(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0139083
(43) 공개일자 2017년12월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C10B 7/10 (2006.01) *C10B 53/02* (2006.01)
C10J 3/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C10B 7/10 (2013.01)
C10B 53/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7033283
(22) 출원일자(국제) 2016년04월20일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2017년11월17일
(86) 국제출원번호 PCT/AU2016/050286
(87) 국제공개번호 WO 2016/168894
국제공개일자 2016년10월27일
(30) 우선권주장
2015901409 2015년04월20일 오스트레일리아(AU)

(71) 출원인
레인보우 비 이터 아이피 피티와이 엘티디
오스트레일리아 빅토리아 3927 소머스 웨스턴 파크 로드 4
(72) 발명자
스탠리 이안
오스트레일리아 웨스턴 오스트레일리아 6468 칼라니 굿랜즈 로드 1835 드쿠르시 힐스
버지스 피터
오스트레일리아 빅토리아 3927 소머스 웨스턴 파크 로드 4
(74) 대리인
리앤목특허법인

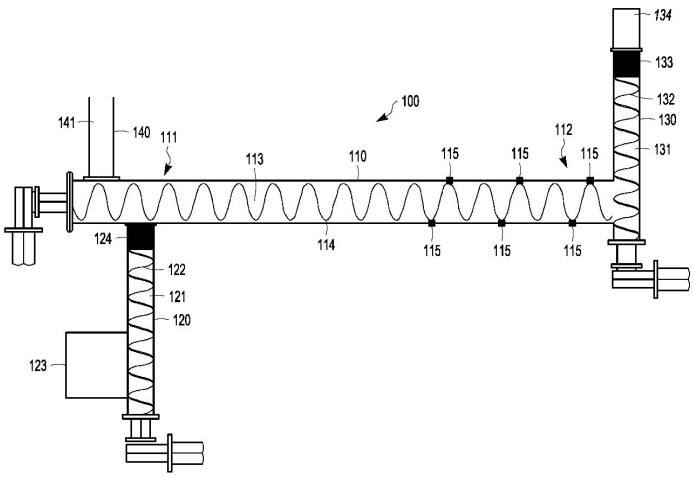
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **열분해 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은, 제1 단부 및 제2 단부를 갖는 열분해 챔버, 상기 열분해 챔버의 상기 제1 단부에 인접하게 연결된 공급물 입구, 상기 열분해 챔버의 상기 제2 단부에 인접하게 연결된 바이오차 출구, 및 상기 열분해 챔버와 유체연통하는 가스 출구를 포함하는 열분해 장치에 관한 것이다. 상기 열분해 챔버 및 공급물 입구는 센터리스 스크류 컨베이어를 더 포함한다. 본 발명은 생성된 합성가스에 존재하는 먼지, 오일 및 타르와 관련된 문제점을 경감시킨다. 본 발명은 또한, 바이오매스를 연속적으로 처리하는 방법에 사용될 수 있다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
C10J 3/007 (2013.01)
C10J 2200/158 (2013.01)
C10J 2300/092 (2013.01)
C10J 2300/0956 (2013.01)
C10J 2300/0959 (2013.01)
Y02E 50/14 (2013.01)
Y02E 50/30 (2013.01)
Y02P 20/145 (2015.11)

명 세 서

청구범위

청구항 1

열분해 장치로서, 상기 열분해 장치는,

(a) 제1 단부 및 제2 단부를 갖는 열분해 챔버로서, 상기 열분해 챔버의 상기 제1 단부로부터 적어도 부분적으로 상기 제2 단부를 향하여 연장하는 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(centreless pyrolysis screw conveyor)를 포함하는 열분해 챔버;

(b) 상기 열분해 챔버의 상기 제1 단부에 인접한 공급물 입구;

(c) 상기 열분해 챔버의 상기 제2 단부에 인접한 바이오차(biochar) 출구; 및

(d) 상기 열분해 챔버와 유체연통하고 상기 제1 단부에 인접하게 배치된 가스 출구;를 포함하며,

상기 공급물 입구는 센터리스 공급물 스크류 컨베이어를 포함하고, 상기 열분해 챔버의 상기 제2 단부는 가스 출구가 없는,

열분해 장치.

청구항 2

(a) 열분해 챔버를 제공하는 단계로서, 상기 열분해 챔버는,

(i) 제1 단부 및 제2 단부를 갖는 열분해 챔버로서, 상기 열분해 챔버의 상기 제1 단부로부터 적어도 부분적으로 상기 제2 단부를 향하여 연장하는 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(centreless pyrolysis screw conveyor)를 포함하는 열분해 챔버;

(ii) 상기 열분해 챔버의 상기 제1 단부에 인접한 공급물 입구;

(iii) 상기 열분해 챔버의 상기 제2 단부에 인접한 바이오차(biochar) 출구; 및

(iv) 상기 열분해 챔버와 유체연통하고 상기 제1 단부에 실질적으로 인접하게 배치된 가스 출구;를 포함하며, 상기 공급물 입구는 센터리스 공급물 스크류 컨베이어를 포함하고, 상기 열분해 챔버의 상기 제2 단부는 가스 출구가 없는, 단계;

(b) 상기 공급물 입구로부터 상기 열분해 챔버의 상기 제1 단부로 바이오매스를 도입하는 단계;

(c) 상기 바이오매스를 상기 열분해 챔버의 상기 제1 단부로부터 상기 열분해 챔버의 상기 제2 단부로 이동시켜서, 상기 바이오매스를 열분해하고 합성가스 및 바이오차를 생성하는 단계;

(d) 상기 바이오차를 상기 열분해 챔버로부터 상기 바이오차 출구를 통하여 제거하는 단계; 및

(e) 상기 합성가스를 대체적으로 상기 제2 단부으로부터 상기 제1 단부로 향하는 방향으로 이동시켜서 상기 가스 출구를 통해 제거되도록 하는 단계;를 포함하며,

그에 따라, 상기 바이오매스를 처리하는,

바이오매스 처리 방법.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 센터리스 공급물 스크류 컨베이어의 단부와 상기 열분해 챔버 사이에 간격이 있는, 열분해 장치 또는 바이오매스 처리 방법.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 바이오차 출구는 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어를 더 포함하는, 열분해 장치 또는 바이오매스 처리 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어의 단부와 상기 바이오차 출구의 출구 사이에 간격이 있는, 열분해 장치 또는 바이오매스 처리 방법.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 온도 구배가 상기 열분해 챔버에서 형성되는, 열분해 장치 또는 바이오매스 처리 방법.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 열분해 장치는 상기 바이오차 출구와 연통하는 바이오차 밸브를 더 포함하는, 열분해 장치 또는 바이오매스 처리 방법.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 열분해 장치는 상기 제2 단부에 인접하게 배치된 적어도 하나의 가스 주입 포트를 더 포함하는, 열분해 장치 또는 바이오매스 처리 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 상기 가스는 산소 또는 대기(atmospheric air)로부터 선택되는, 열분해 장치 또는 바이오매스 처리 방법.

청구항 10

제 2 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서, 바이오매스 플러그(plug)가 상기 공급물 입구에 형성된, 바이오매스 처리 방법.

청구항 11

제 2 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서, 바이오차 플러그가 상기 바이오차 출구에 형성된, 바이오매스 처리 방법.

청구항 12

제 2 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서, 치밀 충전 바이오매스(densely packed biomass)가 상기 열분해 챔버에 형성되는, 바이오매스 처리 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서, 합성가스가 상기 치밀 충전 바이오매스에 의해 여과되는, 바이오매스 처리 방법.

청구항 14

제 2 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 바이오매스 처리 방법은 바이오매스를 연속적으로 처리하는 방법인, 바이오매스 처리 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 열분해 분야에 관한 것이다. 더 상세하게는, 본 발명은 바이오매스(biomass)의 열분해 및 처리를 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 바이오매스는 식물성 및 동물성 재료를 포함하는 최근 생존 유기체로부터 유래될 수 있는 생물학적 재료이다. 바이오매스를 얻을 수 있는 재료의 예는 숲의 목재, 농업 및 임업 공정에서 남겨진 재료, 및 사람, 산업 공정 및 동물에서 유래한 유기 폐기물이 있다. 바이오매스는 열이나 전기를 생산하는 연료의 재생가능한 공급원으로

서 사용될 수 있다. 바이오매스의 조성은 주로 탄소, 수소 및 산소이다. 바이오매스는 또한, 열분해를 통해, 합성가스의 생산을 포함하여, 다른 연료들의 공급 원료로서 사용될 수 있다.

[0003] 열분해는 고온에서 유기재료의 열화학적 분해이다. 열분해는 유기재료가 연소되지 않도록 산소(또는 반응성 가스)가 없는 분위기 중에서 발생해야 한다. 이러한 상승된 온도 및 산소가 없는 상태에서, 유기재료는 화학적 분해를 거쳐 합성가스 및 부산물인 바이오차(biochar)를 형성한다. 바이오차는 에너지를 생성하는 데 사용할 수 있거나 또는, 대안적으로, 토양 개량제로 사용될 수 있다. 유기재료의 열분해의 또 다른 유용한 특성은 잠재적인 온실 배출가스가 고체 상태(바이오차)로 남아 있기 때문에 대기 속으로 배출되지 않아, 더 친환경적인 공정으로 만들 수 있다는 것이다.

