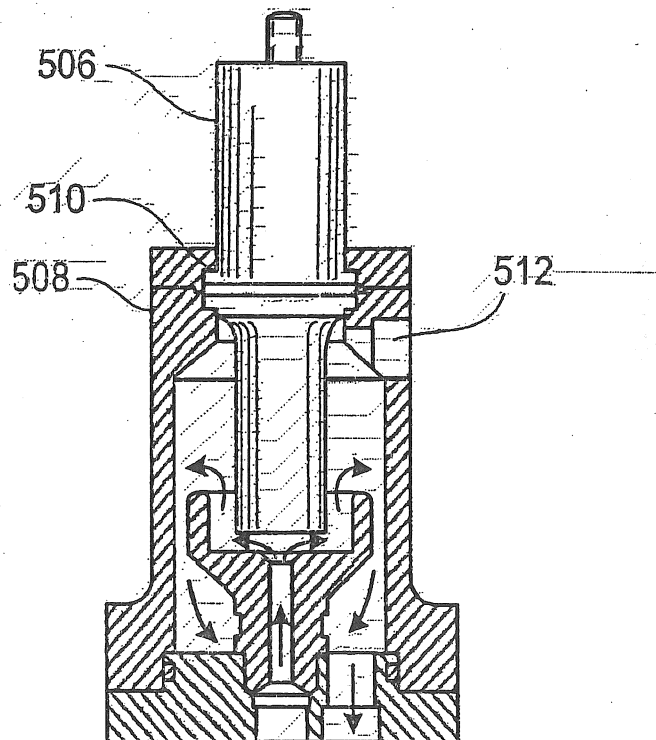
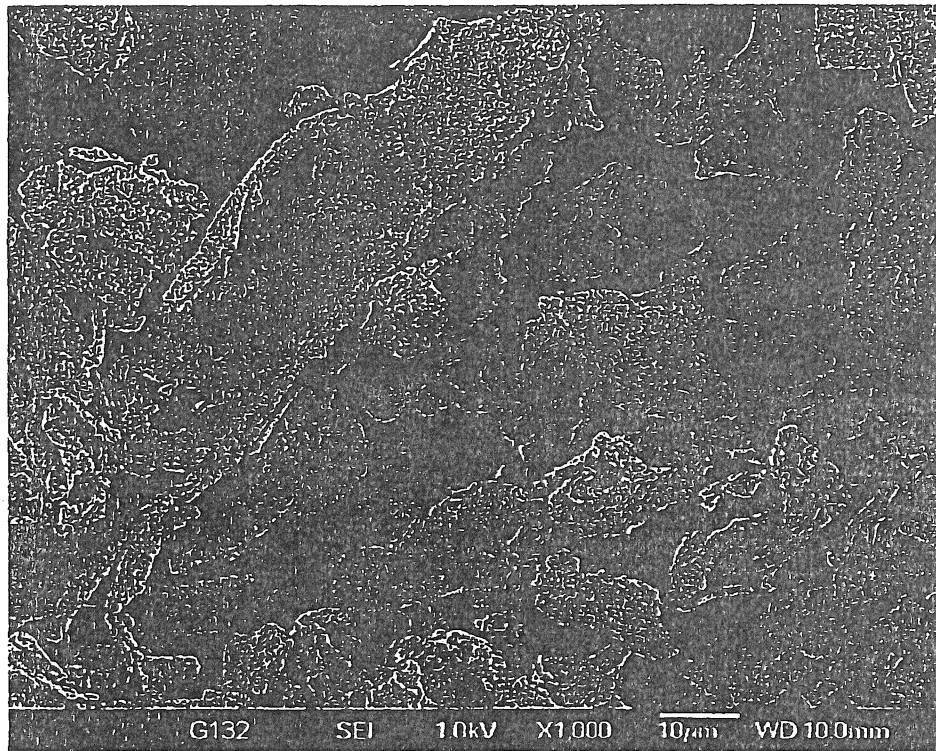
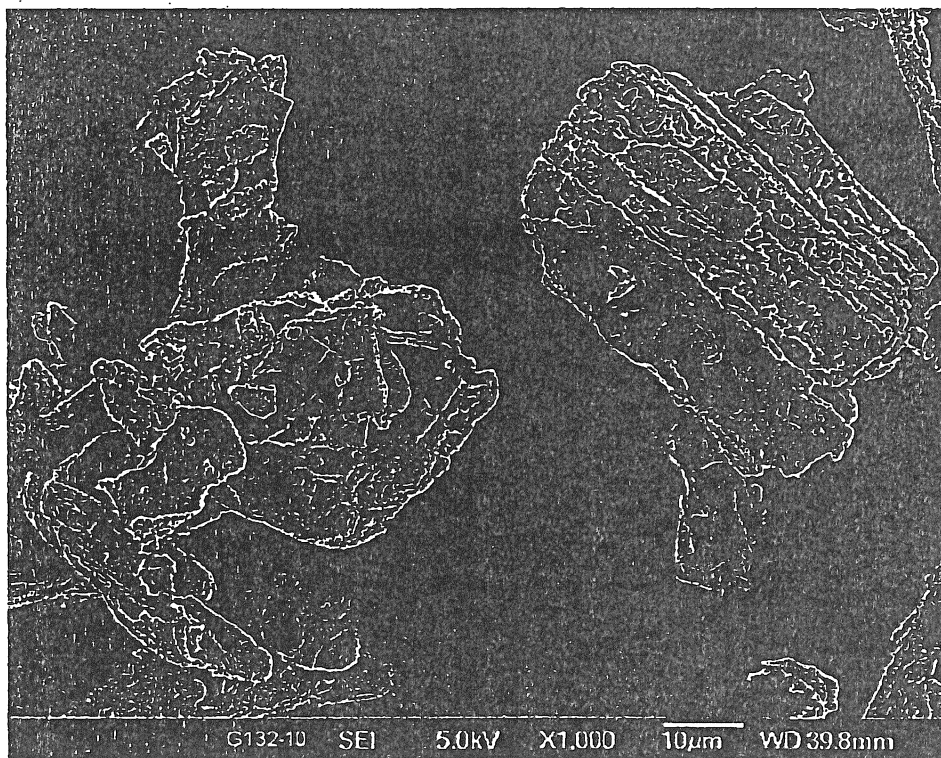


