(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0144198
(43) 공개일자 2024년10월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C10B 53/02 (2006.01) *C01B 32/05* (2017.01)
C01B 32/205 (2017.01) *C10B 49/02* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C10B 53/02 (2013.01)
C01B 32/05 (2017.08)
(21) 출원번호 10-2024-7026625
(22) 출원일자(국제) 2023년02월09일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년08월07일
(86) 국제출원번호 PCT/FI2023/050079
(87) 국제공개번호 WO 2023/152426
국제공개일자 2023년08월17일
(30) 우선권주장
22155933.9 2022년02월09일
유럽특허청(EPO)(EP)

(71) 출원인
카보 컬처 오와이
핀란드 00101 헬싱키 피엘 1188 씨/오 이엠유
(72) 발명자
카스텐스, 크리스토퍼
미국 뉴욕 12538 뉴욕 하이드 파크 멜빌 로드 109 칼렛 팜
(74) 대리인
김정훈

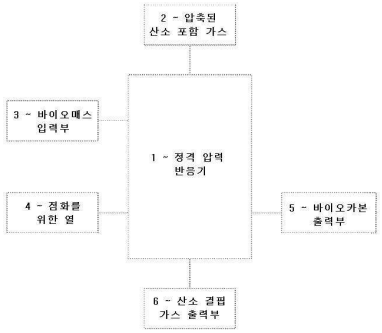
전체 청구항 수 : 총 33 항

(54) 발명의 명칭 **유기 물질을 탄화시키기 위한 시스템**

(57) 요 약

유기 물질을 탄화시키기 위한 시스템이 개시된다. 또한, 유기 물질을 탄화시키기 위한 방법이 개시된다. 마지막으로, 본 개시의 시스템에서 형성되거나 본 개시의 방법을 사용하여 형성되는 바이오카본을 포함하는 탄화 생성물이 더 개시된다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
C01B 32/205 (2021.01)
C10B 49/02 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

유기 물질을 탄화시키기 위한 시스템에 있어서, 상기 시스템은,

a. 탄화 반응기에 유기 원료를 첨가하기 위한 수단,

b. 상기 탄화 반응기에 산소 포함 가스를 첨가하기 위한 수단,

c. 상기 탄화 반응기로부터 산소 결핍 가스를 제거하기 위한 수단,

d. 상기 탄화 반응기에서 발열 반응을 시작시키기 위한 수단, 및

e. 상기 탄화 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하기 위한 수단

을 포함하고,

상기 시스템은 상기 탄화 반응기의 상이한 높이들에 장착되는 적어도 두 개의 온도 센서들에 의해 특징지어 지는,

시스템.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 시스템은 연속적인 또는 반-배치(semi-batch) 방식으로 작동하도록 구성되는,

시스템.

청구항 3

제1 항 또는 제2 항에 있어서,

상기 탄화 반응기의 내부 용적은 탄화 반응 동안 대기압보다 더 높은 압력에 있는,

시스템.

청구항 4

제1 항 내지 제3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 탄화 반응기에 대한 원료의 첨가는 대기압보다 더 높은 압력에서 수행되는,

시스템.

청구항 5

제1 항 내지 제4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유기 원료는 연속적인 방식으로 상기 탄화 반응기에 첨가되는,

시스템.

청구항 6

제1 항 내지 제5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 탄화 생성물은 연속적인 또는 반-배치 방식으로 상기 탄화 반응기로부터 제거되는,

시스템.

청구항 7

제1 항 내지 제6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 산소 결핍 가스는 0-60 %의 질소, 10-50 %의 CO_2, 0-50 %의 H_2, 10-50 %의 CO, 0-20 %의 CH_4, 0-5 %의 에탄, 0-5 %의 에틸렌, 및 0-5 %의 중질 탄화수소를 포함하는,

시스템.

청구항 8

제1 항 내지 제7 항 중 어느 한 항에 있어서,

산소 포함 가스는 대기압보다 더 높은 압력에서 첨가되는,

시스템.

청구항 9

제1 항 내지 제8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유기 원료의 첨가는 상기 반응기에서 일정 수준의 원료를 유지하기 위한 속도로 수행되는,

시스템.

청구항 10

제1 항 내지 제9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유기 원료는 상기 반응기에 대한 첨가 전에, 무기 물질과 혼합되는,

시스템.

청구항 11

제1 항 내지 제10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 탄화 반응기에서 발열 반응을 시작시키기 위한 수단은 상기 산소 포함 가스의 입력부에 대해 상기 탄화 반응기의 반대쪽 단부에 위치되는,

시스템.

청구항 12

제1 항 내지 제11 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 탄화 반응기에서 발열 반응을 시작시키기 위한 수단은 전기 가열원인,

시스템.

청구항 13

제1 항 내지 제13 항 중 어느 한 항에 있어서,

탄화될 바이오매스는 상기 탄화 반응기에 유기 원료를 첨가하기 위한 수단으로부터 상기 탄화 반응기로 공급되고, 상기 탄화 반응기에 유기 원료를 첨가하기 위한 수단에 대해 들어가고 나오는 상기 바이오매스의 통로는 상기 탄화 반응기에 유기 원료를 첨가하기 위한 수단의 위와 아래에 장착되는 격리 밸브들에 의해 제어되어, 바이오매스가 대기압보다 높은 압력에서 상기 반응기에 공급되게 하는,

시스템.

청구항 14

제1 항 내지 제13 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 탄화 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하기 위한 수단은 상기 탄화 생성물을 저장 컨테이너로 운반하고, 상기 저장 컨테이너로 들어가는 상기 탄화 생성물의 통로는 격리 밸브에 의해 제어되는,

시스템.

청구항 15

제1 항 내지 제14 항 중 어느 한 항에 있어서,

반응 프론트(front)를, 적어도 상대적으로, 상기 반응기의 수직 방향으로 고정된 상태로 유지시키도록 구성되는,

시스템.

청구항 16

제1 항 내지 제15 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 탄화 반응에 대한 추정 온도가 제1 임계 온도보다 높을 때 상기 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하기 위한 제어 명령을 제공하고/하거나 상기 탄화 반응에 대한 추정 온도가 제2 임계 온도보다 낮을 때 상기 반응기에 유기 원료를 첨가하기 위한 제어 명령을 제공하도록 구성되는,

시스템.

청구항 17

제1 항 내지 제16 항 중 어느 한 항에 있어서,

제거 중에 상기 탄화 생성물을 물로 냉각시키거나 급랭시키도록 구성되는,

시스템.

청구항 18

제1 항 내지 제17 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 탄화 반응기 및/또는 상기 탄화 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하기 위한 수단에서 상기 탄화 생성물을

냉각시키도록 구성되는,

시스템.

청구항 19

제18 항에 있어서,

냉각으로부터 증기를 운반하기 위한 수단을 포함하는,

시스템.

청구항 20

제1 항 내지 제19 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 산소 결핍 가스의 압력이 감소됨에 따라, 상기 산소 결핍 가스로부터 기계적 에너지를 회수하도록 구성되는,

시스템.

청구항 21

제20 항에 있어서,

상기 산소 포함 가스의 압력을 증가시키기 위해 상기 회수된 기계적 에너지를 사용하도록 구성되는,

시스템.

청구항 22

유기 물질을 탄화시키기 위한 방법에 있어서, 상기 방법은,

a. 탄화 반응기에 유기 원료를 제공하는 단계,

b. 상기 탄화 반응기에 산소 포함 가스를 제공하는 단계,

c. 상기 탄화 반응기에서 발열 반응을 시작시키는 단계, 및

d. 상기 탄화 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하는 단계

를 포함하고,

상기 방법은 상기 탄화 반응기의 상이한 높이들에 장착되는 적어도 두 개의 온도 센서들을 활용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는,

방법.

청구항 23

제22 항에 있어서,

탄화는 연속적인 또는 반-배치 방식으로 수행되는,

방법.

청구항 24

제22 항 또는 제23 항에 있어서,

상기 유기 원료는 대기압보다 더 높은 압력에서 상기 탄화 반응기에 공급되는,

방법.

청구항 25

제22 항 내지 제24 항 중 어느 한 항에 있어서,

산소 포함 가스는 대기압보다 더 높은 압력에서 상기 반응기에 첨가되는,

방법.

청구항 26

제22 항 내지 제25 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유기 원료는 연속적인 방식으로 상기 탄화 반응기에 첨가되는,

방법.

청구항 27

제22 항 내지 제26 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유기 원료는 상기 반응기에 대한 첨가 전에, 무기 물질과 혼합되는,

방법.

청구항 28

제22 항 내지 제27 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 탄화 생성물은 연속적인 또는 반-배치 방식으로 상기 탄화 반응기로부터 제거되는,

방법.

청구항 29

제22 항 내지 제28 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유기 원료의 첨가는 상기 반응기에서 일정 수준의 원료를 유지하기 위한 속도로 수행되는,

방법.

청구항 30

제22 항 내지 제29 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 탄화 생성물은 제거 중에 물로 냉각되거나 급랭되는,

방법.

청구항 31

제22 항 내지 제30 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 산소 결핍 가스의 압력이 감소됨에 따라 상기 산소 결핍 가스로부터 기계적 에너지를 회수하는 단계를 포함하는,

방법.

청구항 32

제31 항에 있어서,

상기 회수된 기계적 에너지는 상기 산소 포함 가스의 압력을 증가시키기 위해 사용되는,

방법.

청구항 33

제1 항 내지 제21 항 중 어느 한 항의 시스템으로 형성되거나, 제22 항 내지 제32 항 중 어느 한 항의 방법을 사용하여 형성되는 바이오카본을 포함하는 탄화 생성물.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 개시는 유기 물질(organic material)을 탄화시키기 위한 시스템에 관한 것이다. 또한, 본 개시는 유기 물질을 탄화시키기 위한 방법에 관한 것이다. 마지막으로, 본 개시는 또한 본 개시의 시스템에서 형성되거나 본 개시의 방법을 사용하여 형성되는 바이오카본(biocarbon)을 포함하는 탄화 생성물에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 전통적으로, 다양한 유형들의 유기 물질은 다양한 공정들을 사용하여 숯(charcoal)이나 바이오카본으로 전환되는 것으로 알려져 있다. 그러한 대부분의 공정들에서, 유기 물질은 산소 결핍 또는 혐기성 분위기에서 가열되고, 유기 물질은 열분해 공정에서 숯으로 전환된다.

[0003] 그러나, 연소를 방지하기 위해 불활성 분위기에서 산업적 규모로 열분해를 수행하는 것은 열 전달 제한들 및 바람직하지 않은 타르들과 액체 생성물들의 생성을 포함하여 수많은 기술적 과제들을 발생시킨다. 불활성 분위기에서 작동시키기 위한 요구 사항들은 상당한 기계적 복잡성을 추가하고, 전체 반응 속도들을 제한한다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0004] 유기 물질을 탄화시키기 위한 시스템이 개시된다. 시스템은 다음을 포함할 수 있다:

[0005] a. 탄화 반응기에 유기 원료(organic feedstock)를 첨가하기 위한 수단,

[0006] b. 탄화 반응기에 산소 포함 가스를 첨가하기 위한 수단,

[0007] c. 탄화 반응기로부터 산소 결핍 가스를 제거하기 위한 수단,

[0008] d. 탄화 반응기에서 발열 반응(exothermic reaction)을 시작시키기 위한 수단, 및

[0009] e. 탄화 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하기 위한 수단.

[0010] 또한, 유기 물질을 탄화시키기 위한 방법이 개시된다. 방법은 다음을 포함할 수 있다:

[0011] a. 탄화 반응기에 유기 물질을 제공하는 단계,

[0012] b. 탄화 반응기에 산소 포함 가스를 제공하는 단계,

[0013] c. 탄화 반응기에서 발열 반응을 시작시키는 단계, 및

[0014] d. 탄화 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하는 단계.

