



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년07월14일
(11) 등록번호 10-1418702
(24) 등록일자 2014년07월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C10B 53/02 (2006.01) C10B 49/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0032684
(22) 출원일자 2014년03월20일
심사청구일자 2014년03월20일
(56) 선행기술조사문헌
JP2010533638 A
KR1020100117954 A
KR1020060104346 A
KR100171052 B1

(73) 특허권자
경상대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
순천대학교 산학협력단
전라남도 순천시 매곡동 315
(72) 발명자
서동철
경상남도 진주시 내동로 348번길 10, 113동 1001호
강세원
전라남도 순천시 비봉2길 22, 109동 915호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
원성수, 박종경

전체 청구항 수 : 총 7 항

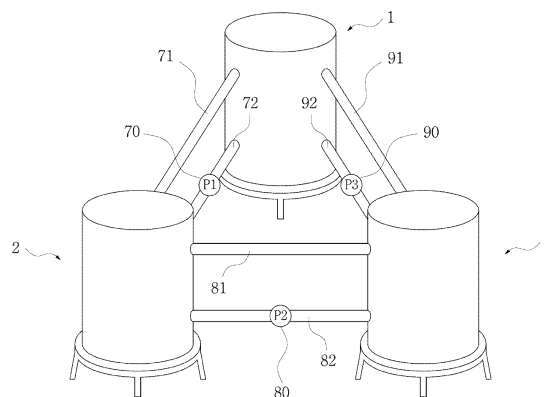
심사관 : 김길수

(54) 발명의 명칭 폐열 순환형 바이오차 제조장치

(57) 요약

본 발명에 따른 폐열 순환형 바이오차 제조장치는 내부에 수용된 바이오매스(biomass)를 바이오차로 열분해하는 복수의 가열 챔버, 상기 복수의 가열 챔버를 서로 연통되도록 연결하는 열이송관, 상기 열이송관에 각각 설치되어 서로 연결된 가열 챔버 내부의 공기를 순환시키는 순환 펌프, 및 상기 가열 챔버와 순환 펌프의 동작을 제어하는 제어부를 포함하고, 상기 제어부는 동작중인 가열 챔버인 제1가열 챔버의 동작이 완료되면 상기 제1가열 챔버와 연결된 가열 챔버 중 어느 하나인 제2가열 챔버를 동작시키되, 상기 제2가열 챔버를 동작시키기 이전에 제1,2가열 챔버 사이의 내부 온도차가 설정값 이하가 될 때까지 상기 제1,2가열 챔버를 연결하는 열이송관에 설치된 순환 펌프를 동작시키는 것을 특징으로 한다.

대표도



(72) 발명자

박주왕

전라남도 구례군 간전면 선창길 76

조주식

전라남도 순천시 삼산로 101, 유토파인 402호

박종환

경상남도 사천시 청녕길 31

김성현

경상남도 사천시 용현면 개재길 51

허중수

경상남도 진주시 금산면 금산순환로 80번길 8, e-편한세상 103-1903호

최익원

부산광역시 강서구 천가길309번가길 273-1 (동선동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2012R1A2A2A01015706

부처명 교육부

연구사업명 중견연구자지원사업

연구과제명 농업부산물을 이용한 biochar 제조와 이를 이용한 온실가스배출저감 농업기술 개발

기 여 율 1/2

주관기관 순천대학교

연구기간 2012.05.01 ~ 2015.04.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 112014-3

부처명 농림수산식품부

연구사업명 생명산업기술개발

연구과제명 농림 바이오매스를 활용한 환경친화형 기능성 biochar 생산 및 기후변화대응 농업, 환경기술 개발

기 여 율 1/2

주관기관 경상대학교

연구기간 2012.08.01 ~ 2015.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

내부에 수용된 바이오매스(biomass)를 바이오차로 열분해하는 복수의 가열 챔버;

상기 복수의 가열 챔버를 서로 연통되도록 연결하는 열이송관;