[0004] 현재 열분해시 발생하는 문제는 생성된 합성가스에 먼지, 오일 및 타르가 종종 존재한다는 것이다. 결과적으로, 합성가스는 사용되기 전에 정제될 필요가 있다. 대규모 열분해와 관련된 다른 문제점은 바이오매스를 연속적으로 열분해하기 어렵다는 것이다. 많은 열분해 시스템은 연속적인 시스템으로, 바이오매스가 챔버로 적재되고, 열분해가 시작되고, 합성가스가 생성되고 바이오차를 제거하기 위해 챔버가 열리고 나서 새로운 바이오매스 적재가 추가될 수 있다. 이 시스템의 단점은 챔버가 열렸을 때 합성가스가 손실되고, 챔버를 다시 적재하는 데 시간이 필요하며, 빈번하게 열을 냉각 및 상승시키므로 에너지 효율이 열악하다는 것이 포함된다.

[0005] 게다가, 수분 함량이 높은 바이오매스는 열분해가 일어나기 전에 수분을 제거하기 위해 추가 열에너지가 필요하기 때문에 열분해되기 어려울 수 있다. 이와 같이, 높은 수분 함량의 바이오매스는 열분해 챔버로 도입되기 전에 별도로 건조되거나 처리되어야 한다. 이 요구 사항으로 인해, 낮은 수분 함량의 바이오매스에 접근 가능하다면, 많은 높은 수분 함량의 바이오매스는 열분해에서의 사용에 있어서 간과된다. 이로 인해, 많은 유형의 바이오매스가 가능한 연료원으로서 간과되고 바이오매스의 에너지 가치가 실현되지 않는다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 이들 결점들 중 하나 이상을 해결하거나 유용한 상업적 대안을 제공하는 열분해 장치 및 그 사용 방법을 제공하는 것이 유익할 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 제1 측면에서, 비록 이것이 유일하거나 실제로 가장 광범위한 형태일 필요는 없지만, 본 발명은 열분해 장치에 관한 것이며, 상기 열분해 장치는:

[0008] (a) 제1 단부 및 제2 단부를 갖는 열분해 챔버로서, 상기 열분해 챔버의 상기 제1 단부로부터 적어도 부분적으로 상기 제2 단부를 향하여 연장하는 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(centreless pyrolysis screw conveyor)를 포함하는 열분해 챔버;

[0009] (b) 상기 열분해 챔버의 상기 제1 단부에 인접한 공급물 입구;

[0010] (c) 상기 열분해 챔버의 상기 제2 단부에 인접한 바이오차 출구; 및

[0011] (d) 상기 열분해 챔버와 유체연통하고 상기 제1 단부에 인접하게 배치된 가스 출구를 포함하며,

[0012] 상기 공급물 입구는 센터리스 공급물 스크류 컨베이어를 포함하고, 상기 열분해 챔버의 상기 제2 단부는 가스 출구가 없다.

[0013] 일 구현예에서, 상기 열분해 장치는 상기 제2 단부에 인접한 적어도 하나의 가스 주입 포트를 더 포함한다.

[0014] 일 구현예에서, 상기 열분해 챔버와 유체연통하는 모든 가스 출구는 실질적으로 상기 제1 단부에 인접하여 배치된다.

[0015] 일 구현예에서, 상기 센터리스 열분해 스크류 컨베이어는 상기 제1 단부로부터 상기 열분해 챔버를 따라 상기 제2 단부를 향하는 경로의 적어도 약 1/3까지 연장한다.

[0016] 추가 구현예에서, 상기 센터리스 열분해 스크류 컨베이어는 상기 제1 단부로부터 상기 열분해 챔버를 따라 상기 제2 단부를 향하는 경로의 적어도 약 절반까지 연장한다.

[0017] 바람직하게는, 상기 센터리스 열분해 스크류 컨베이어는 실질적으로 상기 제1 단부와 상기 제2 단부 사이에서

연장한다.

[0018] 일 구현예에서, 상기 센터리스 열분해 스크류 컨베이어는 상기 센터리스 열분해 스크류 컨베이어의 중심을 형성하는 개구부(aperture) 또는 보어(bore)를 가지며, 이 개구부 또는 보어는 임의의 구조체 또는 장치를 실질적으로 결여한다. 즉, 상기 센터리스 열분해 스크류 컨베이어의 상기 개구부 또는 보어는 막혀있지 않으며(clear), 및/또는, 상기 센터리스 열분해 스크류 컨베이어의 상기 개구부 또는 보어는 상기 센터리스 열분해 스크류 컨베이어의 플라이트(flight)에 의해 한정되는 공극(void)으로서 기술될 수 있다.

[0019] 특정 구현예에서, 상기 센터리스 공급물 스크류 컨베이어의 단부와 상기 열분해 챔버 사이에는 간격이 존재한다.

[0020] 일 구현예에서, 상기 바이오차 출구는 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어를 포함한다.

[0021] 특정 구현예에서, 상기 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어의 단부와 상기 바이오차 출구(outlet)의 출구(exit) 사이에는 간격이 존재한다.

[0022] 또 다른 구현예에서, 상기 열분해 장치는 바이오차 밸브를 더 포함한다.

[0023] 바람직하게는, 상기 바이오차 밸브는 상기 열분해 챔버로부터 가장 멀리 떨어진 상기 바이오차 출구의 단부에 위치한다.

[0024] 다른 구현예에서, 상기 열분해 장치는 상기 공급물 입구와 연통하는 바이오매스 공급물 호퍼를 더 포함한다.

[0025] 일 구현예에서, 상기 열분해 장치는 상기 공급물 입구와 상기 열분해 챔버 사이에서 연장하는 활송 장치(transfer chute)를 더 포함한다.

[0026] 일 구현예에서, 상기 열분해 챔버는 상기 활송 장치 및 가스 출구가 그 내부로 개방되는 팽창 챔버(expansion chamber)를 포함한다.

[0027] 제2 측면에서, 본 발명은 바이오매스를 처리하는 방법에 관한 것이며, 상기 방법은:

[0028] (a) 열분해 챔버를 제공하는 단계로서, 상기 열분해 챔버는,

[0029] (i) 제1 단부 및 제2 단부를 갖는 열분해 챔버로서, 상기 열분해 챔버의 상기 제1 단부로부터 적어도 부분적으로 상기 제2 단부를 향하여 연장하는 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(centreless pyrolysis screw conveyor)를 포함하는 열분해 챔버;

[0030] (ii) 상기 열분해 챔버의 상기 제1 단부에 인접한 공급물 입구;

[0031] (iii) 상기 열분해 챔버의 상기 제2 단부에 인접한 바이오차(biochar) 출구; 및

[0032] (iv) 상기 열분해 챔버와 유체연통하고 상기 제1 단부에 인접하게 배치된 가스 출구;를 포함하며, 상기 공급물 입구는 센터리스 공급물 스크류 컨베이어를 포함하고, 상기 열분해 챔버의 상기 제2 단부는 가스 출구를 실질적으로 결여하는, 단계;

[0033] (b) 상기 공급물 입구로부터 상기 열분해 챔버의 상기 제1 단부로 바이오매스를 도입하는 단계;

[0034] (c) 상기 바이오매스를 상기 열분해 챔버의 상기 제1 단부로부터 상기 열분해 챔버의 상기 제2 단부로 이동시켜서, 상기 바이오매스를 열분해하고 합성가스 및 바이오차를 생성하는 단계;

[0035] (d) 상기 바이오차를 상기 열분해 챔버로부터 상기 바이오차 출구를 통하여 제거하는 단계; 및

[0036] (e) 상기 합성가스를, 일반적으로 상기 제2 단부으로부터 상기 제1 단부로 향하는 방향으로, 이동시켜서, 상기 가스 출구를 통해 제거되도록 하는 단계;를 포함하며,

[0037] 그에 따라, 상기 바이오매스를 처리한다.

[0038] 일 구현예에서, 상기 방법은 상기 공급물 입구와 상기 열분해 챔버 사이에 바이오매스 플러그(biomass plug)를 형성하는 단계를 더 포함한다.

[0039] 일 구현예에서, 상기 방법은 상기 바이오차 출구의 출구에 바이오차 플러그를 형성하는 단계를 더 포함한다.

[0040] 일 구현예에서, 상기 방법은 바이오매스를 연속적으로 처리하는 방법이다.

[0041] 특정 구현예에서, 상기 열분해는 약 400 ℃ 내지 약 700 ℃의 온도에서 수행될 수 있다.

[0042] 상기 방법은 약 250 kPa 미만, 바람직하게는 약 200 kPa 미만, 더 바람직하게는 약 150 kPa 미만, 더욱더 바람직하게는 약 100 kPa 미만 또는 약 50 kPa 미만의 압력에서 수행될 수 있다.

[0043] 본 발명의 다른 특징 및 이점은 다음의 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0044] 본 발명의 이해를 돕기 위해, 그리고, 당해 기술분야의 통상의 기술자가 본 발명이 실용적인 효과를 내도록 하는 것을 가능하게 하기 위해, 본 발명의 바람직한 구현예가 첨부된 도면을 참조하여, 단지 예시의 목적으로, 설명될 것이다.

도 1은 열분해 장치의 평면도이다.

도 2는 바이오매스 플러그를 형성하는 공정이다.

도 3은 바이오차 플러그를 형성하는 공정이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0045] 본 발명의 구현예는 주로 합성가스 및 바이오차를 제조하기 위해 바이오매스를 처리하는 열분해 장치 및 방법에 관한 것이다. 따라서, 장치 및 방법 단계는 본 발명의 구현예를 이해하는데 필수적인 특정 세부 사항만을 도시하고, 도면에서 간략한 개략적인 형태로 도시되었지만, 본 상세한 설명의 이점을 갖도록 하기 위해, 당해 기술분야의 통상의 기술자에게는 명백할 과도한 세부 사항으로 본 개시가 모호해지지 않도록 도시되었다.