[0015] 그러한 시스템 및 방법은, 예를 들어, 반응기의 상단에서 하단으로, 예를 들어, 천공된 콘(perforated cone)로 통과함으로써, 반응기를 통과하는 시간 동안 바이오매스에서 일어나는 탄화 반응을 위해 구성될 수 있다. 따라서, 바이오매스는 유기 원료 또는 그 일부로서 탄화 반응기에 투입될 수 있고, 탄화 생성물로서 제거될 수 있다.

[0016] 적어도 두 개의 온도 센서들은, 특히, 바이오매스 베드(bed) 내의 온도를 모니터링하기 위해, 탄화 반응기, 또는 소위 탄화 반응기 캐니스터의 상이한 높이들에 장착될 수 있다. 이것은 탄화 반응의 진행을 모니터링하기 위해 행해질 수 있다. 일 실시예에서, 센서들은 열전대들(thermocouples)이다. 일 실시예에서, 상이한 높이들에 적어도 네 개의 온도 센서들이 있다. 일 실시예에서, 각 높이에 적어도 두 개의 온도 센서들, 예를 들어, 네 개 이상의 온도 센서들이 있다. 이들은 탄화 반응기의 내부를 둘러싸도록 위치될 수 있다. 일 실시예에서, 센서들 중 하나 이상은 반응 프론트(front)를 위해 지정된 위치의 위에 상부 센서(들)로 위치되고, 센서들 중 하나 이상의 반응 프론트를 위해 지정된 위치의 아래에 하부 센서(들)로 위치된다. 따라서, 시스템 및 방법은, 특히, 상부 센서(들)와 하부 센서(들)에서의 온도를 모니터링함으로써, 반응 프론트를, 적어도 상대적으로, 반응기의 수직 방향으로 고정된 상태로 유지시키도록 구성될 수 있다. 탄화 반응기의 상이한 높이들에 장착되는 적어도 두 개의 센서들은, 특히, 탄화 반응기로부터 반복적이고/이거나 연속적인 온도 측정들을 얻는 데 활용될 수 있다.

[0017] 또한, 본 개시의 시스템에서 형성되거나 본 개시의 방법을 사용하여 형성되는 바이오카본을 포함하는 탄화 생성물이 개시된다.

도면의 간단한 설명

[0018] 실시예들에 대한 추가 이해를 제공하고 본 명세서의 일부를 구성하도록 포함되는 첨부되는 도면은 다양한 실시예들을 설명한다. 도면들에서:

도 1은 본 개시에 따른 유기 물질을 탄화시키기 위한 시스템의 주요 구성 요소들의 블록도를 도시한다.

도 2는 본 개시의 일 실시예에 따른 유기 물질을 탄화시키기 위한 시스템을 나타낸다.

도 3은 본 개시의 일 실시예에 따른 유기 물질을 탄화시키기 위한 시스템을 나타낸다.

도 4는 본 개시의 일 실시예에 따른 유기 물질을 탄화시키기 위한 시스템에서의 시간에 따른 온도 측정들을 나타낸다.

도 5는 본 개시의 일 실시예에 따른 유기 물질을 탄화시키기 위한 시스템에서의 시간에 따른 반응물 중량 손실을 나타낸다.

도 6은 본 개시의 일 실시예에 따른 유기 물질을 탄화시키기 위한 시스템을 나타낸다.

도 7은 본 개시의 일 실시예에 따른 유기 물질을 탄화시키기 위한 다른 시스템을 나타낸다.

도 8은 본 개시의 일 실시예에 따른 유기 물질을 탄화시키기 위한 시스템, 특히, 에너지 회수를 위한 시스템을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 유기 물질을 탄화시키기 위한 시스템이 개시된다. 시스템은 다음을 포함할 수 있다:

[0020] a. 탄화 반응기에 유기 원료를 첨가하기 위한 수단,

[0021] b. 탄화 반응기에 산소 포함 가스를 첨가하기 위한 수단,

[0022] c. 탄화 반응기로부터 산소 결핍 가스를 제거하기 위한 수단,

[0023] d. 탄화 반응기에서 발열 반응을 시작시키기 위한 수단, 및

[0024] e. 탄화 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하기 위한 수단.

[0025] 여기에서 사용되는, 용어 "탄화"는 시작 유기 원료에 비해 생성물에서 탄소 대 산소의 비율을 증가시키는 것을 나타낸다. 특정 실시예들에서, 용어 탄화는 유기 원료의 본질적으로 수순 탄소로 구성되는 물질로의 전환을 나타낼 수 있다. 특정 실시예들에서, 용어 탄화는 유기 원료의 숯, 바이오차(biochar), 또는 바이오카본으로의 전환을 나타낼 수 있다.

[0026] 특정 실시예들에서, 시스템은 연속적인 또는 반-배치(semi-batch) 방식으로 작동하도록 구성될 수 있다.

[0027] 특정 실시예들에서, 탄화 반응기의 내부 용적은 탄화 반응 동안 대기압보다 더 높은 압력에 있다.

[0028] 특정 실시예들에서, 탄화 반응기에 대한 원료의 첨가는 대기압보다 더 높은 압력에서 수행된다.

[0029] 여기에서 사용되는, "대기압보다 더 높은 압력"은 1.01325 bar보다 더 높은 절대 압력을 나타낸다.

[0030] 특정 실시예들에서, 탄화 반응기의 압력은 3 bar와 20 bar의 사이일 수 있다.

[0031] 특정 실시예들에서, 유기 원료는 연속적인 방식으로 탄화 반응기에 첨가된다.

[0032] 여기에서 사용되는, 용어 "연속적인 방식"은 발열 반응이 진행되는 동안의 원료의 첨가를 나타낸다. 마찬가지로, 여기에서 사용되는, 용어 "반-배치 방식"은 발열 반응의 시작 전의 원료의 첨가를 나타낸다. 특정 실시예들에서, 탄화 생성물은 연속적인 또는 반-배치 방식으로 탄화 반응기로부터 제거될 수 있다.

[0033] 특정 실시예들에서, 반응기를 떠나는 산소 결핍 가스는 다음으로 구성된다:

[0034] · 0-60 %의 질소

[0035] · 10-50 %의 CO_2

[0036] · 0-50 %의 H_2

[0037] · 10-50 %의 CO

[0038] · 0-20 %의 CH_4

[0039] · 0-5 %의 에탄

[0040] · 0-5 %의 에틸렌

[0041] · 0-5 %의 중질 탄화수소(heavier hydrocarbons).

[0042] 특정 실시예들에서, 산소 결핍 가스는 5 % 미만의 O_2를 포함한다.

[0043] 여기에서 사용되는, 용어 "중질 탄화수소"는 세 개 이상의 탄소 원자들로 구성되는 탄화수소를 나타낸다. 중질 탄화수소의 비제한적인 예들로는, 프로판(propane), 부탄(butane), 프로펜(propene), 및 부텐(butene)이 있다.

[0044] 여기에서 사용되는, 모든 백분율들은, 달리 명시적으로 언급되지 않는 한, 조성의 몰비(molar percentage)를 나타낸다.

[0045] 특정 실시예들에서, 산소 포함 가스는 대기압보다 더 높은 압력에서 탄화 반응기에 첨가된다. 특정 실시예들에서, 산소 포함 가스는 공기일 수 있다. 특정 실시예들에서, 산소 포함 가스는 21 % 이상의 산소를 포함하는 가스일 수 있다.

[0046] 특정 실시예들에서, 산소 포함 가스는 21 % 미만의 산소를 포함한다. 특정 실시예들에서, 산소 포함 가스는 가스이고, 여기서, 상기 가스의 적어도 일 부분은 탄화 반응기의 산소 결핍 가스 출구로부터 유래된다.

[0047] 특정 실시예들에서, 산소 포함 가스는 78 % 미만의 질소를 포함한다.

[0048] 특정 실시예들에서, 유기 원료의 첨가는 반응기에서 일정 수준의 원료를 유지하기 위한 속도로 수행된다. 특정

실시예들에서, 원료를 첨가하는 속도는 반응기에서 효율적인 탄화 공정을 유지하기 위해 공정 중에 조절될 수 있다. 일 실시예에서, 원료의 첨가는 압력 하에서 수행된다. 일 실시예에서, 반응기는 원료가 첨가될 때 대기압보다 더 높은 압력으로 유지된다.

[0049] 특정 실시예들에서, 유기 원료는 광합성 또는 화학합성과 같은 생물학적 공정으로부터 유래될 수 있다. 다른 실시예들에서, 유기 원료는 플라스틱 또는 고무와 같은 화석 연료로부터 유래된다.

[0050] 특정 실시예들에서, 유기 원료는 반응기에 대한 첨가 전에 무기 물질과 혼합된다. 일 실시예에서, 원료는 반응기에 대한 첨가 전에 무기 염의 수용액으로 습윤 함침된다(wet impregnated). 일 실시예에서, 원료는 반응기에 대한 첨가 전에 금속 염을 함유하는 수용액으로 습윤 함침된다.

[0051] 특정 실시예들에서, 탄화 반응기에서 발열 반응을 시작시키기 위한 수단은 산소 포함 가스의 입력부에 대해 탄화 반응기의 반대쪽 단부에 위치된다.

[0052] 특정 실시예들에서, 탄화 반응기에서 발열 반응을 시작시키기 위한 수단은 전기 가열원이다. 특정 실시예들에서, 탄화 반응기에서 발열 반응을 시작시키기 위한 수단은 반응을 시작시키기에 적합한 임의의 다른 수단일 수 있다. 적합한 수단의 비제한적인 예들로는, 액체 또는 기체 연료들을 연소시키는 버너들이 있다.

[0053] 일 실시예에서, 반응기에서 발열 반응을 시작시키는 데 필요한 에너지는 컨테이너의 바닥에 뜨거운 생성물의 나머지를 남김으로써 제공된다.

[0054] 특정 실시예들에서, 탄화 생성물은 탄화 반응기로부터 연속적으로 제거된다. 일 실시예에서, 반응기는 탄화 생성물을 제거할 때 대기압보다 더 높은 온도에서 유지된다. 일 실시예에서, 탄화 생성물은 제거 중에 물로 냉각 또는 급랭된다.

[0055] 특정 실시예들에서, 반응기의 압력은 산소 결핍 가스의 흐름에 대한 산소 포함 가스의 흐름을 제어함으로써 유지된다.

[0056] 특정 실시예들에서, 산소 포함 가스의 흐름은 탄화 반응기의 압력에 대한 산소 포함 가스의 압력을 조절함으로써 제어된다.

[0057] 일 실시예에서, 탄화될 바이오매스는, 예를 들어, 탄화 반응기의 상단에서, 바이오매스 호퍼(hopper)와 같은, 탄화 반응기에 유기 원료를 첨가하기 위한 수단으로부터 탄화 반응기로 공급되고, 탄화 반응기에 유기 원료를 첨가하기 위한 수단에 대해 들어가고 나오는 바이오매스의 통로는 탄화 반응기에 유기 원료를 첨가하기 위한 수단의 위와 아래에 장착되는 격리 밸브들에 의해 제어되어, 바이오매스가 대기압보다 높은 압력에서 반응기에 공급되게 한다. 그러한 밸브들은 탄화 압력 반응기에서 압력이 누출되는 것을 방지하는 데 사용될 수 있다. 탄화 반응기에 유기 원료를 첨가하기 위한 수단은 원료 공급 채널로서 제공될 수 있으며, 이는 원료를 반응기로 이동시키기 위한 공급 스크류(supply screw) 및/또는 공급 컨베이어 벨트(supply conveyor belt)를 포함할 수 있다. 연속적인 작동 중인 시스템에서, 탄화 반응기에 유기 원료를 첨가하기 위한 수단, 또는 특히, 원료 공급 채널은 작동 중, 예를 들어, 항상, 탄화 반응기에 노출될 수 있다.

[0058] 일 실시예에서, 탄화 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하기 위한 수단은 탄화 생성물을 저장 컨테이너로 운반하고, 저장 컨테이너로 들어가는 탄화 생성물의 통로는 격리 밸브에 의해 제어된다.