상기 열이송관에 각각 설치되어 서로 연결된 가열 챔버 내부의 공기를 순환시키는 순환 펌프; 및

상기 가열 챔버와 순환 펌프의 동작을 제어하는 제어부를 포함하고,

상기 제어부는 동작중인 가열 챔버인 제1가열 챔버의 동작이 완료되면 상기 제1가열 챔버와 연결된 가열 챔버 중 어느 하나인 제2가열 챔버를 동작시키되, 상기 제2가열 챔버를 동작시키기 이전에 제1,2가열 챔버 사이의 내부 온도차가 설정값 이하가 될 때까지 상기 제1,2가열 챔버를 연결하는 열이송관에 설치된 순환 펌프를 동작시키는 것을 특징으로 하는 폐열 순환형 바이오차 제조장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제어부는 제2가열 챔버의 동작이 완료되면 상기 제2가열 챔버와 연결된 가열 챔버 중 어느 하나인 제3가열 챔버를 동작시키되, 상기 제3가열 챔버를 동작시키기 이전에 제1,3가열 챔버 사이의 내부 온도차가 상기 설정값 이하가 될 때까지 상기 제1,3가열 챔버를 연결하는 열이송관에 설치된 순환 펌프를 동작시킨 후 상기 제2,3가열 챔버 사이의 내부 온도차가 상기 설정값 이하가 될 때까지 상기 제2,3가열 챔버를 연결하는 열이송관에 설치된 순환 펌프를 동작시키는 것을 특징으로 하는 폐열 순환형 바이오차 제조장치.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 가열 챔버 각각의 내부에 열을 가하는 히터부;와

상기 가열 챔버 각각의 내부에 물을 공급하는 물공급부를 더 포함하고,

상기 제어부는 동작중인 가열 챔버에 수용된 바이오매스를 바이오차(biochar)로 열분해하기 위해 상기 동작중인 가열 챔버에 열을 가하도록 상기 히터부의 동작을 제어하고, 상기 열분해된 바이오차의 비표면적을 증가시키기 위해 상기 동작중인 가열 챔버에 물을 공급하도록 상기 물공급부의 동작을 제어하는 것을 특징으로 하는 폐열 순환형 바이오차 제조장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 물공급부는 가열 챔버 각각의 내부를 순환하면서 물을 공급하도록 구성되며,

상기 제어부는 동작중인 가열 챔버에 물을 공급하는 경우 상기 공급되는 물이 동작이 완료된 가열 챔버의 내부를 경유하여 상기 동작중인 가열 챔버로 공급되되, 상기 동작이 완료된 가열 챔버의 잔열에 의하여 기화된 수증기 상태로 공급되도록 상기 물공급부의 동작을 제어하는 것을 특징으로 하는 폐열 순환형 바이오차 제조장치.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 가열 챔버 각각의 내부에 염화아연 용액을 공급하는 기능성약품공급부;

상기 가열 챔버 각각의 내부에 산소를 공급하는 산소공급부를 더 포함하고,

상기 제어부는 비표면적이 증가된 상기 바이오차에 인 흡착능을 부여하기 위하여 상기 동작중인 가열 챔버에 염화아연 용액과 산소를 공급하도록 상기 기능성약품공급부 및 산소공급부의 동작을 제어하는 것을 특징으로 하는 폐열 순환형 바이오차 제조장치.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 가열 챔버 각각의 내부에는 상기 물공급부와 연결되어 물을 상기 바이오차의 표면에 분사하기 위한 적어도 하나의 노즐장치가 형성된 것을 특징으로 하는 폐열 순환형 바이오차 제조장치.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 바이오매스를 열분해하는 경우 상기 동작중인 가열 챔버의 내부를 혐기성 상태로 유지하기 위하여, 상기 제어부의 제어동작에 의해 상기 동작중인 가열 챔버 내부에 질소를 공급하는 질소공급부 또는 상기 동작중인 가열 챔버 내부를 진공처리하는 진공펌프부 중 적어도 어느 하나를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 폐열 순환형 바이오차 제조장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 바이오차의 제조시 발생하는 폐열을 재활용할 수 있는 폐열 순환형 바이오차 제조장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 내부에 바이오차를 제조하기 위한 바이오매스가 각각 수용된 복수의 가열 챔버를 열이송관에 의해 서로 연통되도록 연결하고 이들 중 가열에 의해 바이오차의 제조가 완료된 일부 가열 챔버 내부의 폐열을 나머지 가열 챔버에 순환시킴으로써 상기 나머지 가열 챔버에서 바이오차를 제조하는데 소요되는 열에너지를 최소화할 수 있는 폐열 순환형 바이오차 제조장치에 관한 것이다.