[0046] 본 명세서에서, 제1 및 제2, 등과 같은 형용사는 단지 실제의 그러한 관계 또는 순서를 필요로 하거나 암시하지 않고 하나의 구성 요소 또는 동작을 다른 구성 요소 또는 동작과 구별하기 위해 사용될 수 있다. "포함한다(comprises)" 또는 "포함한다(includes)"와 같은 단어는 비배타적인 포함을 정의하도록 의도되었으며, 그에 따라, 요소들의 목록을 포함하는 방법 또는 장치는 그 요소들만을 포함하지 않고, 명시적으로 나열되지 않은 다른 요소들(그러한 방법 또는 장치에 내재되어 있는 요소들을 포함)도 포함할 수 있다.

[0047] 본 명세서에서 사용되는 용어 "바이오매스"는 연료로서 사용될 수 있는 재생 가능한 유기재료을 의미한다. 특정 바이오매스는, 비제한적인 예시로서, 임업 제품, 농산물, 동물성 재료, 짚, 목재 조각(wood chips) 및 포도 나무 조각(vine clippings)을 포함한다.

[0048] 본 명세서에 사용된 용어 "센터리스 스크류 컨베이어"는, 경로를 따라 과립형 또는 액상의 재료를 이동시키기 위해, 플라이팅(flighting)이라고도 불리는, 회전 나선형 스크류 블레이드(rotating helical screw blade)를 사용하는 메카니즘을 지칭한다. 나선형 코일은 한쪽 끝에서 구동되고, 다른 끝에서는 자유로우며, 종래의 스크류 컨베이어의 중심축이 없다. 본 명세서에서 적용되는 바와 같이, 센터리스 스크류 컨베이어가 재료를 열분해 챔버를 통해 이동시키는데 사용되는 경우에는 "센터리스 열분해 스크류 컨베이어"라는 용어가 사용되고, 상기 챔버에 재료를 도입하는 경우에는 "센터리스 공급물 스크류 컨베이어"라는 용어가 사용되고, 상기 챔버로부터 열분해된 재료를 받아들이고 제거하는 경우에는 "센터리스 바이오차 스크류 컨베이어"라는 용어로 사용된다.

[0049] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, '약(about)'이라는 용어는 그 양이 '약'이라는 용어 다음에 오는 숫자를 명목상으로 나타내지만 그 실제 양은 이 정확한 수치로부터 중요하지 않은 정도까지 변화될 수 있음을 의미한다.

[0050] 본 명세서에서 사용된 '바이오차(biochar)'라는 용어는 '차콜(charcoal)'이라는 용어와 상호교환될 수 있다.

[0051] 도 1에, 열분해 장치가 도시되어 있다. 열분해 장치(100)는 제1 단부(111) 및 제2 단부(112)를 갖는 열분해 챔버(110)를 포함한다. 공급물 입구(120)는 제1 단부(111)에 대체로 인접하여 위치하고, 바이오차 출구(130)는 제2 단부(112)에 대체로 인접하여 위치한다. 가스 출구(140)는 열분해 챔버(110)의 중공 내부와 유체연통하며 실질적으로 공급물 입구(120)에 인접하여, 따라서 제1 단부(111)에 인접하여 위치한다.

[0052] 열분해 챔버(110)는 파이프 또는 튜브 형태인 것이 바람직하고 그 길이를 따라 중공 내부 또는 보어(113)를 갖는다. 열분해 챔버(110)는 연강(mild steel) 또는 고온에 대해 적절하게 저항하는 다른 재료로 구성될 수 있다. 일 구현예에서, 열분해 챔버(110)는 그 직경보다 약 8 내지 약 12 배, 바람직하게는 그 직경의 약 10 배인 길이를 가질 수 있다. 열분해 챔버(110)는 유리하게는, 도시된 구현예에서 보여지듯이, 보어(113)의 길이를 따라 연장되는 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)를 포함한다. 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)는 열분해 챔

버(110)에 대해 독립적으로 회전가능하다. 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)는 열분해 챔버(110)를 따라 제1 단부(111)에서 제2 단부(112)로 바이오매스를 이동시키는 역할을 한다. 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)는 종래의 샤프트 스크류 컨베이어(shaft screw conveyor)에 비해 작동시 뚜렷한 이점을 제공한다.

[0053] 종래의 스크류 컨베이어 또는 패들(paddle)은 바이오매스를 이동시키지만 그 바이오매스의 치밀 충전에 기여하지는 않는다. 이것은 적재 중에 바이오매스 내에서 전형적으로 형성되는 임의의 공극(voids) 또는 공동(cavities)이 대체로 유지된다는 것을 의미한다. 게다가, 종래의 스크류 컨베이어 또는 패들은 센터리스 스크류 컨베이어에 비해 재료 이동에 더 많은 에너지를 필요로 한다. 센터리스 스크류 컨베이어는, 센터리스 스크류 컨베이어와 이동되는 재료 사이의 마찰이 적기 때문에 에너지를 덜 필요로 한다. 이것은 열분해 장치(100)의 효율을 향상시킨다. 이것에 더하여, 센터리스 스크류 컨베이어를 사용하면 센터리스 스크류 컨베이어의 공극(void)으로 굴러 떨어질 수 있는 재료의 특성에 의해서 센터리스 스크류 컨베이어의 바깥쪽과 그 관련 벽 사이에 재료(바이오매스 또는 바이오차)가 낄 가능성이 줄어든다. 이것에 더하여, 센터리스 스크류 컨베이어의 회전 속도는 또한 상대적으로 느리면서도 여전히 효과적일 수 있으며, 이는 또한 스크류의 마모를 감소시킨다.

[0054] 중심 축이 제공되지 않는, 본 명세서의 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)는 바이오매스 베드(bed)의 일정한 텀블링 및 재형성을 위한 더 많은 공간을 제공하며 유리하게도 상대적으로 공극(voids) 또는 공동(cavities)이 적은 치밀 베드를 형성하는 것으로 밝혀졌다. 이것은 치밀 바이오매스 베드가 열분해 챔버(110)의 제1 단부의 바이오매스와 가열된 합성가스 사이에서 우수한 향류 열교환 시스템으로서 작용한다는 점에서 작동 상의 중요한 이점을 제공하며, 이는 이후에 더 상세하게 논의된다. 특정 구현예에서, 합성가스는 열분해 온도(400 ℃ 내지 700 ℃)로부터 60 ℃ 내지 80 ℃로 냉각되고, 동시에, 도입된 바이오매스는 주변 온도에서 건조 온도까지, 결국에는 열분해 온도까지 가열된다. 따라서, 이 열교환은 바이오매스 내의 수분을 제거하게 된다. 텀블링 효과에 의해 생성된 치밀 바이오매스 베드는 합성가스로부터의 오일, 타르 및 입자의 여과 측면에서 중요한 장점을 제공한다. 일 구현예에서, 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)는 치밀 충전 바이오매스를 형성한다.

[0055] 바이오매스에서 공극(void) 및 공동(cavities)이 상대적으로 존재하지 않기 때문에, 합성가스가, 구불구불한 경로로, 치밀 충전 바이오매스를 통해 침투해 상당한 양의 열교환 및 여과 효과를 얻으며, 이것에 대해서는 나중에 더 자세히 설명된다. 궁극적으로, 본 발명의 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)는 더 높은 총괄 에너지 효율 및 더 청정한 합성가스 생성물을 제공하므로, 합성가스 생성물이 후속 작업에서 추출되고 사용될 때 추가의 세정 작업을 전혀 필요로 하지 않거나 또는 최소한으로만 필요로 한다. 생성된 바이오차 및 합성가스는 시판 가능한 품질과 양을 가지며, 추가 정제가 필요하지 않다. 이것은 결과적으로 유용한 제품을 많이 생산하는 고효율의 공정을 제공할 수 있다. 예를 들어, 열분해 장치(100)를 통해 처리된 1 톤의 블루 검 목재 조각(blue gum wood chips)은 약 5 내지 약 7 Gj/톤의 바이오매스(건조 기준)의 양에서 약 5 내지 약 9 Mj/m^3의 에너지 밀도를 갖는 합성가스, 및 85 % 초과의 고정 탄소(fixed carbon)에서 약 250 내지 약 350 kg의 바이오차를 생성한다.