FIG. 26

**FIG. 27**

**FIG. 30****FIG. 31**

**FIG. 32****FIG. 33**

**FIG. 36**

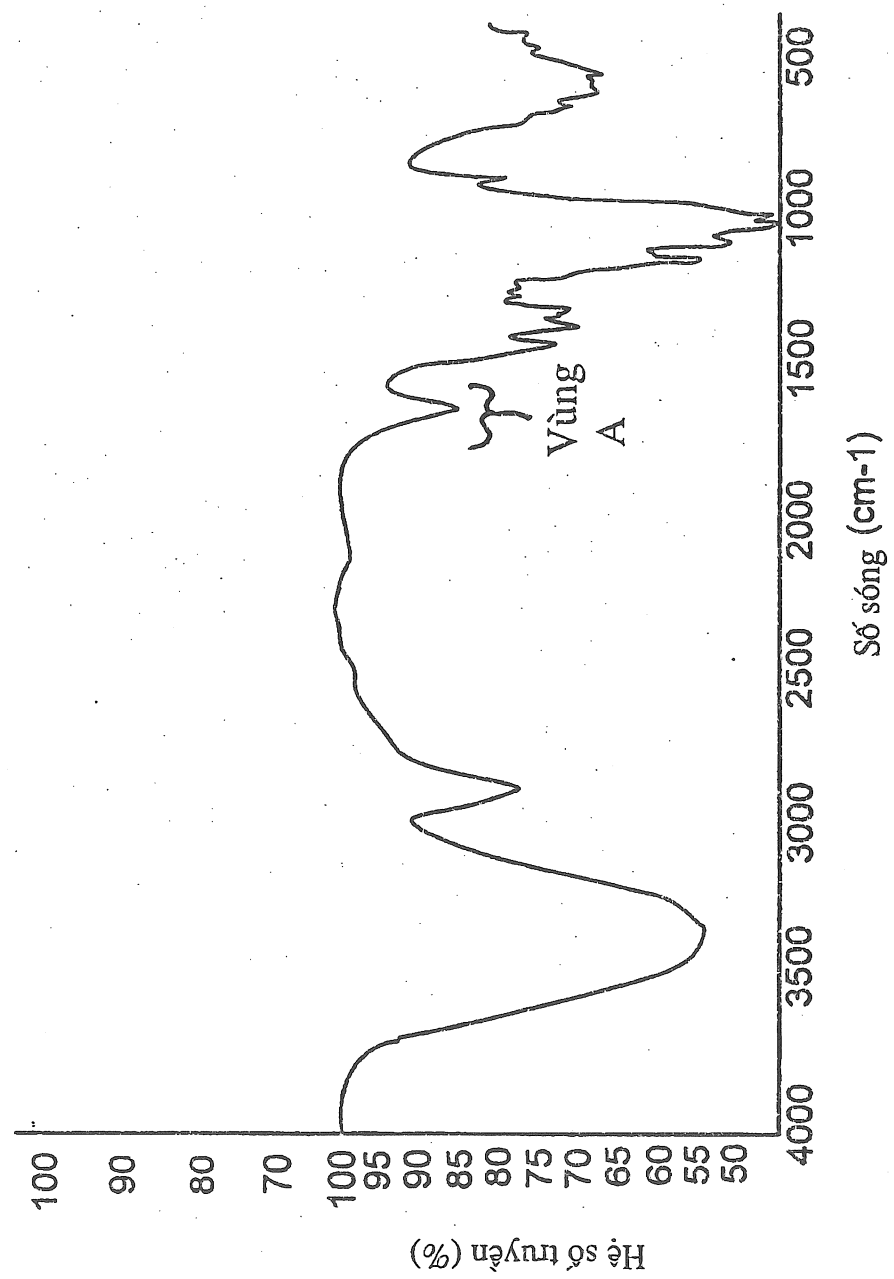


FIG. 37