[0002]

배경기술

[0003] 근래 들어 농업 및 산림 부산물이 매년 다량으로 배출되고 있는데, 이들 중 일부만 소각 처리될 뿐 대부분의 부산물들은 그대로 방치되고 있는 실정이기 때문에 이러한 폐유기물자원을 효과적으로 활용할 수 있는 방안의 마련이 시급하다.

[0004] 이를 위하여, 최근에는 이들 농업 및 산림 부산물인 바이오매스(biomass)를 화석연료를 대체할 수 있는 에너지원으로 활용하거나 상기 바이오매스를 공기공급이 제어되는 조건에서 저속 열분해하여 얻은 바이오차(biochar)로 활용하기 위한 기술이 개발되고 있는데, 이러한 바이오차의 제조에 관한 구체적인 내용은 하기 [문헌 1] 등에 상세히 개시되어 있다.

[0005] 상술한 방법에 의하여 얻어진 바이오차는 구성성분이 대부분 탄소이기 때문에 탄소의 포획 및 저장 능력이 우수하여 토양내부에서 탄소 고정에 의한 온실가스 저감제로 활용되거나, 토양의 보수력 또는 보비력을 향상시키기 위한 농업용 토양 개량제로도 활용될 수 있는 등 여러 가지 분야에 대하여 그 활용도가 점차적으로 크게 확대되고 있다.

[0006] 그러나, 상기 바이오차는 상술한 바와 같이 활용도에 대한 잠재력이 매우 우수함에도 불구하고 아직까지는 생산에 소요되는 비용이 너무 과도하기 때문에, 경제적인 관점에서 설비투자 등이 적극적으로 이루어지지 못하여 바이오차의 저변 확대 및 보급이 크게 제한받고 있는 실정이다.

[0007] 특히, 하기 [문헌 1]에 개시된 종래 기술에 따른 바이오차의 제조장치에서는 바이오매스의 저속 열분해를 위해 공급된 에너지와 상기 저속 열분해과정에서 바이오매스 자체에서 발생된 반응열 에너지가 모두 재활용되지 못하고 대기 중에 버려지도록 구성되기 때문에 실질적인 바이오차의 생산량 대비 에너지 소비량이 지나치게 많은 문제점이 있었다.