[0056] 이해되는 바와 같이, 바이오매스의 치밀 충전은, 열분해가 발생하기 전에, 제1 단부(111)에 가장 가까운 열분해 챔버(110)의 부분에서만 진정으로 유익하다. 바이오매스는 점차적으로 건조되고 그런 다음 열분해 구역을 통과하면서 열분해되어, 이 지점에서는 원래의 부피의 약 1/3로 줄어들어 합성가스의 여과 및 정제에 더 이상 역할을 하지 않는다. 따라서, 일 구현예에서, 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)는 단지, 열분해 챔버(110)의 제1 단부(111)로부터 적어도 부분적으로 제2 단부(112)를 향하여 연장한다. 특정 구현예에서, 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)는 제1 단부(111)로부터 제2 단부(112)로 향하는 열분해 챔버(110)를 따르는 경로의 적어도 약 1/3 지점까지 연장한다. 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)가 이 지점에서 단순하게 끝나고, 바이오매스는 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)에 의해 공급되는 더 많은 바이오매스의 일정한 움직임에 의해 더 밀려날 수 있다. 추가 구현예에서, 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)는 제1 단부(111)로부터 제2 단부(112)로 향하는 열분해 챔버(110)를 따르는 경로의 적어도 약 절반까지 연장한다. 바람직하게는, 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)는 실질적으로 제1 단부(111)와 제2 단부(112) 사이에서 연장한다. 이 구현예는 열분해 챔버(110)의 길이의 처음 1/3 정도(제1 단부(111)로부터)에서 바이오매스가 충전되는 장점이 얻어지기 때문에 바람직하며, 열분해 구역을 통해 바이오매스를 가능한 멀리 효율적으로 이동시키는 것이 요구되고, 또한, 바이오차 출구(130)에 가능한 가깝게 바이오매스를 전달하는 것이 요구되는 한, 이 컨베이어 디자인을 단순히 계속시키는 것이 건축 측면에서 더 간단하다.

[0057] 일 구현예에서, 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)의 중심을 형성하는 개구부(aperture) 또는 보어(bore)에는, 예를 들어 가열 막대(heating rod), 가스 주입 란셋(gas injecting lancet) 등과 같은 임의의 구조체 또는 장치가 실질적으로 없다. 즉, 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)의 개구부 또는 보어는 막혀있지 않고 및/

또는 센터리스 열분해 스크류 컨베이어의 플라이트에 의해 한정되는 공극(void)으로서 기술될 수 있다. 만약, 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)의 개구부 또는 보어를 통해 구조체가 배치되면, 전술한 이점이 동일한 정도로 실현될 수 없다.

[0058] 이해되는 바와 같이, 열분해 챔버(110)와 관련해서 공급물 입구(120), 바이오차 출구(130), 및 가스 출구(140)의 위치는 전술한 이점을 달성하는 데 중요하다. 이것에 더하여, 이하에서 논의되는 바이오매스 플러그(124) 및 바이오차 플러그(133)의 형성 또한 본 발명에 중요하다. 이들 특징들의 조합은 합성가스가 열분해 챔버(110) 내의 치밀 충전 바이오매스를 통과한 후 가스 출구(140)를 통해 빠져 나오도록 강제함으로써, 실질적으로 미립자 물질이 없는 합성가스를 생성하게 한다. 이 치밀 충전 바이오매스는 특정 물질의 합성가스를 효과적으로 여과한다.

[0059] 열분해 챔버(110)는 단일 챔버인 것이 바람직한데, 이는 이것이 더 작고 더 적은 구성 요소를 사용하기 때문이다. 더 적은 구성 요소의 사용은 열분해 장치(100)에서 기계적 고장 가능성을 감소시킨다. 이와 관련하여, 오직 단일 열분해 챔버(110)만이 합성가스의 향류를 달성하는데 요구된다. 그러나, 당해 기술분야의 통상의 기술자에 의해 인식되는 바와 같이, 바이오매스의 치밀 플러그를 통한 향류가 달성되는 한, 복수의 파이프 또는 튜브가 사용될 수 있다.

[0060] 응축물은 열분해 챔버 안에서 형성된다. 이들 응축물은 타르 및 오일을 포함하므로 열분해 장치(100), 가스 출구(140), 및 합성가스를 사용하는 하류에 위치하는 기계류(예를 들어, 보일러 또는 엔진)의 오염을 야기할 수 있다. 선행 기술의 열분해 장치의 문제점은 상당한 양의 오일 및 타르 및 미립자 물질이 열분해기를 떠나는 합성가스에 남아 있다는 것이다. 이와 같이, 선행 기술의 열분해 장치로부터의 합성가스는, 매우 낮은 수준의 미립자, 오일 및 타르를 필요로 하는 현대의 고효율 보일러, 가스 엔진 또는 가스 터빈에 사용하기에 적합하지 않을 수 있다. 그러한 합성가스는 비싼 정제 시스템을 필요로 한다.

[0061] 본 명세서의 열분해 장치(100)는, 유입되는 치밀 충전 바이오매스를 통해, 빠져나가는 합성가스를 연속적으로 향류 여과시킴으로써, 이러한 문제점을 경감시킨다. 미립자, 오일 및 타르는 바이오매스에 포획되어 열분해 구역으로 이동한다. 합성가스가 가스 출구(140)에서 열분해 장치(100)를 빠져나올 때 매우 낮은 수준의 미립자, 오일 및 타르가 합성가스에 남아있게 된다(10 내지 100 mg/m^3 정도).

[0062] 전술한 바와 같이, 합성가스의 향류는 가스 출구(140)를 향해 이동하면서 바이오매스를 가열 및 건조시킨다. 합성가스는 바이오매스에 의해 효과적으로 여과되는 동시에 열에너지를 바이오매스로 전달한다. 이 향류의 또 다른 이점은 바이오매스와의 넓은 표면적의 접촉을 유지하여 효율적인 열에너지 전달을 가능하게 한다는 것이다.

[0063] 이와 관련하여, 종래 기술에서 사용될 수 있는 란셋과 같은 히터 또는 가열 요소는 바이오매스와 열원 사이에 생성되는 비교적 적은 열전달 표면적만을 초래하여, 효율적인 열에너지 전달을 촉진하지 않는다. 이로 인한 연쇄 효과로서, 바이오매스가 바이오차 및 합성가스로 더 느리게 전환되고, 열분해 장치가 더 오염되며, 바이오매스가 지속적으로 열원에 노출되는 것을 보장하기 위해 스크류의 더 빠른 회전이 요구된다.

[0064] 그러나, 이해되는 바와 같이. 본 발명의 주요 이점은 치밀 충전 바이오매스를 통한 합성가스의 향류에 있다. 이러한 점에서, 이해되는 바와 같이, 열분해 장치(100)는 열분해 챔버(110)의 제2 단부(112) 부근에서 바이오매스를 열분해 온도로 가열하는 가열 요소를 포함할 수 있다. 이러한 구성에서, 이해되는 바와 같이, 합성가스의 향류가 여전히 달성될 것이고 미립자 물질이 실질적으로 없는 합성가스가 얻어진다.

[0065] 이 구현예에서, 가열 요소 또는 가열 요소들은 임의의 전원으로부터 열에너지를 생성할 수 있다. 가열 요소(들)에 의해 생성되는 열에너지는 전기에 의해, 임의의 다른 적절한 에너지원에 의해 또는 태양열 에너지로부터 공급될 수 있다. 재생에너지원으로부터 이 열에너지를 공급받는 것이 유리한데, 이는 재생에너지원이 더 친환경적이기 때문이다.

[0066] 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)는 당해 기술분야에서 이해되는 바와 같이 스테인레스강 및 다른 적절한 재료로 제조될 수 있다. 그것이 회전하는 속도는 최적의 속도로 바이오매스를 이동시키도록 제어될 수 있으며, 최적의 속도는 바이오매스의 성질 및 수분 함량에 따라 달라질 수 있는데, 그에 따라 바이오매스가 열분해 챔버(110)에서 불필요한 추가 시간없이 완전히 열분해된다.

[0067] 공급물 입구(120)는 일반적으로 열분해 챔버(110)의 제1 단부(111)에 인접한다. 일 구현예에서, 공급물 입구(120)는 오직 제1 단부(111)에만 인접하여 배치된다. 다른 구현예에서, 공급물 입구(120)는 열분해 챔버(110)의

제1 단부(111)로부터 열분해 챔버(110)의 길이의 1/3 이내에 배치된다. 추가 구현예에서, 공급물 입구(120)는 열분해 챔버(110)의 제1 단부(111)로부터 열분해 챔버(110)의 길이의 1/4 이내에 배치된다. 공급물 입구(120)는 중공 내부 또는 보어(121)를 갖는다. 공급물 입구(120)는 보어(121)의 길이를 따라 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)를 더 포함한다. 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)는 공급물 입구(120)에 대해 독립적으로 회전가능하고, 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)와 유사한 디자인이다.

[0068] 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)의 회전 속도는 변화될 수 있다. 당해 기술분야의 통상의 기술자에 의해 이해되는 바와 같이, 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)의 회전 속도는 바이오매스가 열분해 챔버(110)로 도입되어 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)에 도입되는 속도를 결정한다. 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)의 회전 속도는 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)의 회전 속도에 맞도록 제어될 것이다. 이러한 제어는 자동화된 시스템을 통해 이루어지는 것이 바람직하며, 그에 따라 자동적으로 제공되는 바이오매스에 맞추어 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)의 회전속도를 제어함으로써 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)의 회전속도를 적절히 제어할 수 있게 된다. 특히, 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)와 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122) 사이의 바이오매스 흐름의 균형은, 그 내부의 바이오매스 수준(level)에 민감한 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)의 토크를 감지함으로써 유지될 수 있다. 그런 다음, 이 토크 측정은 전달 속도를 미세 조정하는 데 사용된다. 일 구현예에서, 열분해 챔버(110)로의 바이오매스 도입 속도는 센터리스 공급물 스크류 컨베이어의 토크를 감지하여 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)의 회전을 정지시키고 재시작함으로써 제어된다.