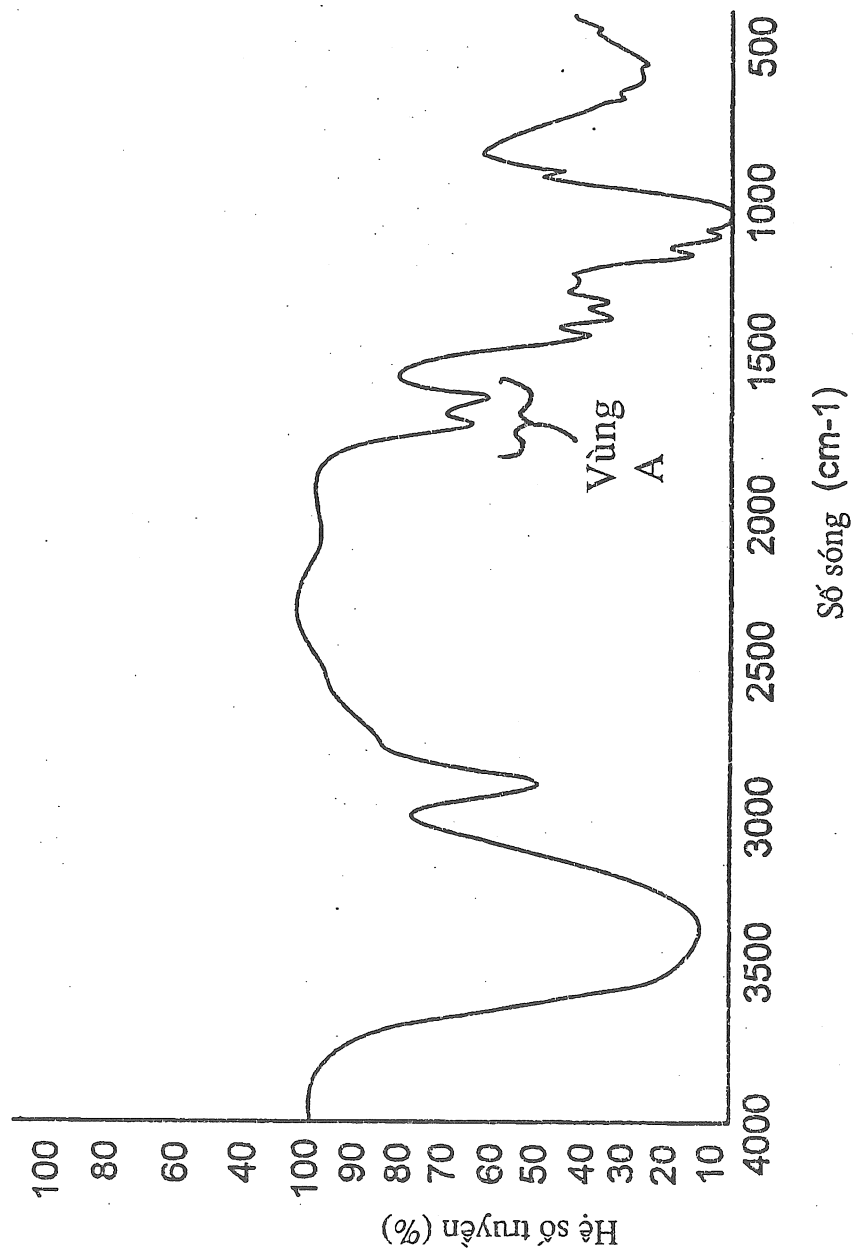


FIG. 38

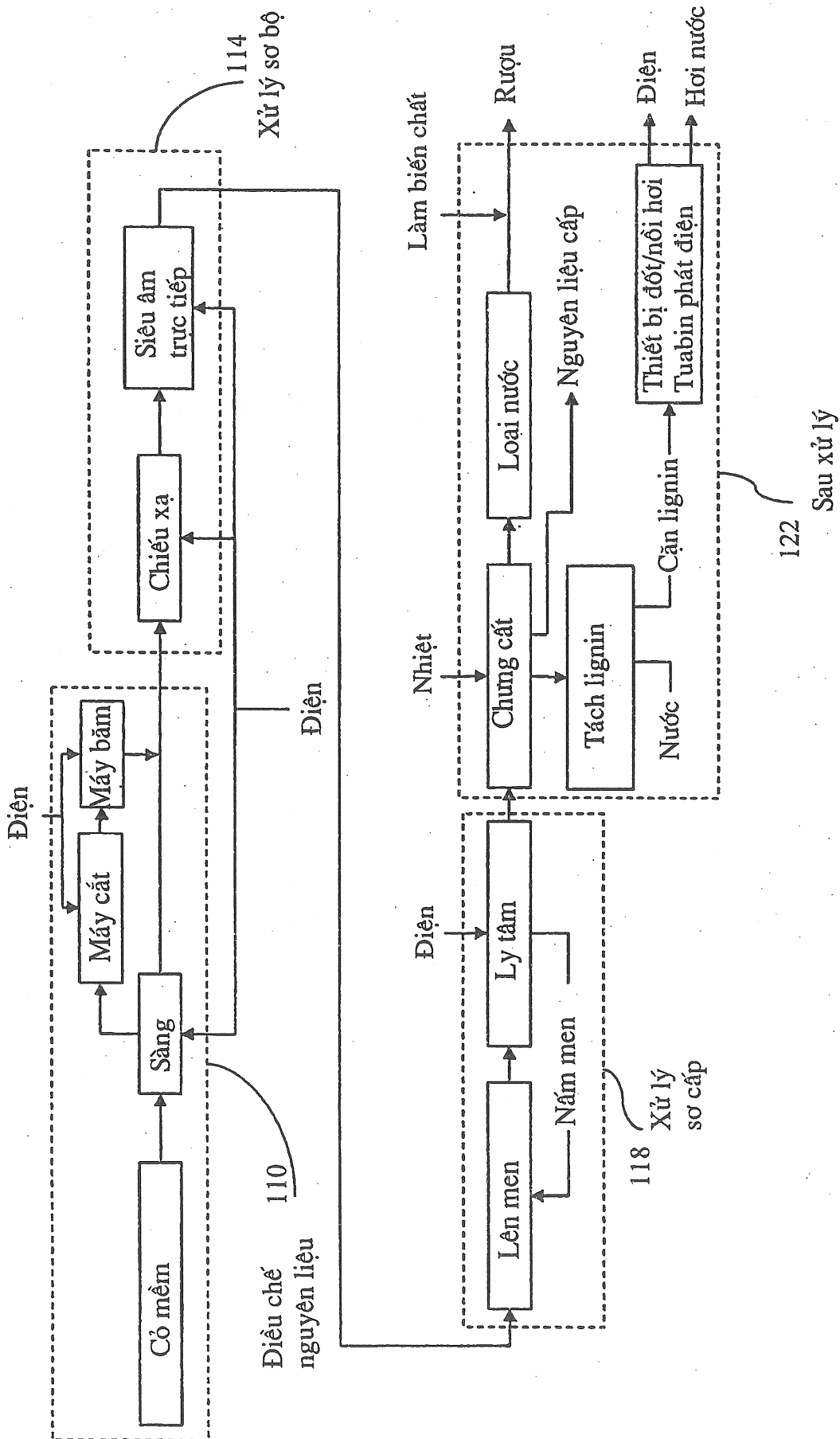