[0008] [문헌 1] 한국공개특허 제2010-0117954호(2010. 11. 4. 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 상술한 바와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명의 목적은 내부에 열분해에 의하여 바이오차를 제조하기 위한 바이오매스가 수용된 복수의 가열 챔버를 열이송관에 의해 서로 연통되도록 연결하고 이들 중 바이오차의 제조가 완료된 일부 가열 챔버 내부의 폐열을 나머지 가열 챔버에 순환시킴으로써 상기 나머지 가열 챔버에서 바이오차를 제조하는데 소요되는 열에너지를 최소화할 수 있는 폐열 순환형 바이오차 제조장치를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 폐열 순환형 바이오차 제조장치는 내부에 수용된 바이오매스(biomass)를 바이오차로 열분해하는 복수의 가열 챔버, 상기 복수의 가열 챔버를 서로 연통되도록 연결하는 열이송관, 상기 열이송관에 각각 설치되어 서로 연결된 가열 챔버 내부의 공기를 순환시키는 순환 펌프, 및 상기 가열 챔버와 순환 펌프의 동작을 제어하는 제어부를 포함하고, 상기 제어부는 동작중인 가열 챔버인 제1가열 챔버의 동작이 완료되면 상기 제1가열 챔버와 연결된 가열 챔버 중 어느 하나인 제2가열 챔버를 동작시키되, 상기 제2가열 챔버를 동작시키기 이전에 제1,2가열 챔버 사이의 내부 온도차가 설정값 이하가 될 때까지 상기 제1,2가열 챔버를 연결하는 열이송관에 설치된 순환 펌프를 동작시키는 것을 특징으로 한다.
- [0011] 또한, 상기 제어부는 제2가열 챔버의 동작이 완료되면 상기 제2가열 챔버와 연결된 가열 챔버 중 어느 하나인 제3가열 챔버를 동작시키되, 상기 제3가열 챔버를 동작시키기 이전에 제1,3가열 챔버 사이의 내부 온도차가 상기 설정값 이하가 될 때까지 상기 제1,3가열 챔버를 연결하는 열이송관에 설치된 순환 펌프를 동작시킨 후 상기 제2,3가열 챔버 사이의 내부 온도차가 상기 설정값 이하가 될 때까지 상기 제2,3가열 챔버를 연결하는 열이송관에 설치된 순환 펌프를 동작시키는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 또한, 상기 가열 챔버 각각의 내부에 열을 가하는 히터부와, 상기 가열 챔버 각각의 내부에 물을 공급하는 물공급부를 더 포함하고, 상기 제어부는 동작중인 가열 챔버에 수용된 바이오매스를 바이오차(biochar)로 열분해하기 위해 상기 동작중인 가열 챔버에 열을 가하도록 상기 히터부의 동작을 제어하고, 상기 열분해된 바이오차의 비표면적을 증가시키기 위해 상기 동작중인 가열 챔버에 물을 공급하도록 상기 물공급부의 동작을 제어하는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 또한, 상기 물공급부는 가열 챔버 각각의 내부를 순환하면서 물을 공급하도록 구성되며, 상기 제어부는 동작중인 가열 챔버에 물을 공급하는 경우 상기 공급되는 물이 이전 단계에서 동작이 완료된 가열 챔버의 내부를 경유하여 상기 동작중인 가열 챔버로 공급되되, 상기 동작이 완료된 가열 챔버의 잔열에 의하여 기화된 수증기 상태로 공급되도록 상기 물공급부의 동작을 제어하는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 또한, 상기 가열 챔버 각각의 내부에 염화아연 용액을 공급하는 기능성약품공급부와, 상기 가열 챔버 각각의 내부에 산소를 공급하는 산소공급부를 더 포함하고, 상기 제어부는 비표면적이 증가된 상기 바이오차에 인 흡착능을 부여하기 위하여 상기 동작중인 가열 챔버에 염화아연 용액과 산소를 공급하도록 상기 기능성약품공급부 및 산소공급부의 동작을 제어하는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 또한, 상기 가열 챔버 각각의 내부에는 상기 물공급부와 연결되어 물을 상기 바이오차의 표면에 분사하기 위한 적어도 하나의 노즐장치가 형성된 것을 특징으로 한다.
- [0016] 또한, 상기 바이오매스를 열분해하는 경우 상기 동작중인 가열 챔버의 내부를 혐기성 상태로 유지하기 위하여, 상기 제어부의 제어동작에 의해 상기 동작중인 가열 챔버 내부에 질소를 공급하는 질소공급부 또는 상기 동작중인 가열 챔버 내부를 진공처리하는 진공펌프부 중 적어도 어느 하나를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0017] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명에 따른 폐열 순환형 바이오차 제조장치는 열분해에 의해 바이오차를 제조하는 복수의 가열 챔버를 열이송관에 의해 서로 연통되도록 연결하고, 이들 중 동작중인 제1가열 챔버의 동작이

완료되면 상기 제1가열 챔버와 연결된 가열 챔버 중 어느 하나인 제2가열 챔버를 순차적으로 동작시키되, 상기 제2가열 챔버를 동작시키기 이전에 제1가열 챔버 내부의 열에너지를 제2가열 챔버 내부로 순환시키도록 구성되기 때문에 제1가열 챔버에 바이오차를 제조하기 위해 공급된 열에너지와 상기 열분해과정에서 제1가열 챔버 내부에 발생된 반응열 에너지를 제2가열 챔버에서 재활용함으로써 바이오차의 제조에 소비되는 에너지를 최소화할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도1은 본 발명의 일실시예에 따른 폐열 순환형 바이오차 제조장치의 전체 구성을 설명하기 위한 도면,

도2는 도1에 도시한 각 가열 챔버의 구성을 나타낸 도면,

도3은 도2에 도시한 가열 챔버의 동작구성을 설명하기 위한 블록도, 및

도4a 내지 도4c는 도1에 도시한 폐열 순환형 바이오차 제조장치를 이용한 바이오차 제조방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 이용하여 상세히 설명하기로 한다.