[0069] 바람직한 구현예에서, 열분해 챔버(110)에 인접한 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)의 단부와 열분해 챔버(110) 사이의 공급물 입구(120)의 보어(121)에 간격이 존재한다. 본 발명 장치의 특별한 이점은 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)가 열분해 챔버(110)에 가장 근접한 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)의 단부와 열분해 챔버(110)의 입구 지점 사이에 형성된 이 간격 또는 갭(gap)에서 바이오매스 플러그(124)를 생성할 수 있다는 점이다. 이 간격에는 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)의 구조체가 없기 때문에 치밀 바이오매스 플러그(124)가 형성된다. 이러한 바이오매스 플러그(124)는 실질적으로 기밀성(gastight)이 있는 것으로 밝혀졌으며, 그리하여 이 목적을 위한 임의의 추가적인 전용 장치 구성 요소를 필요로 하지 않고서 열분해 장치(100) 내에 합성가스를 유지하는 효율적인 수단이다. 선행 기술에 비해 중요한 이점은, 바이오매스 자체가 기밀성 밀봉(gastight seal)으로 사용되고, 새로운 바이오매스가 도입됨으로써 끊임없이 갱신되고 있기 때문에, 열분해 장치(100)는 배치 기반보다는 연속 기반으로 작동할 수 있다는 것이다. 연속적인 작동의 장점은 명확하며, 이는 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)의 사용에 의해 본 발명의 장치(100)에서 가능해진다. 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)와 열분해 챔버(110) 사이의 공급물 입구(120)의 보어(121) 내에 간격을 남겨둠으로써, 바이오매스 플러그(124)가 이 간격에서 형성되고 쌓이면서 더 치밀하고 더 깊어져 밀봉 품질을 향상시킬 수 있음이 밝혀졌다. 일 구현예에서, 바이오매스 플러그(124)에 인접한 공급물 입구(120)의 표면은, 강제로 통과하는 바이오매스의 그립(grip)을 증가시키기 위해, 거칠게 되거나, 마킹되거나, 또는 더 높은 마찰 코팅 또는 더 높은 마찰 물질을 구비함으로써, 바이오매스 플러그(124)의 밀도를 형성하고 유지하는 것을 도울 수 있다. 추가 구현예에서, 바이오매스 플러그(124)는, 공급물 입구(120)의 길이를 증가시킴으로써 또는 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)의 단부가 입구로부터 열분해 챔버(110)까지의 거리를 더 크게 가지게 함으로써, 더 깊게 조정될 수 있어, 플러그를 형성하고 "자기 유지(self-hold)"하는 능력을 향상시킬 수 있다. 일 구현예에서, 바이오매스 플러그(124)는 공급물 입구(120)에서 형성된다. 다른 구현예에서, 바이오매스 플러그(124)는 열분해 챔버(110)에 인접한 공급물 입구(120)에서 형성된다. 일 구현예에서, 바이오매스 플러그(124)는 열분해 챔버(110)와 공급물 입구(120)가 유체연통되는 것을 실질적으로 방지한다.

[0070] 밝혀진 바에 따르면, 바이오매스 플러그(124)의 형성 및 유지에 대한 이러한 접근법은 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)로부터 더 적은 토크 및 그에 따라 더 적은 에너지를 필요로 하게 된다. 이는 또한, 열분해 챔버(110) 내에 가스가 축적됨으로 인한 분출 경향이 덜한 더 신뢰성 있는 밀봉을 형성한다.

[0071] 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)는 수평면에 놓여 있다. 그러나, 이해되는 바와 같이, 열분해 챔버(110)는 열분해 챔버(110)의 작동에 실질적으로 영향을 미치지 않는 한 이 평면으로부터 벗어날 수 있다. 공급물 입구(120)는 임의의 각도로 열분해 챔버(110)로 바이오매스를 도입할 수 있는데, 이는, 바이오매스 플러그(124)가, 공급물 입구(120)와 바이오매스 사이의 마찰에 의해 형성되고, 그리고, 그 구역에서의 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)의 비행(flight)이 없기 때문이다. 일 구현예에서, 공급물 입구(120)와 열분해 챔버(110) 사이에 형성된 각도는 적절하게는 0° 내지 90° , 더 바람직하게는 0° 내지 45° , 및 가장 바람직하게는 0° 또는 180° 이다. 다른 말로 하면, 공급물 입구(120)가 열분해 챔버(110)와 동일한 평면에서 연결되는 것이

가장 바람직하다.

[0072] 일 구현예에서, 공급물 입구(120)는 활송 장치(transfer chute)(미도시)를 통해 열분해 챔버(110)에 연결될 수 있다. 활송 장치는 바이오매스 플러그(124) 구성 성분이 팽창하고 분열되도록 허용하는데 도움이 되며, 또한 작은 서지 챔버(surge chamber)를 제공하는데, 서지 챔버는, 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)로의 진입로(entry)가, 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)에서 완전한 비행(full-flighting)을 유지하는 신선한 바이오매스로 지속적으로 '넘치게(flooded)' 하는 것을 보장한다.

[0073] 바이오매스 공급물 호퍼(123)는 공급물 입구(120)와 연통되어 있다. 바이오매스는 바이오매스 공급물 호퍼(123)를 통해 공급물 입구(120)로 도입될 수 있다. 그런 다음, 바이오매스는 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)에 의해 열분해 챔버(110)의 제1 단부(111)로 이동된다. 더 큰 바이오매스의 경우, 바이오매스 공급물 호퍼(123)는 바이오매스의 크기를 감소시키기 위해 감소 장치(diminution device)(미도시)로부터 바이오매스 물질을 수용할 수 있다. 구체적인 장치는 파쇄기(shredder), 회전 드럼 다지기(rotating drum chopper), 원통형 분쇄기(tub grinder) 및 해머 밀(hammer mill)을 포함한다. 바이오매스 재료의 크기를 감소시키기 위한 다른 적절한 메카니즘은 당해 기술분야의 통상의 기술자에게 명백할 것이다. 이해되는 바와 같이, 모든 바이오매스의 크기를 감소시킬 필요는 없다. 바이오매스 플러그(124)에서의 압축 효과 및 열분해 챔버(110)에서의 가스 정제의 완전한 이점을 달성하기 위해, 바이오매스의 직경이 약 25 ㎜ 미만인 것이 바람직하다. 이는 바이오매스 내에서의 용이한 텀블링(tumbling) 및 재충전(repacking)을 가능하게 하여 앞에서 기술된 작동을 위한 적절한 밀도를 제공한다.

[0074] 열분해 챔버(110)는 적어도 하나의 가스 주입 포트(injection port)(115)를 추가로 포함할 수 있다. 적어도 하나의 가스 주입 포트(115)는 일반적으로 열분해가 일어날 영역에서 열분해 챔버(110)의 제2 단부 (112)를 향해 배치된다. 적어도 하나의 가스 주입 포트(115)는 열분해 챔버(110)로 가스를 주입하여, 적절한 온도 범위를 유지하기 위한 최소 요구 수준의 바이오매스 연소를 개시한다. 열분해 챔버(110) 내로 주입된 가스는 연소를 개시할 수 있는 임의의 가스일 수 있다. 적합한 가스 종류는 산소, 또는 대기와 같은 산소 함유 가스를 포함한다. 따라서, 바이오매스의 연소는 열분해 챔버(110)의 제1 단부(111)로부터 제2 단부(112)를 향해 이동할 때 일어나며, 이로 인해 제1 단부(111)와 제2 단부(112) 사이에 온도 구배가 형성된다. 열분해 챔버(110)는 열분해 동안 발생되는 열의 손실을 방지하도록 단열된다.

[0075] 적어도 하나의 가스 주입 포트는 대체적으로 제2 단부를 향해 배치되어, 열분해 챔버(110) 내에서 온도 구배가 형성되도록 한다. 전술한 바와 같이, 치밀 충전 바이오매스는 제1 단부(110)에 가장 가까운 열분해 챔버(110)의 부분에서만 진정으로 유익하다. 적어도 하나의 가스 주입 포트(115)가 열분해 챔버(110) 전체에 걸쳐 배치되면, 바이오매스는 부피가 감소하고 치밀 충전 바이오매스를 형성하지 않을 것이다. 이와 같이, 적어도 하나의 가스 주입 포트가 제2 말단(112)을 향해 배치됨으로써, 열분해 및 그에 따른 합성가스 생성은 오직 제2 단부(112)를 향해서만 발생한다. 이는 고온 합성가스가 향류 방향으로 흐르도록 강제한다. 일 구현예에서, 적어도 하나의 가스 주입 포트(115)는 오직 제2 단부(112)에만 인접하여 위치한다. 다른 구현예에서, 적어도 하나의 가스 주입 포트(115)가 열분해 챔버(110)의 제2 단부(112)로부터 열분해 챔버(110)의 길이의 1/3 이내에 배치된다. 추가 구현예에서, 적어도 하나의 가스 주입 포트(115)가 열분해 챔버(110)의 제2 단부(111)로부터 열분해 챔버(110)의 길이의 1/4 이내에 배치된다. 이것은 또한 열 에너지가 바이오매스로 점진적으로 전달되도록 함으로써, 온도 구배가 형성되도록 한다. 온도 구배는 열분해가 제2 말단(112)에 인접해서 발생하는 한편 제1 단부 근처에 치밀 충전 바이오매스를 유지하게 한다. 일 구현예에서, 온도 구배가 열분해 챔버에서 형성된다.

[0076] 당해 기술분야의 통상의 기술자에 의해 이해되는 바와 같이, 열분해 챔버(110) 내로 가스를 도입하기 위해 다른 방법들이 사용될 수 있다. 또 다른 적합한 방법은, 바이오매스의 연소를 개시하기 위해 가스를 열분해 챔버(110)로 도입하도록 배치된 랜스(lance)의 사용일 수 있다.