[0059] 일 예로, 탄화 반응기는, 예를 들어, 하부 단부에, 천공된 콘을 포함한다. 이것은 바이오매스를 수집하고, 바이오매스가 반응기의 하단으로 떨어지는 것을 막을 수 있다. 공급 수단은, 예를 들어, 천공된 콘의 하단에서, 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하고, 탄화 생성물을 저장 컨테이너로 운반할 수 있다. 저장 컨테이너로 들어가는 탄화 생성물의 통로는 격리 밸브에 의해 제어될 수 있다. 생성물 저장 컨테이너의 출구에 있는 격리 밸브는 탄화 생성물이 가압 시스템으로부터 제거되게 한다.

[0060] 격리 밸브를 사용하는 것은 반응기를 더 빠른 속도로 적재 및/또는 하역되게 한다. 이것은 특히 연속적인 작동을 용이하게 할 수 있다. 하나 이상의 격리 밸브(들)는 탄화 반응기에 유기 원료를 첨가하고/하거나 탄화 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하기 위한 압력 격리를 위해 배치될 수 있다. 하나 이상의 격리 밸브(들)는, 특히, 탄화 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하기 위한 온도 격리를 위해 배치될 수 있다.

[0061] 일 실시예에서, 시스템은, 예를 들어, 지정된 위치(예: 지정된 고도 또는 지정된 영역, 예를 들어, 최소 고도와 최대 고도의 사이)에서, 반응 프론트를, 적어도 상대적으로, 반응기의 수직 방향으로 고정된 상태로 유지시키도록 구성된다. 이러한 목적을 위해, 시스템은, 특히, 온도 모니터링에 의해, 탄화 반응의 진행을 모니터링하도록

구성될 수 있다. 탄화 반응의 진행을 모니터링하기 위해, 적어도 두 개의 온도 센서들이 탄화 반응기의 상이한 높이들에 장착되어, 반응기 내부, 특히, 바이오매스 베드 내의 온도를 모니터링할 수 있다.

[0062] 일 실시예에서, 시스템은, 열전대들(thermocouples)과 같은, 적어도 두 개의 온도 센서들(이하에서는, "센서들"로도 지칭됨)을 포함하고, 이는 탄화 반응의 진행을 모니터링하기 위해 탄화 반응기의 상이한 높이들에 장착될 수 있다. 센서들 중 제1 온도 센서는, 예를 들어, 상기에서 정의된 바와 같은, 반응 프론트를 위해 지정된 위치의 위에 장착될 수 있다. 센서들 중 제2 온도 센서는, 예를 들어, 상기에서 정의된 바와 같은, 반응 프론트를 위해 지정된 위치의 아래에 장착될 수 있다. 센서들은, 예를 들어, 센서들에 의해 결정되는 온도 값들의 평균으로서, 탄화 반응에 대한 하나 이상의 추정 온도들을 결정하는 데 활용될 수 있다. 하나 이상의 추정 온도들은 또한 단순히 제1 온도 센서의 측정 온도인 제1 추정 온도 및 제2 온도 센서의 측정 온도인 제2 추정 온도를 포함할 수 있다. 반응 가스가 위로부터 반응기에 제공될 때, 온도가 반응기에서 아래로 단조롭게 감소할 수 있으므로, 이미 두 개의 센서들이 탄화 반응의 진행을 모니터링하고 작동의 한계들을 결정하는 데 활용될 수 있다. 그러나, 세 개 이상의 온도 센서들이 사용되어, 진행을 모니터링하기 위한 세부 정보를 개선할 수 있다.

[0063] 일 실시예에서, 시스템은, 예를 들어, 상기 정의된 바와 같은, 탄화 반응에 대한 추정 온도가 제 1 임계 온도보다 높을 때, 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하기 위한 제어 명령을 제공하도록 구성된다. 이것은, 예를 들어, 제1 또는 제2 온도 센서에 의해 측정되는 온도, 또는 그 평균이 제2 임계 온도보다 높을 때 수행될 수 있다.

[0064] 일 실시예에서, 시스템은, 예를 들어, 상기에서 정의된 바와 같은, 탄화 반응에 대한 추정 온도가 제2 임계 온도보다 낮을 때, 반응기에 유기 원료를 첨가하기 위한 제어 명령을 제공하도록 구성된다. 이것은, 예를 들어, 제1 또는 제2 온도 센서에 의해 추정되는 온도, 또는 그 평균이 제2 임계 온도보다 낮을 때, 수행될 수 있다.

[0065] 제1 임계 온도는 제2 임계 온도보다 더 높을 수 있다. 일 예로서, 제1 임계 온도는 600-700 ℃일 수 있다. 일 예로서, 제2 임계 온도는 500-600 ℃일 수 있다.

[0066] 시스템은 제어 명령을 기반으로 자동으로 유기 원료를 첨가하고/하거나 탄화 생성물을 제거하도록 구성될 수 있다. 이것은 시스템의 연속적인 작동 중에 수행될 수 있다.

[0067] 일 실시예에서, 시스템은 제거 중에 탄화 생성물을 물로 냉각시키거나 급랭시키도록 구성된다.

[0068] 일 실시예에서, 시스템은 탄화 반응기 및/또는 탄화 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하기 위한 수단, 예를 들어, 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하기 위한 공급 수단, 예를 들어, 생성물 배출 채널에서 탄화 생성물을 냉각시키도록 구성된다. 이러한 목적을 위해, 시스템은 탄화 반응기 및/또는 탄화 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하기 위한 수단에서 탄화 생성물에 냉각 유체, 특히, 물을 적용하도록 구성되는 냉각기를 포함할 수 있다. 냉각 유체는 탄화 반응기 및/또는 탄화 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하기 위한 수단, 예를 들어, 생성물 배출 채널로 전달될 수 있다. 냉각기는, 예를 들어, 탄화 생성물에 냉각 유체를 분무하도록 구성되는 스프레이 냉각기일 수 있다. 시스템은 냉각으로부터 증기를 운반하기 위한 수단도 포함할 수 있다. 이러한 수단은 냉각으로부터 증기를 운반하기 위해 탄화 및/또는 탄화 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하기 위한 수단에 연결되는 배관을 포함할 수 있다.

[0069] 일 실시예의 유기 물질을 탄화시키기 위한 시스템이 도 1의 개략적인 형태로 설명된다. 도 1에 따른 시스템은 다음을 포함한다:

[0070] 1. 정격 압력 반응기(pressure rated reactor),

[0071] 2. 압축된 산소 포함 가스를 위한 입력부,

[0072] 3. 바이오매스 원료를 위한 입력부,

[0073] 4. 반응기에서 발열 반응을 시작시키기 위한 에너지를 입력하기 위한 수단,

[0074] 5. 탄화 생성물을 위한 출력부, 및

[0075] 6. 산소 결핍 가스를 위한 출력부.

[0076] 일 실시예의 유기 물질을 탄화시키기 위한 시스템이 도 2에서 설명된다. 도 2에 따른 시스템은 고정 반응기를 포함하고, 여기서, 반응기 벽들은 단열재를 포함한다. 반응기는 상단에서 개방되어 있고, 작동 전에 밀봉 가능한 기밀 뚜껑으로 폐쇄되며, 이 뚜껑은 밀봉되면 대기압보다 더 높은 내부 압력들을 견딜 수 있다. 반응기의 뚜껑은 산소 포함 가스를 위한 입력부를 포함한다.

[0077] 탄화될 바이오매스는 스크류(screw) 또는 오거(auger)와 같은 적합한 공급 수단을 사용하여 반응기의 상단에서 원료 컨테이너로부터 반응기로 공급된다. 공급 수단은 바이오매스를 반응기의 중앙으로 공급하여, 반응기 내부의 기존 매스의 위에 떨어지게 한다.

[0078] 반응기는 하부 단부에 바이오매스를 수집하고 바이오매스가 반응기의 하단으로 떨어지는 것을 막는 천공된 콘을 포함한다. 콘의 구멍들은 산소 결핍 가스는 통과하게 하지만, 탄화 생성물은 수집한다. 천공된 콘의 하단에서, 공급 수단은 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하여, 저장 컨테이너로 운반한다. 공급 수단은 스크류 피더(feeder) 또는 오거와 같이 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 사람에게 알려져 있는 임의의 적합한 공급 수단일 수 있다. 반응기의 하단으로부터 수집되는 산소 결핍 가스는 에너지를 위해 연소되거나, 이차 공정의 원료로 사용될 수 있다.

[0079] 일 실시예에서, 탄화 반응은 반응기의 상단에서 천공된 콘으로 이동하는 시간 동안 바이오매스에서 발생한다. 일 실시예에서, 반응 프론트는 반응기의 수직 방향으로 비교적 고정된 상태를 유지하고, 바이오매스 원료는 반응이 진행됨에 따라 하향 방향으로 이동한다. 일 실시예에서, 반응 프론트는 발열 반응의 열 화염 프론트(thermal flame front)이다.

[0080] 일 실시예의 유기 물질을 탄화시키기 위한 시스템이 도 3에서 설명된다. 도 3에 따른 시스템은 고정 반응기를 포함하고, 여기서, 반응기 벽들은 단열재를 포함한다. 반응기는 상단에서 개방되어 있고, 작동 전에 밀봉 가능한 기밀 뚜껑으로 폐쇄되며, 이 뚜껑은 밀봉되면 대기압보다 더 높은 내부 압력들을 견딜 수 있다. 반응기는 산소 포함 가스를 위한 입력부 및 바이오매스 베드의 높이를 모니터링하기 위한 수단을 포함한다. 반응기는 또한 바이오매스 베드의 표면 위의 반응기의 상부 단부에서 반응기의 벽을 통해 장착되는 압력 센서를 포함한다.

[0081] 탄화될 바이오매스는 스크류 또는 오거와 같은 적합한 공급 수단을 사용하여 반응기의 상단에서 바이오매스 호퍼로부터 반응기로 공급된다. 바이오매스 호퍼에 대해 들어가고 나오는 통로는 바이오매스가 대기압보다 높은 압력에서 반응기로 공급되게 하는 바이오매스 호퍼의 위와 아래에 장착되는 격리 밸브들에 의해 제어된다. 공급 수단은 바이오매스를 반응기의 중앙으로 공급하여, 반응기 내부의 기존 매스의 위에 떨어지게 한다.

[0082] 반응기는 하부 단부 바이오매스를 수집하고 바이오매스가 반응기의 하단으로 떨어지는 것을 막는 천공된 콘을 포함한다. 콘의 구멍들은 산소 결핍 가스는 통과하게 하지만, 탄화 생성물은 수집한다. 천공된 콘의 하단에서, 공급 수단은 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하여, 저장 컨테이너로 운반한다. 공급 수단은 스크류 피더 또는 오거와 같이 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 사람에게 알려져 있는 임의의 적합한 공급 수단일 수 있다. 저장 컨테이너로 들어가는 탄화 생성물의 통로는 격리 밸브에 의해 제어된다. 생성물 저장 컨테이너의 출구에 있는 격리 밸브는 탄화 생성물이 가압 시스템으로부터 제거되게 한다. 반응기의 하단으로부터 수집되는 산소 결핍 가스는 에너지를 위해 연소되거나, 이차 공정의 원료로 사용될 수 있다.

[0083] 일 실시예에서, 탄화 반응은 반응기의 상단에서 하단에 있는 천공된 콘으로 이동하는 시간 동안 바이오매스에서 발생한다. 탄화 반응의 진행을 모니터링하기 위해, 적어도 두 개의 온도 센서들이 탄화 반응기 캐니스터의 상이한 높이들에 장착되어, 바이오매스 베드 내의 온도를 모니터링한다. 일 실시예에서, 반응 프론트는 반응기의 수직 방향으로 비교적 고정된 상태를 유지하고, 바이오매스 원료는 반응이 진행됨에 다라 하향 방향으로 이동한다. 일 실시예에서, 반응 프론트는 발열 반응의 화염 프론트에 의해 생성되는 열 프론트이다.