[0020] 도1은 본 발명의 일실시예에 따른 폐열 순환형 바이오차 제조장치의 전체 구성을 설명하기 위한 도면이고, 도2는 도1에 도시한 각 가열 챔버의 구성을 나타낸 도면이다.

[0021] 또한, 도3은 도2에 도시한 가열 챔버의 동작구성을 설명하기 위한 블록도이고, 도4a 내지 도4c는 도1에 도시한 폐열 순환형 바이오차 제조장치를 이용한 바이오차 제조방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0022] 본 발명에 따른 폐열 순환형 바이오차 제조장치는 내부에 수용된 바이오매스(biomass)를 바이오차로 열분해하는 복수의 가열 챔버(1,2,3), 상기 복수의 가열 챔버(1,2,3)를 서로 연통되도록 연결하는 열이송관(71,72,81,82,91,92), 상기 열이송관(71,72,81,82,91,92)에 각각 설치되어 서로 연결된 가열 챔버(1,2,3) 내부의 공기를 순환시키는 순환 펌프부(70,80,90)를 포함하여 구성된다.

[0023] 본 실시예에서는 설명의 편의를 위하여 상기 폐열 순환형 바이오차 제조장치가 제1가열 챔버(1), 제2가열 챔버(2), 및 제3가열 챔버(3)의 3개 가열 챔버로 이루어진 경우를 일례로서 설명하나 이에 한정되지 아니하며, 필요에 따라서는 상기 가열 챔버가 2개 또는 4개 이상으로 구성될 수도 있다.

[0024] 먼저, 상기 가열 챔버(1,2,3) 각각은 일례로서 내부에 바이오매스가 수용되는 내부 챔버(12), 상기 내부 챔버(12)의 외부를 둘러싸는 외부 챔버(11), 상기 내부 챔버와 외부 챔버 사이에 개재되는 보온층(13)으로 구성된다.

[0025] 이때, 상기 내부 챔버(12)는 스테인레스 스틸과 같은 금속성 재질 또는 내열성 플라스틱 재질 등으로 구성될 수 있으며, 상기 보온층(13)은 후술하는 바와 같이 히터부(60)를 보호하고 온도의 항상성을 유지할 수 있도록 내화 벽돌과 같은 보온성 재질로 구성되는 것이 바람직하다.

[0026] 또한, 상기 외부 챔버(11)는 전술한 내부 챔버 및 보온층(13)에서 발생된 열이 외부로 전달되는 것을 방지하기 위하여 절연성 재질로 이루어지는 것이 바람직하다.

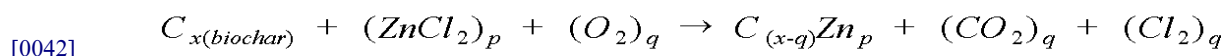
[0027] 본 실시예에서는 상기 가열 챔버(1,2,3)가 3개의 층으로 구성된 경우를 일례로서 설명하였으나 이에 한정되지 아니하며, 필요에 따라서는 동일한 기능을 수행하는 범위내에서는 단일층 또는 2개의 층 등으로 다양하게 구성될 수도 있다.

[0028] 또한, 도1에서는 명확히 표현되지는 않았으나 상기 가열 챔버(1,2,3)는 바이오매스의 유입 및 바이오차의 유출이 용이할 수 있도록 외부에서 개폐가능한 구조로 구성되는 것이 더욱 바람직하다.

[0029] 또한, 상기 가열 챔버(1,2,3)에는 외측에서 상기 외부 챔버(11)와 보온층(13)을 관통하여 상기 내부 챔버(12)의 내부(14)에 설치되어 후술하는 바와 같이 물과 기능성약품을 내부 챔버(12)의 내부에 공급하는 공급관(50)을 더 구비하며, 상기 공급관(50)의 내부 챔버(12)측 단부에는 공급되는 물 또는 기능성약품을 바이오차의 표면에 균일하게 분사하기 위한 복수의 노즐장치(51)가 설치된다.