[0077] 제2 단부(112)에서의 온도는 적절하게는 약 200 ℃ 이상, 더 적절하게는 약 200 ℃ 내지 약 1000 ℃, 바람직하게는 약 400 ℃ 내지 약 600 ℃, 및 가장 바람직하게는 450 ℃ 내지 약 550 ℃이다. 이해되는 바와 같이, 열분해 장치(100)는, 편의를 위해, 열분해에 사용되는 것으로 설명되었다. 당해 기술분야의 통상의 기술자에 의해 이해되는 바와 같이, 본 명세서에 기재된 열분해 장치(100) 및 방법이 반탄화(torrefaction) 및 가스화(gasification)에 동등하게 적용될 수 있다.

[0078] 예를 들어, 열분해 장치가 반탄화(torrefaction)에 적용되는 경우, 제2 단부(112)의 온도는 적절하게는 약 150 ℃ 초과, 더 적절하게는 약 150 ℃ 내지 약 500 ℃, 바람직하게는 약 200 ℃ 내지 약 400 ℃, 및 가장 바람직하게는 200 ℃ 내지 약 350 ℃이다. 대안적으로, 열분해 장치가 가스화에 사용되는 경우, 제2 단부(112)의 온도는

적절하게는 약 400 ℃ 초과, 더 적절하게는 약 500 ℃ 내지 약 1500 ℃, 바람직하게는 약 700 ℃ 내지 약 1000 ℃이다.

[0079] 열분해 챔버(110)의 온도는 다중 센서에 의해 모니터링되는데, 이때 온도는 제어 시스템에 다시 피드백되어 적어도 하나의 가스 주입 포트(115) 및/또는 랜스에 의해 주입되는 가스의 양을 조절할 것이며, 이것은 이어서, 연소로부터 얼마만큼의 열이 발생하는지와 그리하여 열분해 챔버(110)의 제2 단부(112)의 온도를 결정하게 된다.

[0080] 바이오차 출구(130)는 열분해 챔버(110)의 제2 단부(112)에 배치되며, 또한 중공의 내부 또는 보어(131) 및 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어(132)를 추가로 포함한다. 일 구현예에서, 바이오차 출구(130)는 오직 제2 단부(112)에만 인접하여 배치된다. 다른 구현예에서, 바이오차 출구(130)는 열분해 챔버(110)의 제2 단부(112)로부터 열분해 챔버(110)의 길이의 1/3 이내에 배치된다. 추가 구현예에서, 바이오차 출구(130)는 열분해 챔버(110)의 제2 단부(112)로부터 열분해 챔버(110)의 길이의 1/4 이내에 배치된다. 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어(132)는 보어(131)의 길이를 따라 배치되고 바이오차 출구(130)에 대해 독립적으로 회전 가능하다. 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어(132)의 회전 운동은 바이오차 출구(biochar outlet)(130)의 출구(exit)를 통해 열분해 챔버(110)로부터 바이오차를 제거한다. 바람직한 일 구현예에서, 열분해 챔버(110)로부터 가장 멀리있는 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어(132)의 단부와 바이오차 출구(130)의 출구 사이에 간격이 존재한다. 이것은 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어(132)의 단부와 바이오차 출구(130)의 출구 사이의 간격에서 바이오차 플러그(133)의 형성을 촉진할 것이다. 공급물 입구(120)에 대해 이루어진 모든 설명은 바이오차 출구(130)에 대해 준용되는데, 이는, 바이오차 플러그(133) 형성으로의 접근법, 및 바이오차 출구의 출구(130)에 인접한 영역의 증가된 마찰 표면의 선택적인(optional) 사용을 포함한다. 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어(132)의 회전 속도는 다른 컨베이어에 대해 전술한 바와 같이 달라질 수 있다. 당해 기술분야의 통상의 기술자에 의해 이해되는 바와 같이, 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어(132)의 회전 속도는 열분해 챔버(110)로부터 바이오차가 제거되는 속도를 결정하고, 따라서 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)에 대해 설정된 속도에 기초하여 자동으로 조정된다. 일 구현예에서, 바이오차 플러그(133)는 바이오차 출구(130)에서 형성된다. 다른 구현예에서, 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어(132)의 단부와 바이오차 출구(130)의 출구 사이의 간격에서 바이오차 플러그(133)가 형성된다. 일 구현예에서, 바이오차 플러그(133)는 바이오차 출구(130)가 외부 대기와 유체연통하는 것을 방지한다.

[0081] 열분해 챔버(120)는 임의의 각도로 바이오차 출구(130)로 바이오차를 도입할 수 있는데, 이는, 바이오차 플러그(133)가, 바이오차 출구(120)와 바이오차 사이의 마찰에 의해 형성되고, 그리고, 그 구역에서의 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어(132)의 비행이 없기 때문이다. 일 구현예에서, 열분해 챔버(110)와 바이오차 출구(130) 사이에 형성된 각도는 적절하게는 0° 내지 90° , 더 바람직하게는 0° 내지 45° , 가장 바람직하게는 0 ° 또는 180° 이다. 달리 표현하면, 바이오차 출구(130)가 열분해 챔버(110)와 동일한 평면에서 연결되는 것이 가장 바람직하다.

[0082] 도 1에서, 바이오차 출구(130)는 열분해 챔버(110)를 가로질러 연장된다. 열분해 챔버(110)의 제2 단부(112)에서 형성된 바이오차는 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어(132)의 비행 속으로 떨어진다. 물 또는 회수된 응축물은 바이오차(130) 위로 분사되는데, 이때, 바이오차는 바이오차 출구(130)를 따라 이동하면서, 바이오차를 냉각 및 부동태화(passivate)하고, 정확한 수분 함량을 가능하게 하여, 바이오차 플러그(133)가 형성되도록 한다. 따라서, 바이오차가 바이오차 출구(130)를 따라 이동함에 따라 냉각되고, 수분 함량이 증가하여, 그 결과 생성된 바이오차는 취급 및 보관이 안전하다.

[0083] 가스 출구(140)는 그 길이를 따라 보어(141)를 가지며, 표준 가스 이송 파이프 또는 튜브일 수 있다. 가스 출구(140)는 열분해 챔버(110)와 유체연통하며, 열분해 챔버(110)로부터 합성가스를 제거한다. 일 구현예에서, 가스 출구(140) 및 활송 장치는 팽창 챔버 내에 위치한다. 팽창 챔버는 합성가스의 가스 속도를 감소시켜 임의의 바이오매스 입자 및 응축물 방울의 탈혼입(dis-entrainment)를 촉진한다. 일 구현예에서, 가스 출구(140)는 때때로 교체될 수 있는 한 바구니의 바이오매스를 더 포함하는데, 이것은 미립자 물질이 합성가스 중에 존재하지 않는 것을 더 보장한다.

[0084] 일 구현예에서, 가스 출구(140)는 열분해 챔버(110)의 제1 단부(111)에 인접한 영역에만 배치된다. 다른 구현예에서, 가스 출구(140)는 열분해 챔버(110)의 제1 단부(111)로부터 열분해 챔버(110)의 길이의 1/3 이내에 배치된다. 추가 구현예에서, 가스 출구(140)는 열분해 챔버(110)의 제1 단부(111)로부터 열분해 챔버(110)의 길이의 1/4 이내에 배치된다. 일 구현예에서, 가스 출구(140)는 열분해 챔버(110)의 제1 단부(111)에 실질적으로 인접

하여 배치된다. 일 구현예에서, 열분해 챔버(110)와 유체연통하는 모든 가스 출구들은 실질적으로 제1 단부에 인접하여 배치된다.

[0085] 당해 기술분야의 통상의 기술자에 의해 이해되는 바와 같이, 이들 가스 출구(140)가 전술한 바와 같이 배치되는 한, 하나보다 많은 가스 출구(140)가 본 발명에서 사용될 수 있다. 일 구현예에서, 열분해 장치는 하나보다 많은 가스 출구를 포함한다. 이해되는 바와 같이, 가스 출구(140)는, 원하는 향류 흐름, 합성가스의 여과 및 효율적인 열 에너지 전달을 달성하기 위해, 열분해 구역 앞에 그리고 치밀 충전 바이오매스 앞에 배치되도록 요구된다.

[0086] 장치(100)에 대한 하나의 이점은 바이오매스가 열분해 챔버(110)에 도입되기전에 건조될 필요가 없으므로 더 높은 수분 함량을 갖는 바이오매스가 이용될 수 있다는 것이다. 합성가스에 있는 상당량의 현열 및 잠열(sensible and latent heat)은 도입되는 바이오매스로 이동되어, 바이오매스를 건조시킨다. 이용될 수 있는 바이오매스의 수분 함량은 적합하게는 0 % 내지 70 %, 더 적절하게는 0 % 내지 50 %, 바람직하게는 약 0 % 내지 40 %, 및 가장 바람직하게는 약 0 % 내지 30 %이다. 전술한 바와 같이, 이 건조 효과는, 합성가스가 열분해 챔버(110)의 제2 단부(112)에 인접하여 생성될 때(그에 따라, 합성가스는 제1 단부(111)를 향해 이동하게 됨) 형성되는 온도 구배에 의해 달성된다. 합성가스는, 물론, 고온에서, 바이오매스의 열분해에 의해 곧바로 형성되었으므로, 새로 유입되는 바이오매스를 통과할 때, 유입되는 바이오매스를 가열하여 습기를 잃게 한다. 이는 합성가스를 냉각시키는 추가적인 이점을 갖는다. 부분적으로, 제1 단부(111)를 향한 바이오매스의 효과적인 충전으로 인해, 바이오매스는 합성가스와 밀접하게 접촉하여, 열의 효율적인 전달이 이루어지므로 더 높은 수분 함량의 바이오매스 재료(더 높은 수분 함량의 바이오매스 재료는 통상적으로는 간과되거나, 또는 별도의 건조 공정을 필요로함)이 사용될 수 있다.