[0084] 특정 실시예들에서, 산소 결핍 가스의 제거는 제어 밸브에 의해 제어된다.

[0085] 특정 실시예들에서, 기계적 에너지는 압력이 감소됨에 따라 산소 결핍 가스로부터 회수된다. 일 실시예에서, 기계적 에너지는 산소 결핍 가스로부터 회수되어, 산소 포함 가스의 압력을 증가시키는 데 사용된다.

[0086] 에너지 회수는, 고압일 수 있는, 산소 결핍 가스를 에너지를 회수하기 위한 시스템의 터빈으로 라우팅함으로써 수행된다. 일반적으로, 에너지 회수의 분야에서 통상의 지식을 가진 사람에게 이용 가능한 임의의 수단에 의해 수행될 수 있다.

[0087] 현재 명세서에서 설명되는 시스템은 유기 물질의 연속적인 또는 반-배치 탄화에 적합한 속성들을 갖는 추가적인 유용성을 갖는다. 연속적인 또는 반-배치 방식으로 시스템을 작동시키는 것은 탄화될 물질과 탄화 생성물을 빈번하게 적재 및 하역할 필요를 제거한다. 탄화될 물질과 탄화 생성물을 빈번하게 전개 및 하역할 필요를 제거하는 것은 물질을 적재 또는 하역하기 위해 공정을 중단할 필요 없이 더 긴 연속적인 기간들 동안 탄화를 실행시키는 것을 가능하게 한다.

[0088] 본 개시의 시스템에서의 탄화는 산소를 포함하는 분위기에서 작동하므로, 사용 전에 시스템을 비우거나 시스템

에 불활성 가스를 도입할 필요도 제거된다.

[0089] 유기 물질을 탄화시키기 위한 방법이 개시된다. 방법은 다음을 포함할 수 있다:

[0090] a. 탄화 반응기에 유기 원료를 제공하는 단계,

[0091] b. 탄화 반응기에 산소 포함 가스를 제공하는 단계,

[0092] c. 탄화 반응기에서 발열 반응을 시작시키는 단계,

[0093] d. 탄화 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하는 단계, 및

[0094] e. 탄화 반응기로부터 산소 결핍 가스를 제거하는 단계.

[0095] 특정 실시예들에서, 탄화는 연속적인 또는 반-배치 방식으로 수행된다.

[0096] 특정 실시예들에서, 유기 원료는 대기압보다 더 높은 압력에서 탄화 반응기에 공급된다.

[0097] 특정 실시예들에서, 산소 결핍 가스는 다음을 포함한다:

[0098] · 0-60 %의 질소

[0099] · 10-50 %의 CO_2

[0100] · 0-50 %의 H_2

[0101] · 10-50 %의 CO

[0102] · 0-20 %의 CH_4

[0103] · 0-5 %의 에탄

[0104] · 0-5 %의 에틸렌

[0105] · 0-5 %의 중질 탄화수소.

[0106] 특정 실시예들에서, 산소 결핍 가스는 5 % 미만의 산소를 포함한다.

[0107] 특정 실시예들에서, 산소 포함 가스는 대기압보다 더 높은 압력에서 탄화 반응기에 첨가된다.

[0108] 특정 실시예들에서, 산소 포함 가스는 공기일 수 있다. 특정 실시예들에서, 산소 포함 가스는 21 % 이상의 산소를 포함하는 가스일 수 있다. 특정 실시예들에서, 유기 원료는 연속적인 방식으로 탄화 반응기에 첨가된다.

[0109] 특정 실시예들에서, 유기 원료는 반응기에 대한 첨가 전에 무기 물질과 혼합된다.

[0110] 특정 실시예들에서, 탄화 생성물은 연속적인 또는 반-배치 방식으로 탄화 반응기로부터 제거된다.

[0111] 특정 실시예들에서, 유기 원료의 첨가는 반응기에서 일정 수준의 원료를 유지하기 위한 속도로 수행된다.

[0112] 특정 실시예들에서, 탄화 생성물은 탄화 반응기로부터 연속적으로 제거된다.

[0113] 본 개시의 시스템에서 생성되거나 본 개시의 방법을 사용하여 생성되는 탄화 생성물이 개시된다.

[0114] 특정 실시예들에서, 탄화 생성물은 바이오차 또는 바이오카본이다. 특정 실시예들에서, 탄화 생성물은 전기 전도성이다. 특정 실시예들에서, 탄화 생성물은 활성 탄소 또는 활성 바이오카본일 수 있다. 특정 실시예들에서, 탄화 생성물은 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 사람에게 알려져 있는 임의의 적합한 활성화 처리를 사용하여 활성화되어 활성 탄소 또는 활성 바이오카본을 형성할 수 있다.

[0115] 특정 실시예들에서, 탄화 생성물은 생성물에 무기 화합물들 또는 조성물들을 포함시킴으로써 더욱 향상될 수 있다.

[0116] 현재 명세서에서 설명되는 방법은 유기 물질의 연속적인 또는 반-배치 탄화에 적합한 속성들을 갖는 추가적인 유용성을 갖는다. 연속적인 또는 반-배치 방식으로 방법을 작동시키는 것은 탄화될 물질과 탄화 생성물을 빈번하게 적재 및 하역할 필요를 제거한다.

[0117] 본 개시의 방법에 따른 탄화는 산소를 포함하는 분위기에서 작동하므로, 사용 전에 시스템을 비우거나 시스템에

불활성 가스를 도입할 필요도 제거된다.

[0118] 또한, 본 개시의 시스템에서 형성되거나 본 개시의 방법을 사용하여 형성되는 바이오카본을 포함하는 탄화 생성물이 여기에 개시된다.

[0119] 시스템의 연속적인 작동은 다양한 방식들로 지원될 수 있다. 특히, 공급 씨일 어레인지먼트(feeding seal arrangement)는 반응기 내부의 물질의 연속적인, 예를 들어, 일정한, 공급을 위한 가스-밀폐 씨일 어레인지먼트로 제공될 수 있다. 이것은 반응기 내부의 압력 및/또는 온도를 낮추지 않고도 수행될 수 있어, 바이오차와 같은, 탄화 생성물의 생성을 위한 연속적인 공정을 허용한다. 공급 씨일 어레인지먼트는 이중 덤프 밸브(double dump valve) 및/또는 압력(및 선택적으로 온도) 저항 특수 에어록 로터리 밸브(airlock rotary valve)를 포함할 수 있다. 공급 씨일 어레인지먼트는 또한 플러그 스크류 피더를 포함할 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 배출 씨일 어레인지먼트(discharging seal arrangement)는 반응기 내부의 압력 및/또는 온도를 낮추지 않고도 반응기로부터 물질의 연속적인, 예를 들어, 일정한, 배출을 위한 가스-밀폐 씨일 어러인지먼트로 제공될 수 있어, 바이오차와 같은, 탄화 생성물의 생성을 위한 연속적인 공정을 허용한다. 배출 씨일 어레인지먼트는 이중 덤프 밸브 및/또는 압력(및 선택적으로 온도) 저항 특수 에어록 로터리 밸브를 포함할 수 있다. 또한, 배출 씨일 어레인지먼트는 플러그 스크류 피더를 포함할 수 있다. 도 6은 일 실시예의 유기 물질을 탄화시키기 위한 시스템(200)을 도시하고 있다. 시스템은 상술된 바와 같은 특징들 중 일부 또는 전부를 포함할 수 있다. 시스템은 정격 압력 용기(vessel)로 제공될 수 있는 반응기(210)를 포함한다. 반응기는 반응기 및/또는 내용물들의 질량에 대한 측정을 위한 하나 이상의 로드 셀들(211) 또는 임의의 미리 결정된 부착되는 컴포넌트들에 장착될 수 있다.

[0120] 시스템은 탄화될 바이오매스를 반응기에 공급하기 위한 (제1) 공급 수단을 포함할 수 있다. 이는 반응기(210)에, 바람직하게는, 반응기 용적의 중간 지점 위의 위치에 장착될 수 있는, 원료 공급 튜브와 같은, 원료 공급 채널(215)을 포함할 수 있다. 공급 수단은, 가압될 수 있는, 반응기의 벽을 통과하도록 배치되어, 반응기(210)의 외부에서 반응기(210)의 내부로 물질이 이동되게 할 수 있다. 원료 공급 채널(215)은 원료를 반응기로 이동시키기 위해 공급 스크류(216) 및/또는 공급 컨베이어 벨트를 포함할 수 있다. 공급 수단은 또한 공급 스크류(216)를 회전시키고/시키거나 공급 컨베이어 벨트를 추진시키기 위해 하나 이상의 공급 모터들(219)을 포함할 수 있다. 이는 공급 입구 포트(217) 및 공급 출구 포트(218)를 포함할 수 있다. 이러한 공급 수단은 또한 원료 저장 용기(220)를 포함할 수 있으며, 이는 원료 하단 격리 밸브(221) 및/또는 원료 상단 격리 밸브(222)를 더 포함할 수 있다. 이들 중 하나 또는 둘 다는 바람직하게는 개방 위치에 있을 때 고체들이 밸브를 쉽게 통과할 수 있게 하는 게이트 밸브들이다.

[0121] 시스템은 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하기 위한 (제2) 공급 수단을 포함할 수 있다. 이는 반응기(210)에, 바람직하게는, 반응기 용적의 중앙 지점 아래의 위치에 장착될 수 있는, 생성물 배출 튜브(230)와 같은, 생성물 배출 채널(230)을 포함할 수 있다. 공급 수단은, 가압될 수 있는, 반응기의 벽을 통과하도록 배치되어, 반응기(210)의 외부에서 반응기(210)의 내부로 물질이 이동되게 하고, 높은 압력들 및 온도들에서 작동을 허용할 수 있다. 생성물 배출 채널(230)은 반응기로부터 탄화 생성물을 이동시키기 위해 배출 스크류(231) 및/또는 배출 컨베이어 벨트를 포함할 수 있다. 공급 수단은 또한 배출 스크류(231)를 회전시키고/시키거나 배출 컨베이어 벨트를 추진시키기 위해 하나 이상의 배출 모터들(234)을 포함할 수 있다. 이는 배출 입구 포트(232) 및 배출 출구 포트(233)를 포함할 수 있다. 이러한 공급 수단은 또한 생성물 저장 용기(235)를 포함할 수 있으며, 이는 제1 생성물 격리 밸브(236) 및/또는 제2 격리 밸브(237)를 더 포함할 수 있다. 이들 중 하나 또는 둘 다는 바람직하게는 개방 위치에 있을 때 고체들이 밸브를 쉽게 통화할 수 있게 하는 게이트 밸브들이다.

[0122] 일 실시예에서, 제1 격리 밸브(236) 및 제2 격리 밸브(237)는 작동 중에 개방 위치에 있는 제1 격리 밸브(236) 및 제2 격리 밸브(237)에 의해 탄화 생성물의 연속적인 제거를 허용하여, 생성물 저장 용기(235)를 채운다. 이후, 예를 들어, 생성물 저장 용기(235)가 미리 결정된 용적까지 채워진 후, 제2 격리 밸브(237)는 폐쇄되어, 생성물 저장 용기(235)가 비워지고 다시 밀봉되는 동안 그대로 유지된다. 그런 다음, 제2 격리 밸브(237)는 다시 개방되어, 밸브들 사이의 용적을 채우는 생성물이 생성물 저장 용기(235)로 이동하게 한다. 바람직하게는, 생성물 저장 용기(235)의 위치는 배출 출구 포트(233)보다 낮아서, 중력이 배출 출구 포트(233)로부터 생성물 저장 용기(235)로 생성물을 이동시키는 데 사용될 수 있게 한다.

[0123] 도 7은 일 실시예의 유기 물질을 탄화시키기 위한 시스템(400)을 도시하고 있다. 시스템은 상술된 바와 같은 특징들 중 일부 또는 전부를 포함할 수 있다. 특정 실시예의 탄화될 바이오매스를 반응기로 공급하기 위한 (제1) 공급 수단(405)이, 예를 들어, 오거 원료 공급 시스템으로, 개시된다.