FIG. 39

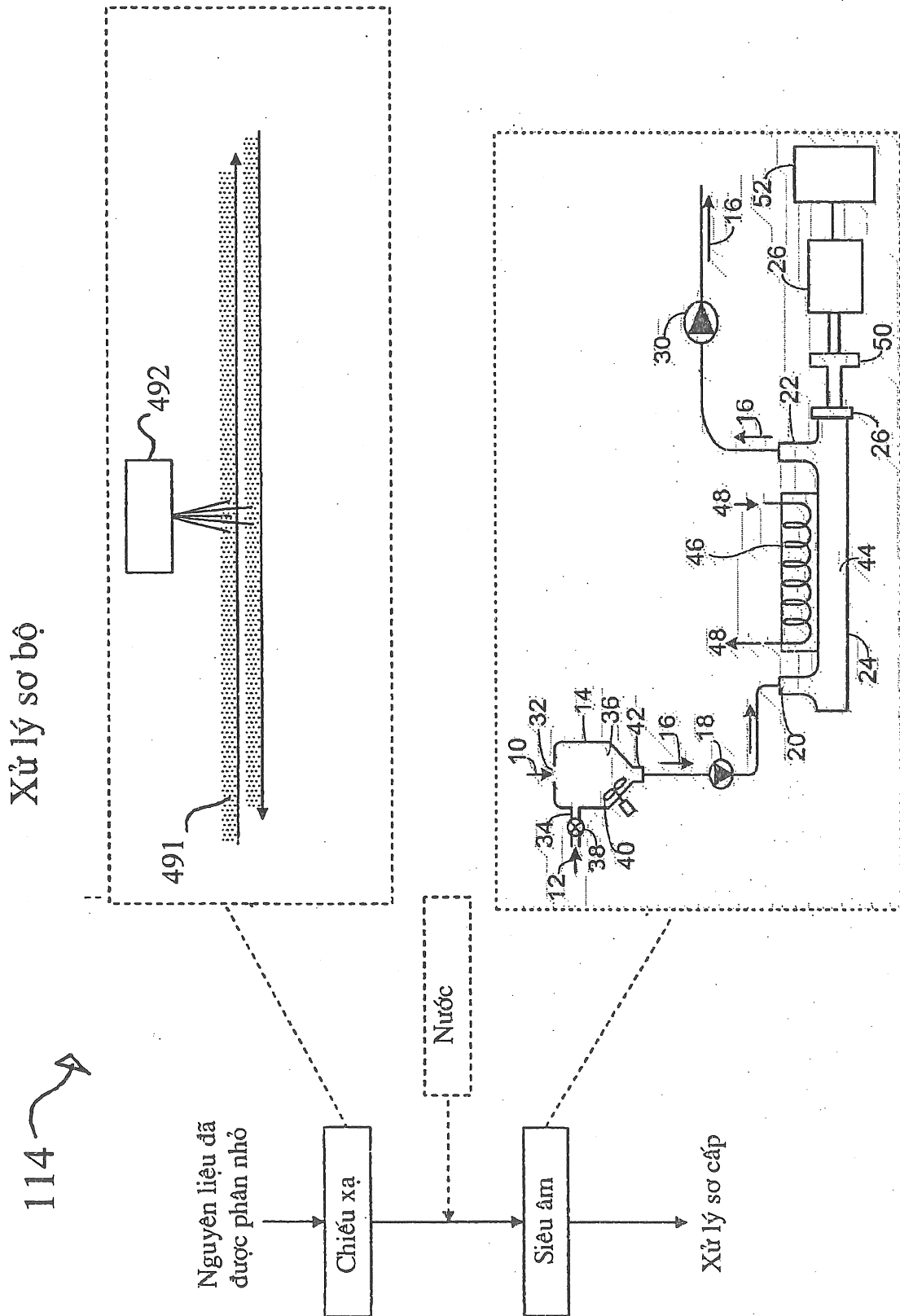


FIG. 40