[0087] 또 다른 구현예에서, 열분해 장치(100)는 바이오차 밸브(134)를 더 포함한다. 바이오차 밸브(134)는 하나 이상의 밸브를 직렬로 포함할 수 있다. 바이오차 밸브(134)는 바이오차 출구(130)의 출구에 연결될 수 있다. 일 구현예에서, 바이오차 밸브(134)는 세그먼트 로터리 밸브(segment rotary valve)와 같은 로터리 밸브일 수 있다. 이 구현예에서, 바이오차는 열분해 챔버(110)를 빠져 나가 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어(132)에 의해 제거된다. 바이오차가 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어(132)와 접촉하는 동안, 물 또는 응축물이 바이오차에 첨가되어, 바이오차를 냉각시키며, 상기 간격으로 전달된 후에, 바이오차 플러그(133)가 형성된다. 바이오차 플러그(133)로부터의 바이오차는 바이오차 밸브(134)에 진입하여 이를 통과하여 외부 대기로 흘러 들어가 컨베이어 벨트 등에 부착될 수 있다. 따라서, 바이오차 밸브(134)는 바이오차 플러그(133)의 잠재적 파손에 대한 대책을 제공한다. 과도한 물의 첨가 또는 응축물로 인해 바이오차 플러그(133)가 너무 유동적이 된 경우, 바이오차 플러그(133)는 바이오차 출구(130)와 외부 대기가 비유체연통(non-fluid communication)에 있도록 유지하는데 실패할 수 있으므로, 이런 경우, 바이오차 밸브(134)가 도움이 된다.

[0088] 일 구현예에서, 바이오차 밸브(134)는 로터리 밸브이다. 로터리 밸브는 밀봉된 여러 개의 세그먼트를 포함할 수 있으며, 세그먼트 로터리 밸브가 회전함에 따라 세그먼트는 바이오차 출구(130)와 외부 대기가 비유체연통에 있도록 보장한다. 세그먼트 로터리 밸브는 적어도 2 개의 세그먼트, 바람직하게는 5 개 또는 6 개의 세그먼트를 갖는다. 바람직한 구현예에서, 바이오차 밸브(134)는 이중 로터리 밸브이다.

[0089] 열분해 장치는 공급물 입구(120), 열분해 챔버(110) 및 바이오차 출구(130)에 압력 센서를 더 포함할 수 있다. 이들 압력 센서는 각 구역의 압력을 모니터링하고 과도한 압력차로 인해 바이오매스 플러그(124) 및 바이오차 플러그(133)가 파괴되지 않도록 보장하는데 사용될 수 있다. 열분해 장치(100)는 압력 센서를 구비하고 공정 중에 모니터링되었다. 열분해 영역과 바이오매스 입구 사이의 압력 강하가 약 10 내지 50 KPa인 것으로 밝혀졌는데, 이것은 치밀 충전 바이오매스를 통한 합성가스 여과를 나타낸다.

[0090] 도 2에 공급물 입구(120)의 도면이 도시되어 있다. 단계 (a)에서, 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122) 및 바이오매스 플러그(124)가 도시되어 있다. 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)가 회전함에 따라, 센터리스 공급물 스크류 컨베이어는 바이오매스를 열분해 챔버(110)의 제1 단부(111) 쪽으로 연속적으로 이동시킨다. 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)가 회전함에 따라, 센터리스 공급물 스크류 컨베이어는 또한 더 많은 바이오매스를 바이오매스 플러그(124)로 이동하고 추가하는데, 바이오매스 플러그는 열분해 챔버(110)에 가장 근접한 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)의 단부와 열분해 챔버(110) 사이의 간격에서 형성된다. 단계 (b)에서는 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122) 및 추가의 바이오매스가 추가된 바이오매스 플러그(124)가 도시되어 있다. 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)가 회전함에 따라, 센터리스 공급물 스크류 컨베이어는 바이오매스 플러그(124)에 더 많은 바이오매스를 추가하고 동시에 열분해 챔버(110)의 제1 단부(111)로 바이오매스 플러그

(124)를 밀어낸다. 따라서, 열분해 챔버(110)가 공급물 입구(120)와 유체연통되지 않도록 보장하면서 바이오매스 플러그(124)가 계속적으로 팽창되어 열분해 챔버(110) 내로 밀려 들어가고, 이로써 합성가스의 배출 및 바람직하지 않은 양의 공기의 유입을 방지한다. 단계 (c)에서, 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)에 의해 붕괴되어 제거되는 바이오매스 플러그(124)의 선단부; 및 연속 운전으로 반복되는 공정;이 도시되어 있다.

[0091] 도 3에, 바이오차 출구(130)의 도면이 도시되어 있다. 단계 (a)에 바이오차 출구(130), 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어(132) 및 바이오차 플러그(133)가 도시되어 있으며, 바이오차 플러그(133)는 열분해 챔버(110)로부터 가장 멀리 있는 센터리스 바이오차 스크류(132)의 단부와 바이오차 출구(130)의 출구 사이의 간격에서 형성된다. 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어(132)가 회전함에 따라, 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어는 열분해 챔버(110)로부터 바이오차를 이동시키고 이것을 바이오차 플러그(133)에 추가하여, 바이오차 밸브(134)로 이동시킨다. 단계 (b)에서, 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어(132) 및 추가된 바이오차를 더 많이 갖는 바이오차 플러그(133)가 도시되어 있다. 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어(132)가 회전하여 바이오차 플러그(133)에 더 많은 바이오차를 추가하면서, 동시에 바이오차 플러그(133)를 바이오차 출구(130)의 출구로부터 바이오차 밸브(134)로 밀어낸다. 바이오차 밸브(134)는 회전하여 바이오차 출구(130)가 외부 대기와 유체연통되지 않도록 보장한다. 단계 (c)에서, 바이오차 플러그(133)의 선단부가 도시되어 있는데, 바이오차 플러그(133)의 선단부는 바이오차 출구(130)의 출구를 통과하여 바이오차 밸브(134)의 다른 세그먼트로 제거된다. 이 과정은 연속적으로 반복된다.

[0092] 운전시에, 이해되는 바와 같이, 처리될 바이오매스 물질이 바이오매스 공급 물 호퍼(123) 내로 적재된다. 호퍼에 적재하기 전에 선택적으로(optionally) 크기가 축소되었을 수 있다. 그런 후, 바이오매스는 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)에 의해 공급물 입구(120)를 통해 이동된다. 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)의 회전 운동은 바이오매스를 열분해 챔버(110)의 제1 단부(111) 쪽으로 이동시킨다. 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)의 단부와 열분해 챔버(110)의 제1 단부(111) 사이에는 간격이 있을 수 있다. 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)는 바이오매스를 추가하여 열분해 챔버(110)에 인접한 공급물 입구(120)에서 바이오매스 플러그(124)를 형성하게 한다. 바이오매스 플러그(124)는 치밀하고 상대적으로 큰 공기 공극이 없기 때문에 열분해 챔버(110)와 공급물 입구(120) 사이의 유체연통을 실질적으로 방지한다. 센터리스 공급물 스크류 컨베이어(122)는 바이오매스를 바이오매스 플러그(124)에 연속적으로 추가함과 동시에 바이오매스 플러그(124)를 열분해 챔버(110)로 밀어 넣는다. 바이오매스 플러그(124)에 바이오매스를 추가하는 이러한 동작은 바이오매스 플러그(124)를 유지하면서, 또한 열분해 챔버(110)의 제1 단부(111)로 바이오매스를 도입한다.

[0093] 그런 다음, 바이오매스 플러그(124)로부터의 바이오매스는 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)에 의해 열분해 챔버(110)의 제1 단부(111)로부터 제2 단부(112)로 이동된다. 열분해 챔버(110)는 열분해에 필요한 온도를 제공하기 위해 바이오매스의 소량 부분의 연소를 개시하기 위해 가스를 주입하는 적어도 하나의 가스 주입 포트(115)를 갖는다. 이와 같이 열분해 챔버(110)는 제1 단부(111)로부터 제2 단부(112)로 증가하는 온도 구배를 갖는다.

[0094] 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)의 회전 운동은 바이오매스를 지속적으로 텀블링(tumble) 및 재충전하여 공기 공극을 제거하기 때문에, 치밀 체적의 바이오매스가 열분해 챔버(110)의 제1 단부(111)에 존재한다. 이러한 치밀 체적의 바이오매스는 본 명세서에서 논의된 필터 및 열교환기로서의 역할을 한다. 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)는 연속적으로 새로운 바이오매스를 추가하면서 동시에 바이오매스를 제2 단부(112)를 향해 밀어낸다. 바이오매스가 이동함에 따른 온도 상승은 초기에 임의의 휘발성 물질(예를 들어, 탄화수소 및 습기)을 바이오매스로부터 제거하고, 그런 후 열분해가 시작된다. 이 공정은 열분해 챔버(110)의 제2 단부(112) 근처에서 바이오차 축적을 초래한다.