[0124] 시스템(400), 또는 그의 공급 수단(405)은 공급 입구 포트(412) 및 공급 출구 포트(413)를 포함하는, 공급 튜브와 같은, 일차 공급 채널(410)을 포함한다. 이는 또한 원료를 반응기로 이동시키기 위해, 공급 스크류 및/또는 공급 컨베이어 벨트와 같은, 공급 수송기(transporter)(411)를 포함할 수 있다. 이는 공급 스크류를 회전시키고/시키거나 공급 컨베이어 벨트를 추진시키기 위해 하나 이상의 공급 모터들(414)을 포함할 수 있다. 이는 원료 저장 용기(415)를 포함할 수 있다.

[0125] 일차 공급 채널(410)은 이음매 없는(seamless) 튜브일 수 있다. 이는 금속성 재료로 구성될 수 있다. 이는 적절한 안전 마진들(safety margins)을 두고, 예상되는 작동 압력들을 견디고 높은 온도들에서 작동 안정성을 유지할만큼 두껍게 만들어질 수 있다. 공급 입구 포트(412)는 원료 저장 용기(415)에 연결될 수 있다. 이는 중력이 원료를 일차 공급 채널(410)로 끌어내릴 수 있도록 구성될 수 있다. 진동 시스템이 원료 저장 용기(415)로부터 일차 공급 튜브(410)로의 물질 흐름을 돕기 위해 포함될 수 있다. 선택적으로, 기계적 핑거들 및/또는 다른 특징들이 물질의 자유로운 흐름을 막는 바인딩 잼들(binding jams) 또는 다른 이벤트들 없이 물질이 흐르도록 하기 위해 포함될 수 있다.

[0126] 일 실시예에서, 원료 저장 용기(415)는, 예를 들어, 그 바닥에, 원료 저장 용기(415)와 공급 입구 포트(412) 사이의 공급 격리 밸브(416)를 갖는다. 용기는 또한 원료 저장 용기(415)가 격리되도록, 개방 가능한 원료 호퍼 뚜껑(417)을 가질 수 있다. 원료 저장 용기(415)는 작동 중에 반응기로부터의 가스 누출을 방지하는 공압 씨일(pneumatic seal)을 제공하도록 구성될 수 있으며, 동시에 원료가 높은 작동 압력들에서 반응기로 전달되게 할 수 있다. 원료 호퍼 뚜껑(417)은 힌지에 장착될 수 있다. 이는 유압(hydraulic) 또는 공압 실린더들과 같은 하나 이상의 액추에이터들과 연결되어, 필요에 따라, 예를 들어, 원격으로, 개방 및 폐쇄될 수 있다.

[0127] 원료 저장 용기(415)는, 원료 저장 용기(415)를 채우는 데 사용되는 방법이 일차 공급 튜브(410)의 내용물을 배출하는 시간보다 더 빨라서 연속적인 작동을 유지할 수 있는 경우, 제한된 크기로 설계될 수 있다. 공급 모터(들)(414)는 가변 속도로 작동하도록 구성되어, 공급 수송기(411)가 새로 충전된 원료를 공급 출구 포트(413)로 빠르게 이동시켜 연속적인 작동을 유지시킬 수 있다.

[0128] 도 7은 또한 일 실시예의 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하기 위한 (제2) 공급 수단(450)을, 예를 들어, 오거 생성물 배출 시스템으로 도시하고 있다. 수단(450)은 배출 입구 포트(462) 및 배출 출구 포트(463)를 포함하는, 배출 튜브와 같은, 일차 배출 채널(460)을 포함한다. 이는 또한 반응기로부터 탄화 생성물을 이동시키기 위해, 배출 스크류 및/또는 배출 컨베이어 벨트와 같은, 배출 수송기(461)를 포함할 수 있다. 이는 배출 스크류를 회전시키고/시키거나 배출 컨베이어 벨트를 추진시키기 위해 하나 이상의 배출 모터들(464)을 포함할 수 있다. 이는 생성물 호퍼와 같은, 생성물 저장 용기(465)를 포함할 수 있다.

[0129] 일 실시예에서, 일차 배출 채널(460)은 일차 공급 채널(410)과 구조가 유사하다. 일부 실시예들에서, 일차 배출 채널(460)은 고온들에서 생성물을 처리하도록 구성되어, 고온 고체들을 다루도록 구성될 수 있다. 배출 출구 포트(463)는 생성물 저장 용기(465)에 연결될 수 있다. 공급 수단은 중력이 생성물을 생성물 저장 용기로 끌어내릴 수 있도록 구성될 수 있다.

[0130] 일 실시예에서, 생성물 저장 용기(465)는 그 개방 포트에, 예를 들어, 생성물 저장 용기(465)와 배출 출구 포트(463)의 사이에 격리 밸브를 갖는다. 생성물 저장 용기는 개방 가능한 생성물 호퍼 뚜껑(466)을 가질 수 있어서, 생성물 저장 용기(45)가 격리될 수 있게 한다. 생성물 저장 용기(465)는 작동 중에 반응기로부터의 가스 누출을 방지하는 공압 씨일을 제공하도록 구성될 수 있으며, 동시에 생성물이 높은 작동 압력들에서 배출되게 할 수 있다.

[0131] 생성물 호퍼 뚜껑(466)은 힌지에 장착될 수 있다. 이는 유압 또는 공압 실린더들과 같은, 하나 이상의 액추에이터들과 연결되어, 필요에 따라, 예를 들어, 원격으로, 개방 및 폐쇄될 수 있다. 생성물 호퍼 뚜껑(466)은 하향으로 개방되도록 구성되어, 생성물 호퍼 뚜껑(466)이 개방되면 제품 저장 용기(465) 내의 생성물이 중력으로 인해 떨어진다. 배출 스크류 모터(464)는 가변 속도 작동을 위해 구성될 수 있으며, 따라서, 배출 수송기(461)는 작동 중에 반응기 내에서 실질적으로 일정한 수준을 유지하는 속도로 작동하여, 연속적인 작동을 유지시킬 수 있다.

[0132] 일 실시예에서, 공급 시스템(들), 즉, 제1 및/또는 제2 공급 시스템은 고온 작동을 허용하기 위해 모든 금속성 컴포넌트들로 이루어진다. 제1 및/또는 제2 공급 시스템은 가스 및/또는 물과 같은, 액체를 통해 수동적으로 및/또는 능동적으로 냉각될 수 있다. 일 실시예에서, 스크류들의 내부 샤프트와 블레이드들은 냉각을 제공하기 위해 냉각 유체가 순환되는 밀폐된 채널들을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 배출 시스템, 즉, 제2 공급 시스템

만 능동적으로 냉각된다.

[0133] 냉각을 위해, 냉각 유체는 생성물에 적용되어, 생성물 온도를 낮추고, 공기 또는 기타 산소 함유 가스에 대한 노출 후에 대기와 반응할 가능성을 줄일 수 있다. 이러한 목적을 위해, 물이 생성물 냉각을 위한 냉각 유체로 사용될 수 있다. 이는 물이 증발될 때 생성물에 미네랄이 침전되는 양을 제어하기 위해 하나 이상의 유형들의 미네랄들을 포함할 수 있다.

[0134] 물과 같은, 유체는 냉각 공정 후에 생성물에 존재하는 유체의 질량을 최소화하는 방식으로 적용될 수 있다. 유체는 생성물에 분무될 수 있으며, 선택적으로, 냉각 가스는 생성물 위로 흐르도록 될 수 있다. 유체 및 냉각 가스의 질량은 유체의 대부분이 증발하고 냉각 가스에 의해 제거되어, 수분이 생성물에 응축되지 않도록 제어될 수 있다. 일 실시예에서, 미네랄 함량이 100 ppm 미만인 정제수가 사용되어, 소량의 미네랄들이 생성물에 침전된다. 바람직하게는, 생성물이 냉각된 후에, 생성물이 대기에 노출된 후 건조 내구성 탄소 생성물의 1 kg당 200 g 미만의 첨가되는 물이 존재할 것이다. 더 바람직하게는, 생성물이 대기에 노출된 후 건조 내구성 탄소의 1 kg당 100 g 미만의 첨가되는 물이 존재할 것이다. 보다 더 바람직하게는, 생성물이 대기에 노출된 후 건조 내구성 탄소의 1 kg당 50 g 미만의 첨가되는 물이 존재할 것이다. 첨가되는 물은 물을 적용하지 않고 제거되는 생성물과 비교했을 때, 생성물에 존재하는 물의 질량으로 정의된다.

[0135] 냉각 유체는 직접 유체 흐름 및/또는 에어로졸을 통해 도입될 수 있다. 일 실시예에서, 액체 전달 디바이스는 고체 생성물에 직접 유체를 전달하는 데 사용된다. 금속 파이프와 같은, 파이프는 생성물이 형성되고 반응이 완료되거나 거의 완료된 반응기의 하단에서 반응기 내에 설치될 수 있다. 에어로졸 노즐, 네뷸라이저, 및/또는 기타 에어로졸 디바이스는 생성물에 단독으로 또는 직접 유체 적용과 함께 적용될 유체 방울들을 생성하는 데 사용될 수 있다. 질소 또는 기타 불활성 가스는 가스-에어로졸화 노즐을 사용하여 에어로졸화된 유체 방울들을 생성하는 데 사용될 수 있다. 공기는 에어로졸화 가스로 사용될 수 있지만, 반응하여 고체 질량을 감소시킬 수 있는 뜨거운 생성물과 반응할 위험들이 있다.

[0136] 단독으로 또는 냉각 유체의 적용과 함께, 열 복사는 고체 탄소가 의미 있는 산화의 위험이 있는 온도들에서 모범적인 열 전달 모드를 제공할 수 있다.

[0137] 선택한 실시예들에서, 물과 같은 냉각 유체는 공기에 대한 노출 이전에, 반응기 및/또는 생성물을 보관하는 파이프를 냉각시키는 데 사용된다. 반응기의 냉각은 주로 복사 및 전도 열 전달을 통해, 뜨거운 생성물들로부터 반응기 또는 기타 격납 벽들로 열이 전달됨에 따라 생성물의 온도를 낮출 수 있다. 특정 실시예들에서, 냉각 유체의 고정된 유량이 반응기 외벽으로 흘러서 반응기의 적어도 하부 부분으로 흐르도록 사용되며, 격납 벽과 접촉한 직후의 냉각 유체의 온도가 모니터링된다. 유체의 온도 변화가 생성물의 온도 및/또는 생성물로부터의 열 전달 속도를 추정하는 데 사용될 수 있다. 이것은 생성물이 반응기로부터 안전하게 제거되는 시기를 결정하는 데 사용될 수 있다.

[0138] 또한, 반응기에서 나오는 산소 결핍 가스에는, 예를 들어, 화학적 결합들뿐만 아니라 기계적 및/또는 열적 형태로, 상당한 에너지가 저장될 수 있다. 일 실시예에서, 열적 및/또는 기계적 에너지는 제1 공정에서 회수되어, 반응기에서 나오기 이전의 지점보다 더 낮은 압력 및/또는 더 낮은 온도를 갖는 산소 결핍 가스를 남긴다. 일부 실시예들에서, 이 열적-기계적 에너지의 20 % 이상은 반응기, 또는 그 메인 반응기 바디로부터 나온 후에 회수될 수 있다.

[0139] 도 8은 일 실시예의 유기 물질을 탄화시키기 위한 시스템(500)을 도시하고 있다. 시스템은 상술된 바와 같은 특징들 중 일부 또는 전부를 포함할 수 있다.

[0140] 시스템(500)은 열적-기계적 에너지 회수 시스템을 포함할 수 있다. 시스템은, 예를 들어, 반응기 용기로서의, 탄화 반응기(501), 원료 입력 포트(502) 및 선택적으로, 원료 입구 포트 격리 밸브(503)를 포함하여 탄화 반응기에 유기 원료를 첨가하기 위한 수단, 가스 입구 포트(510) 및 선택적으로, 가스 입구 포트 격리 밸브(511)를 포함하여 탄화 반응기에 산소 포함 가스를 첨가하기 위한 수단, 가스 배출 포트(506) 및 선택적으로 가스 배출 포트 격리 밸브(507)를 포함하여 탄화 반응기로부터 산소 결핍 가스를 제거하기 위한 수단, 및 고체 배출 포트(504) 및 선택적으로, 고체 배출 포트 격리 밸브(505)를 포함하여 탄화 반응기로부터 탄화 생성물을 제거하기 위한 수단을 포함할 수 있다. 또한, 시스템은 가스 보조 포트(508) 및 선택적으로, 가스 보조 포트 격리 밸브(509)를 포함할 수 있다.

[0141] 시스템(500)은 터보과급기(turbocharger) 어셈블리(520)를 포함할 수 있다. 터보과급기 어셈블리(520)는 팽창기 섹션(expander section)(521) 및 압축기 섹션(compressor section)(522)을 포함할 수 있고, 여기서, 두 섹션들

은, 예를 들어, 기계적 연결부(523)에 의해, 연결될 수 있다. 작동 시, 팽창기 섹션(521)은, 예를 들어, 가스 파이프를 통해, 가스 배출 포트(506)로부터 높은 압력 및 온도로 산소 결핍 가스를 수용하도록 구성될 수 있다. 터보과급기 어셈블리(520)의 팽창기 섹션(521) 내에서, 배출 가스들 내의 열적-기계적 에너지가 운동 에너지, 예를 들어, 팽창기 회전 블레이드들의 회전 운동 에너지로 변환될 수 있다. 이것은 연결되는 기계적 연결부(523)의 회전과 같은 움직임을 일으켜, 흡입 가스들을 압축하는 전력을 제공할 수 있으며, 이는 터보과급(turbocharging) 시스템들의 분야에서 알려져 있다. 압축기 섹션(522)은 기계적 연결부(523)로부터 전력을 수신하고, 섹션 내의 블레이드들을 회전시키도록 구성될 수 있다. 대기 공기 및/또는 저장 탱크들이나 기타 저장 수단으로부터의 기타 유체들과 같은 산소 풍부 유체들은 압축기 섹션 입구 포트(524)로 공급될 수 있다. 일 실시예에서, 대기 공기는 제어된 이슬점, 예를 들어, -20 ℃ 미만의 이슬점으로 사용되고, 예를 들어, 터보과급기 입구 포트로 들어가기 전의 가스 건조 장비로 건조될 수 있다. 가스가 압축기 섹션(522)으로 들어간 후에, 회전 블레이드들과 접촉하도록 구성될 수 있고, 압력 및/또는 온도가 증가할 수 있다. 일부 실시예들에서, 산소 풍부 가스들의 압력은 압축기 섹션(522)에 들어가기 전에 압축기(도시되지 않음)에 의해 먼저 증가되어, 반응기에 들어가는 유체들의 압력이 터보과급기 어셈블리(520)가 단독으로 작용하여 공급할 수 있는 압력보다 클 수 있다.

[0142] 산소 결핍 가스가 압축기 섹션(522)에 들어가서 압축을 위한 에너지를 제공한 후에, 입구보다 더 낮은 온도와 압력으로 압축기 섹션 배출 포트(525)에서 압축기 섹션(522)을 나가도록 구성될 수 있다. 그런 다음, 이는 에너지 회수를 위해 추가로 처리될 수 있다. 일 실시예에서, 잔류 열 에너지는 열 교환기를 통해 수집된다. 그런 다음, 이는, 예를 들어, 반응기의 원료를 건조시키기 위한 열을 제공하는 데 사용될 수 있다. 다른 실시예에서, 잔류 열적-기계적 에너지의 추가 직접 회수는 시도되지 않는다. 그러나, 이는 화학 에너지 회수 공정의 일부로 간접적으로 회수될 수 있다.

[0143] 화학적 에너지 산소 결핍 가스의 회수는 반응기에서 나온 직후 또는 열적-기계적 에너지가 설계된 수준으로 추출된 후에, 달성될 수 있다. 산소 결핍 가스는 화학적 결합들의 형태로 저장된 에너지가 대량이며, 이는 화학적 공정에서 반응함으로써 방출될 수 있다. 일 실시예에서, 에너지는 연소 반응에서 산소 결핍 가스를 대기 공기에 포함된 산소와 반응시킴으로써 방출된다.

[0144] 건조 기준으로 산소 결핍 가스의 화학적 에너지 함량은 1 kg당 적어도 4 메가줄(MJ/kg) 또는 바람직하게는, 적어도 5.5 MJ/kg일 수 있다. 일 실시예에서, 대기 공기가 반응 가스로 사용될 수 있다. 연관된 질소는 산소 결핍 가스에 계속 존재할 수 있다. 산소 결핍 가스 내 질소의 농도는 부피 기준으로 60 % 미만이고, 바람직하게는, 부피 기준으로 50 % 미만일 수 있다.

[0145] 일 실시예에서, 목재 펠릿들(wood pellets)이 원료로 사용된다. 이들은 20 % 미만의 수분 함량을 가질 수 있다. 건조 기준으로, 반응기에서 나오는 산소 결핍 가스는 다음으로 구성될 수 있다:

[0146] · 50 % 미만의 질소

[0147] · 15-25 %의 CO2

[0148] · 10-20 %의 H2

[0149] · 10-20 %의 CO

[0150] · 미만의 CH4

[0151] · 5 % 미만의 에탄

[0152] · 2 % 미만의 에틸렌

[0153] · 5 % 미만의 모든 중질 탄화수소.

[0154] 산소 결핍 가스 내에 함유된 잔류 산소의 양은 반응 중에 소모되므로 낮을 수 있다. 일 실시예에서, 산소(O2)는 건조 산소 결핍 가스의 부피 기준으로 5 % 미만이고, 바람직하게는, 부피 기준으로 2 % 미만이고, 더 바람직하게는, 부피 기준으로 0.5 % 미만일 수 있다.

[0155] 일 실시예에서, 산소 결핍 가스는 대기 공기와 같은 산소 풍부 유체(들)과 결합된다. 이는 블로워(blower), 펌프, 압축기, 및/또는 다른 디바이스를 통해 공급되어, 압력을 증가시켜, 저장 탱크들 또는 기타 저장 수단으로부터의 공급 흐름 및/또는 다른 유체를 허용할 수 있다. 일 실시예에서, 대기 공기가 사용된다. 일 실시예에서, 산소 결핍 가스는 보일러 열 전달 시스템의 보일러 연소 챔버 내부에서 대기 공기와 결합되며, 여기서, 보일러 시스템들의 분야에서 알려져 있는 바와 같이, 보일러 작동 유체의 온도 및/또는 압력을 높여, 건물 또는 다른

시설이나 목적에 열을 제공할 수 있다. 반응 공정에 의해 제공되는 산소 결핍 가스들과 호환되는 경우, 다른 유형들의 열 전달 시스템들이 사용될 수 있다.

[0156] **예시들**

[0157] 이제, 다양한 실시예들에 대해 상세하게 설명할 것이다.

[0158] 이하의 설명은 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 사람이 본 개시를 기반으로 실시예들을 활용할 수 있을 정도로 상세하게 일부 실시예들을 개시한다. 많은 단계들 및 특징들이 본 명세서를 기반으로 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 사람에게 명백할 것이므로, 실시예들의 모든 단계들 또는 특징들이 상세하게 설명되지는 않는다.

[0160] 예시

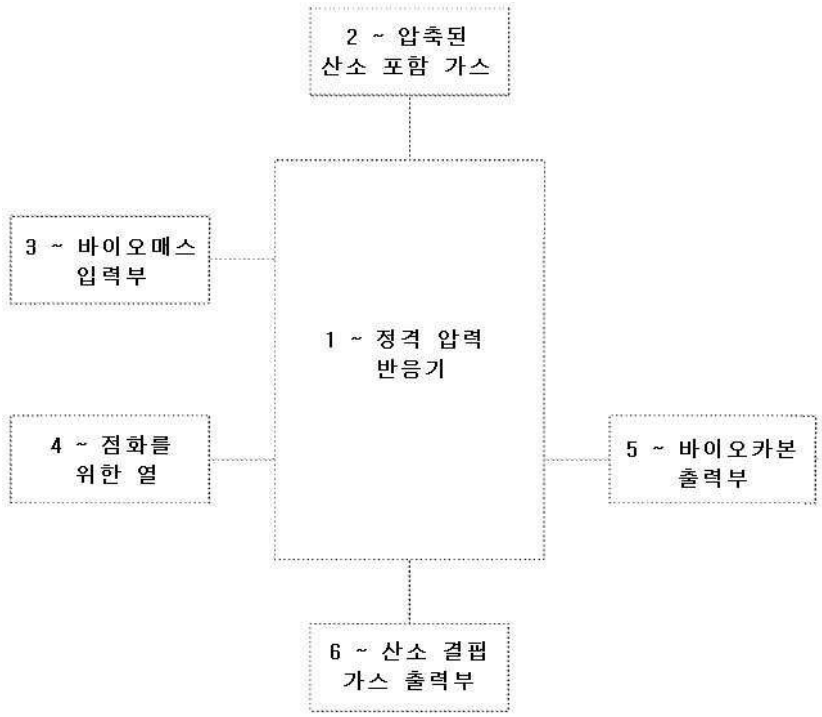
[0161] 대략 332 kg의 유기 탄소를 함유하는 8.5 중량%의 수분 함량을 갖는 693 kg의 올리브 씨(olive pit)가 탄화 반응기에 첨가되었다. 반응기는 압력 조절 소스로부터의 압축된 공기로 400 kPa로 가압되었다. 반응기는 누출들에 대해 확인되었고, 배출 밸브가 개방되어, 대략 8 m^3/h의 공기가 반응기를 통과할 수 있도록 하였다. 반응기의 하단에 있는 전기 가열 코일이 5 분 동안 가동되었다. 탄화 반응의 시작은 조절된 공급으로부터의 공기의 유입을 막는 반응기 압력의 빠른 증가로 입증되었다. 그런 다음, 출구 밸브가 개방되어, 반응기의 압력을 감소시켰다. 반응기 압력이 400 kPa 미만으로 감소되면, 제어된 공기 흐름이 반응기에 첨가되어, 반응기 내부의 400 kPa의 압력을 유지하면서 반응기로의 안정적인 공기 유량을 유지하였다. 출구 밸브와 공기 제어 밸브들을 사용하여, 반응기에서 400 kPa를 유지하면서 공기 흐름이 68 m^3/h로 증가되었다. 반응기의 하단에서 상단으로 같은 간격으로 이격되어 있는 4 개의 행들의 열전대들에서 알 수 있는 바와 같이, 탄화 반응은 반응기의 하단에서 상단으로 289 분에 걸쳐 전파되는 발열 열파로 특징지어 진다(도 4). 반응의 선형적 특성에 대한 추가 증거는 반응기 아래에 장착되는 로드 셀들에 의해 측정되는 꾸준한 중량 감소에 의해 알 수 있다(도 5). 탄소 생성물의 수율은 165 kg이었다. 생성물에 대한 독립적인 분석 결과는 91.7 %의 탄소 함량, 0.19 %의 원자 H:C 비율, 및 0.024 %의 원자 O:C 비율로 나타났다.

[0162] 기술의 발전으로 기본 아이디어가 다양한 방식들로 구현될 수 있다는 것은 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 사람에게 자명한 사실이다. 따라서, 실시예들은 상기 설명된 예들에 국한되지 않고, 대신, 청구범위의 범위 내에서 다양할 수 있다.