[0095] 그런 다음, 열분해 챔버(110) 내의 바이오차는 바이오차 출구(130)의 출구를 통해 제거된다. 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어(132)의 단부와 바이오차 출구(130)의 출구 사이에는 간격이 존재한다. 배출 공정 동안, 바이오차가 바이오차 출구(130)의 출구쪽으로 이동함에 따라 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어(132)는 바이오차 플러그(133)를 형성한다. 바이오차 플러그(133)는 치밀하고 큰 가스 공극이 없기 때문에 바이오차 출구(130)와 외부 대기 사이의 유체연통을 실질적으로 방지한다. 새로 형성된 건조한 바이오차는 자연발화성 거동(pyrophoric behavior)을 보여줄 수 있으며 공기에 노출되었을 때 자연 발화될 수 있다. 이 문제를 완화하기 위해, 조절된 양의 물 또는 응축물이 바이오차 출구(130) 내에 위치된 하나 이상의 물 입구를 통해 바이오차에 첨가될 수 있으며, 바람직하게는 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어(132)의 일부분에 인접하여 바이오차가 이 물과 먼저 접촉한 후 센터리스 바이오차 스크류 컨베이어(132)를 빠져나와, 바이오차 플러그(133)를 형성하게 된다.

[0096] 열분해 동안 생성된 합성가스는 가스 출구(140)를 통해 제거된다. 가스 출구(140)는 열분해 챔버(110)의 제1 단부(111)에 인접하여 그리고 공급물 입구(120)에 인접하여 배치된다. 일 구현예에서, 가스 출구(140)는 실질적으로 공급물 입구(120)에 인접하여 배치된다. 그것은 팽창 챔버 내에 수용될 수 있다. 합성가스는 가스 출구(140)를 통해 제거되고, 그런 다음 합성가스는 보일러, 가스 엔진 또는 가스 터빈에서 전기 및/또는 공정 열을 생성하기 위한 연료원으로서 직접적으로 사용될 수 있다. 합성가스는 일반적으로 열분해 챔버(110)의 제2 단부(112)로부터 제1 단부(111)로 이동해서 가스 출구(140)에 의해 제거되어야 한다. 전술한 바와 같이, 센터리스 열분해 스크류 컨베이어(114)는 열분해 챔버(110)의 제1 단부(111)에 인접한 치밀 바이오매스를 형성한다. 이 치밀 바이오매스는 실질적으로 큰 공극이 없다. 합성가스는 치밀 바이오매스를 통해 가스 출구(140)로 침투되어야 하고, 이렇게 하는 동안 치밀 바이오매스에 의해 효과적으로 "여과"되어 오일, 타르 및 미립자 물질이 제거된다. 치밀 바이오매스는 또한 열교환기로 작용하여 합성가스는 들어오는 바이오매스를 건조 및 가열하기 위해 자신의 잠열의 대부분을 넘겨준다. 큰 공극이 존재하면, 합성가스는 최소 저항의 경로(공극을 통한)를 발견할 것이고 오일, 타르 및 미립자 물질이 합성가스로부터 제거되지 않고 열교환도 덜 효과적일 것이다. 열분해 장치(100)는 이러한 문제점을 실질적으로 감소시키거나 회피한다.

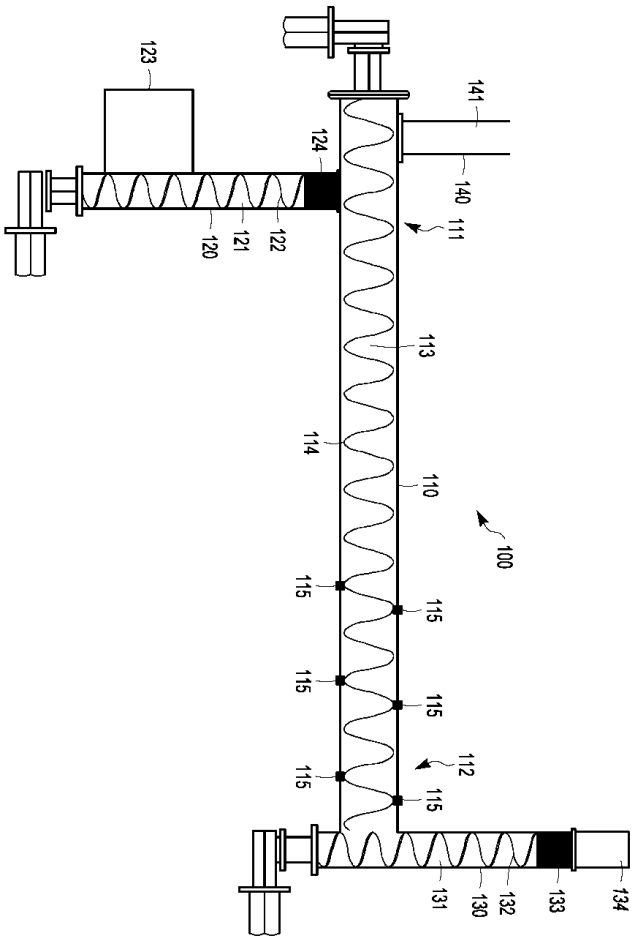
[0097] 가스 출구(140)는 열분해 챔버(110)가 저압(< 50 kPA)에서 작동하는 것을 보장한다. 열분해기는 본질적으로 안전하도록 설계되었는데 왜냐하면 임의의 시간에도 열분해 챔버(110)에 가연성 가스가 거의 존재하지 않기 때문이다. 열분해 장치(100)는 자동 질소 퍼지 장치(automatic nitrogen purge unit)를 더 포함할 수 있다. 자동 질소 퍼지 장치는 열분해 챔버(110)와 유체연통하여 배치될 수 있다. 자동 질소 퍼지 장치는 질소로 열분해 챔버(110)를 퍼지하여 임의의 제어되지 않은 연소에 산소를 차단한다. 당해 기술분야의 통상의 기술자에 의해 이해되는 바와 같이, 화재를 차단할 수 있는 임의의 가스가 퍼지 장치에서 사용될 수 있다. 적합한 가스는 질소, 헬륨, 네온, 아르곤, 크립톤, 크세논 또는 이산화탄소를 포함한다.

[0098] 열분해 장치(100)의 가스 압력은 제어 시스템에 의해 모니터링된다. 제어 시스템은 약간의 음압(negative pressure)(20 내지 100 Pa)으로 가스 출구(140)에서의 가스 압력을 유지하는데, 이것은 합성가스가 열분해 장치(100)로부터 제거되는 속도를 제어함으로써 유지한다. 이로 인해 바이오매스 플러그(124)의 양쪽 측면의 압력은 유사하며 만약 누출이 있더라도 소량의 공기가 가스 출구를 통해 합성가스와 함께 제거되어, 합성가스는 대기 중으로 누출되지 않는다.

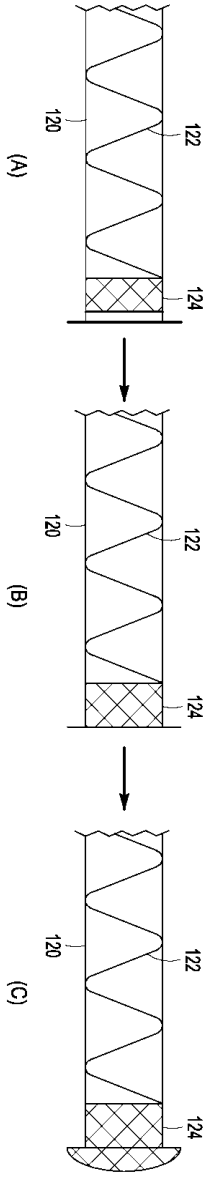
[0099] 나타난 바와 같이, 본 발명의 열분해 장치(100)는 바이오매스를 연속적으로 열분해하고 연속적으로 깨끗한 합성가스를 수집할 수 있다. 여기에 더해서, 본 발명의 열분해 장치(100)는 수분 함량이 높은 바이오매스를 열분해할 수 있다. 바이오매스 플러그(124)와 바이오차 플러그(133)(이것들은 열분해 챔버(110)와 외부 환경과의 유체연통을 실질적으로 방지함)를 생성하는 다양한 센터리스 스크류 컨베이어 및 치밀 충전 도입 바이오매스(이것은 빠져나가는 합성가스로부터 열을 효과적으로 전달하고, 또한 빠져나가는 합성가스를 여과함)의 사용으로 인해 이러한 장점들이 가능해진다. 본 발명의 다양한 구현예들에 대한 상기 설명은 관련 기술 분야에서 통상의 기술자에게 설명하는 것을 목적으로 제공된다. 이는 포괄적이거나 본 발명을 단일의 개시된 구현예로 제한하려는 것은 아니다. 전술한 바와 같이, 본 발명에 대한 다수의 대안 및 변형이 당해 분야의 기술자들에게 명백할 것이다. 따라서, 일부 대안적인 구현예가 구체적으로 논의되었지만, 다른 구현예가 당해 기술분야의 통상의 기술자에 의해 명백하거나 비교적 쉽게 개발될 것이다. 따라서, 본 발명은 본 명세서에서 논의된 본 발명의 모든 대안, 수정 및 변형, 그리고 전술한 발명의 사상 및 범위 내에 있는 다른 구현예들을 포함하는 것으로 의도된다.

도면

도면1


123
141
124
140
111
120
121
122
113
114
110
100
115
115
115
115
115
112
115
131
130
132
133
134

도면2



도면3