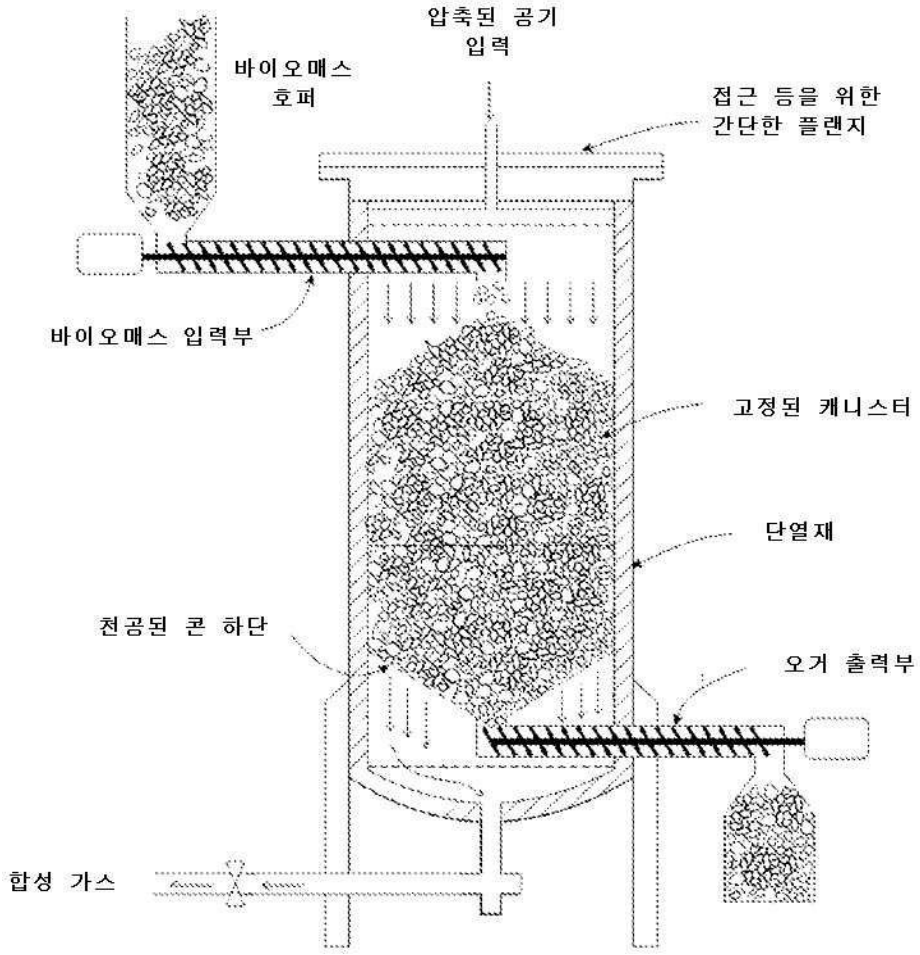
[0163] 상술된 실시예들은 서로와의 임의의 조합으로 사용될 수 있다. 여러 실시예들이 함께 결합되어, 추가 실시예를 형성할 수 있다. 여기에서 개시된, 방법 또는 시스템은 상술된 실시예들 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상술된 이점들과 장점들은 하나의 실시예와 관련이 있거나, 여러 실시예들과 관련이 있을 수 있음이 이해될 것이다. 실시예들은 명시된 문제들 중 일부 또는 전부를 해결하거나, 명시된 이점들 및 장점들 중 일부 또는 전부를 갖는 실시예들로 제한되지 않는다. 또한 "일" 아이템에 대한 참조는 이러한 아이템들 중 하나 이상을 지칭함이 이해될 것이다. 용어 "포함하는"은 본 명세서에서 하나 이상의 추가적인 특징들 또는 행위들의 존재를 배제하지 않고, 그 이후에 따르는 특징(들) 또는 행위(들)를 포함하는 것을 의미하는 데 사용된다.

도면

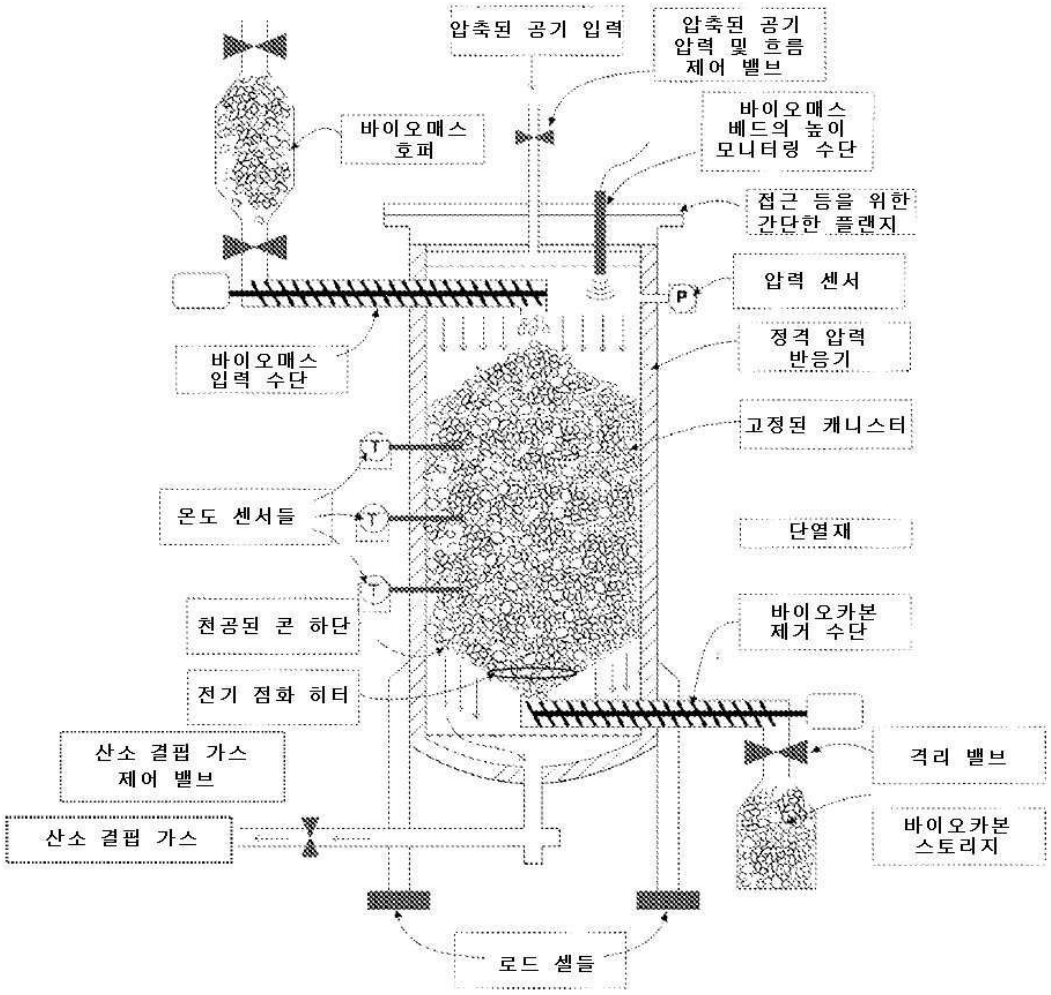
도면1


2 ~ 압축된
산소 포함 가스
3 ~ 바이오매스
입력부
1 ~ 정격 압력
반응기
4 ~ 점화를
위한 열
5 ~ 바이오카본
출력부
6 ~ 산소 결핍
가스 출력부

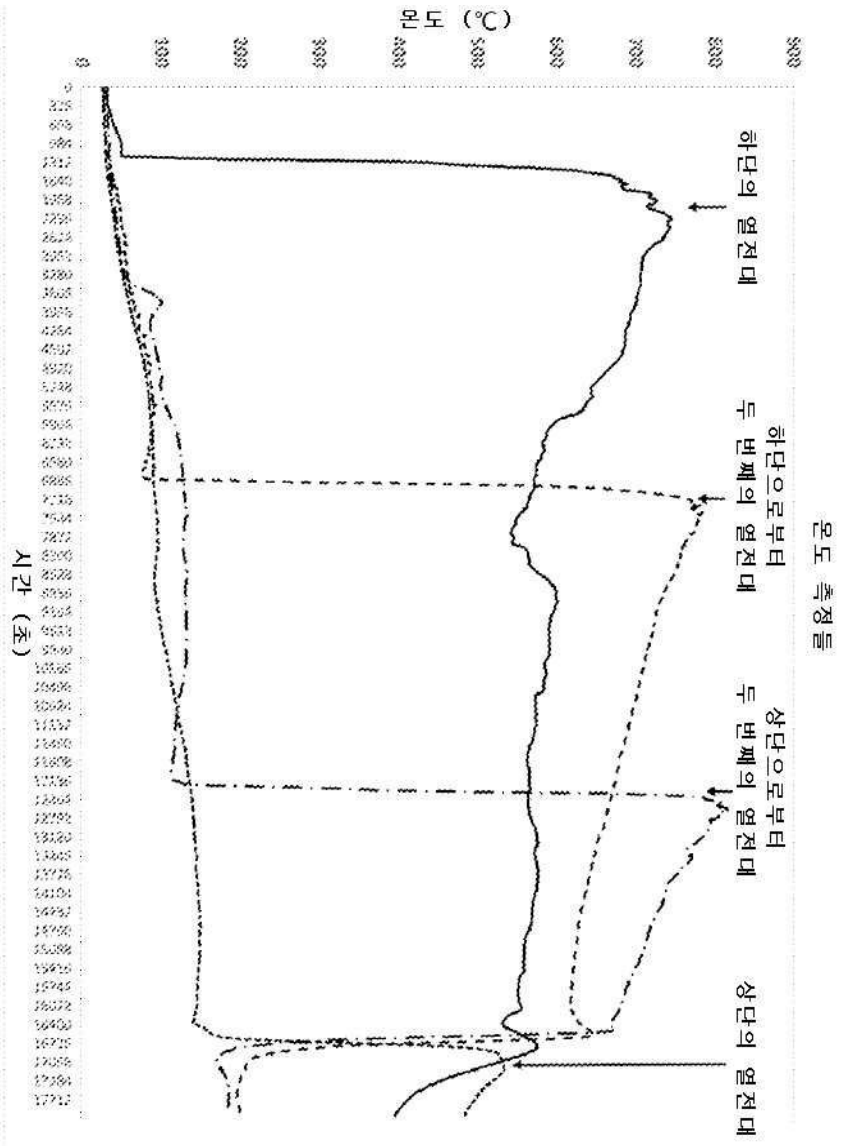
도면2


압축된 공기
입력
바이오매스
호퍼
접근 등을 위한
간단한 플랜지
바이오매스 입력부
고정된 캐니스터
단열재
천공된 콘 하단
오거 출력부
합성 가스

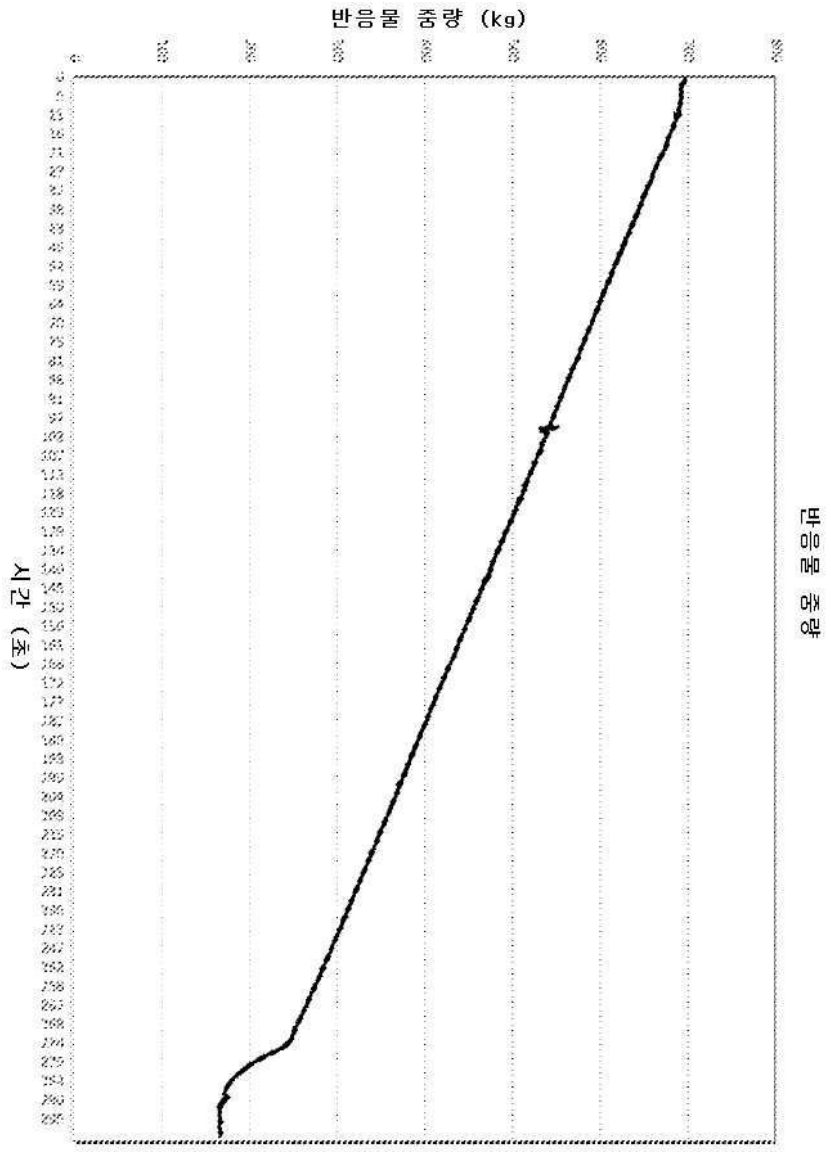
도면3


압축된 공기 입력
압축된 공기 압력 및 흐름 제어 밸브
바이오매스 호퍼
바이오매스 베드의 높이 모니터링 수단
접근 등을 위한 간단한 플랜지
압력 센서
P
바이오매스 입력 수단
정격 압력 반응기
고정된 캐니스터
T
온도 센서들
단열재
천공된 콘 하단
바이오카본 제거 수단
전기 점화 히터
산소 결핍 가스 제어 밸브
격리 밸브
산소 결핍 가스
바이오카본 스토리지
로드 셀들

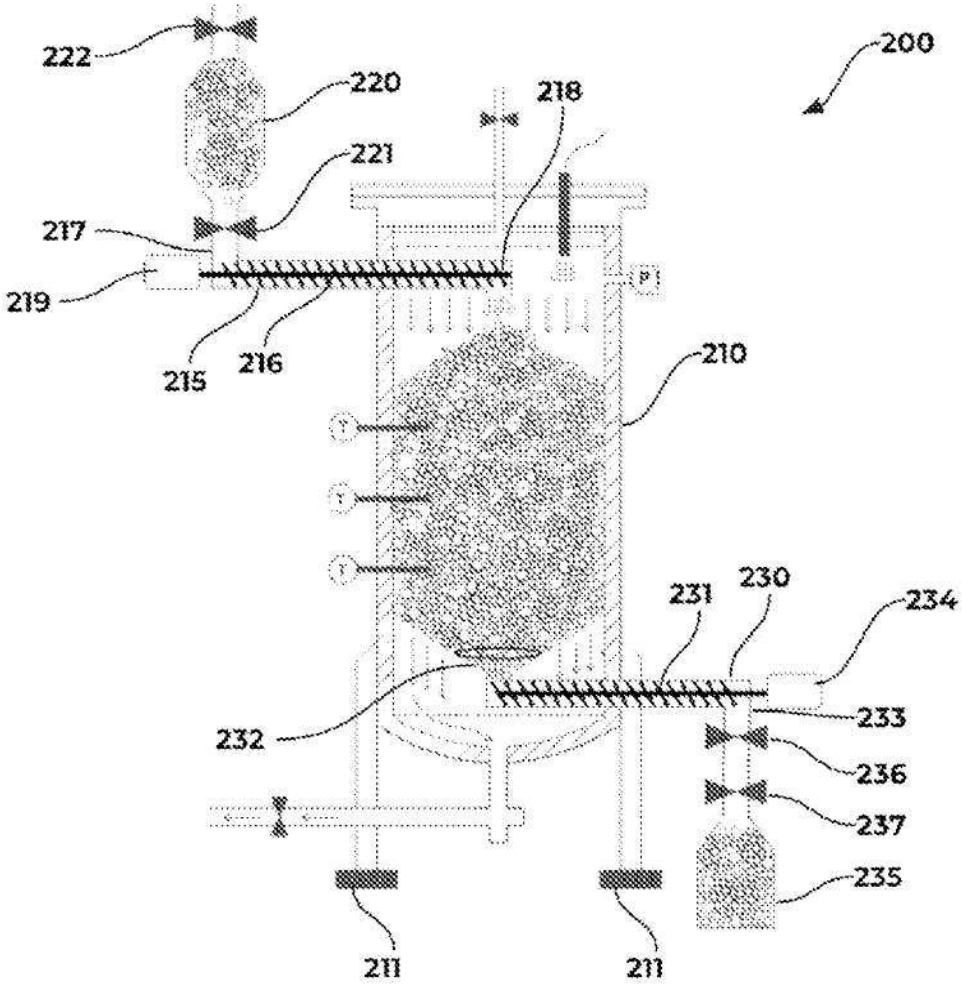
도면4



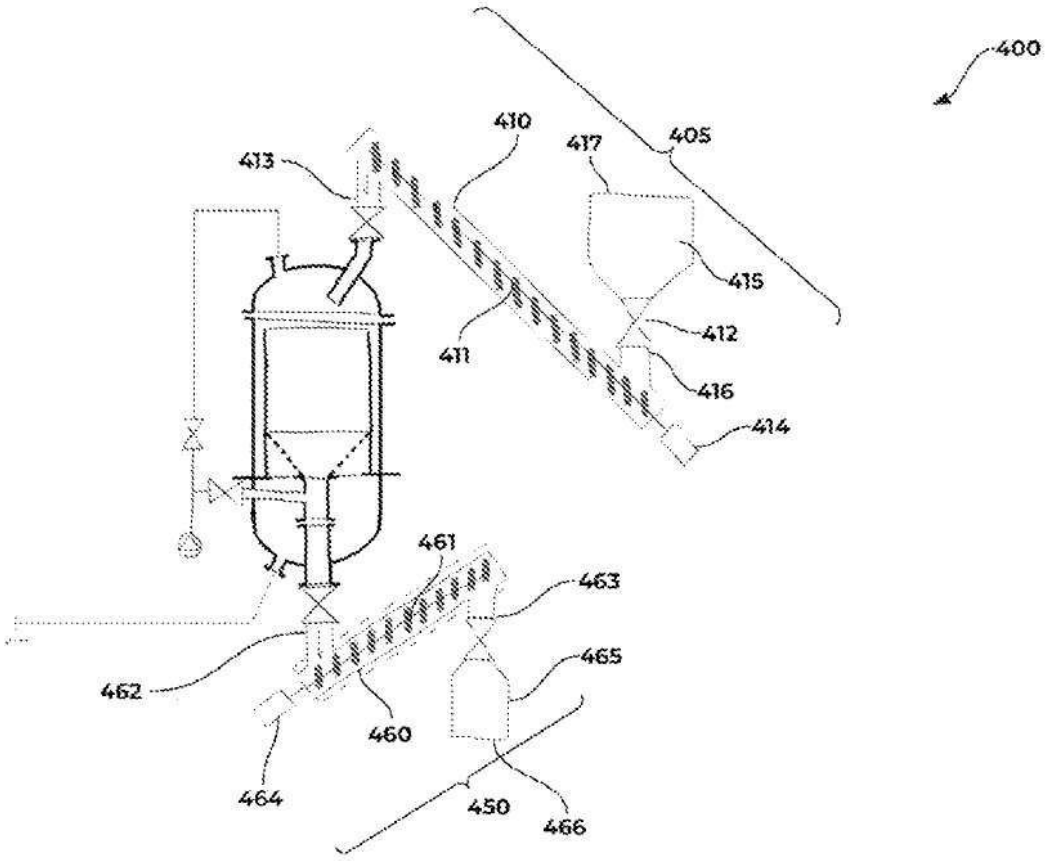
도면5



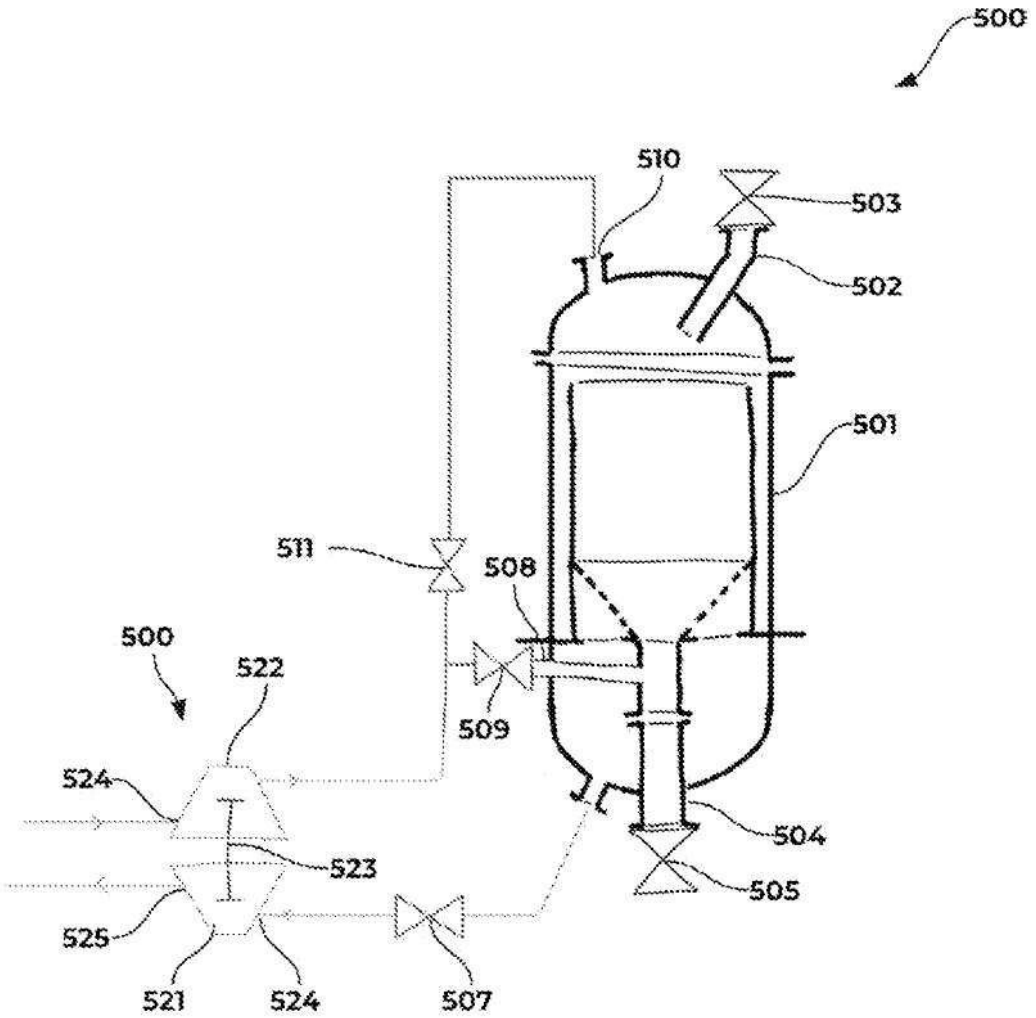
도면6


222
220
218
200
221
217
219
215
216
210
231
230
234
232
233
236
237
235
211
211

도면7


400
410
417
405
413
415
412
411
416
414
461
463
465
462
460
464
450
466

도면8


500
510
503
502
501
511
508
500
522
509
524
504
523
505
525
521
524
507