- [0030] 본 실시예에서는 설명의 편의를 위하여 상기 공급되는 기능성약품이 염화아연($ZnCl_2$) 용액인 경우를 일례로서 설명하나 이에 한정되지 아니하며, 생성된 바이오차의 용도에 따라 여러 가지 다른 기능성약품이 공급될 수 있다.
- [0031] 또한, 상기 가열 챔버(1,2,3) 각각에는 내부 챔버(12)에 열을 공급하는 히터부(60), 상기 내부 챔버(12)에 물을 공급하는 물공급부(30), 및 상기 내부 챔버(12)에 기능성약품인 염화아연($ZnCl_2$) 용액을 공급하는 기능성약품 공급부(40)를 포함하여 구성된다.
- [0032] 이때, 상기 히터부(60)는 내부 챔버(12)의 내부에 열을 전달하여 상술한 바와 같이 내부 챔버(12)에 수용된 바이오매스를 바이오차로 열분해하기 위한 것으로서 열선과 같은 통상의 발열수단 등으로 바람직하게 구현될 수 있는데, 후술하는 바와 같이 내부 챔버(12) 내부의 온도조절이 용이하도록 하기 위하여 발열량 제어가 가능하도록 구성되는 것이 바람직하다.
- [0033] 또한, 본 실시예에서는 상기 히터부(60)가 보온층(13)의 내부에 설치되는 경우를 일례로서 설명하였으나 이에 한정되지 아니하며, 필요에 따라서는 내부 챔버(12)의 내부(14)에 직접 설치되도록 구성될 수도 있다.
- [0034] 또한, 상기 물공급부(30)는 내부 챔버(12)에 물을 공급하여 상술한 바와 같이 열분해된 바이오차의 비표면적을 증가시켜 바이오차를 물리적으로 활성화시키기 위한 것으로서, 가열 챔버(1,2,3)의 외측에 설치된 물저장조(32), 상기 물저장조와 공급관(50)을 연결하는 물공급관(31), 및 상기 물공급관(31)의 중도에 설치되어 물저장조(32)의 물을 내부 챔버(12)로 공급하거나 차단하는 물공급밸브(33)를 포함하여 구성된다.
- [0035] 이때, 상기 물공급밸브(33)는 기계식 수동밸브로 구성될 수 있으나, 후술하는 바와 같이 제어부(100)의 제어 동작에 의하여 작동되는 전자식 밸브로 구성될 수도 있다.
- [0036] 또한, 상기 물공급부(30)는 물을 일정한 압력으로 공급하기 위한 컴프레서(compressor)와 같은 가압장치(미도시)를 더 구비할 수 있으며, 이는 후술하는 염화아연공급부(40)와 질소공급부(20)의 경우에도 마찬가지이다.
- [0037] 또한, 상기 기능성약품 공급부(40)는 내부 챔버(12)에 기능성약품(본 실시예의 경우 염화아연 용액)을 공급하여 상술한 바와 같이 비표면적이 증가되어 물리적으로 활성화된 바이오차에 용도에 적합한 기능을 부여하기 위한 것이다.
- [0038] 본 실시예의 경우 상기 기능성 약품 공급부(40)는 물리적으로 활성화된 바이오차를 수처리용 여재로 활용하기 위하여 염화아연 용액을 공급함으로써 상기 비표면적이 증가된 바이오차를 화학적으로 활성화시켜 수처리용 여재에 필요한 인 흡착능을 부여하기 위한 것이다.
- [0039] 이를 위하여 상기 기능성약품 공급부(40)는 가열 챔버(1,2,3)의 외측에 설치된 기능성약품 저장조(42), 상기 기능성약품 저장조(42)와 공급관(50)을 연결하는 기능성약품 공급관(41), 및 상기 기능성약품 공급관(41)의 중도에 설치되어 기능성약품 저장조(42)의 기능성약품(즉, 본 실시예의 경우 염화아연 용액)을 내부 챔버(12)로 공급하거나 차단하는 기능성약품 공급밸브(43)를 포함하여 구성된다.
- [0040] 이때, 상기 기능성약품 공급밸브(43)도 마찬가지로 기계식 수동밸브로 구성될 수 있으나, 후술하는 바와 같이 제어부(100)의 제어 동작에 의하여 작동되는 전자식 밸브로 구성될 수도 있다.
- [0041] 본 실시예와 같이 상기와 같이 구성된 기능성약품 공급부(40)로부터 염화아연 용액이 공급될 경우 전술한 바이오차는 아래의 [화학식 1]과 같은 반응에 의하여 그 표면이 인 흡착이 용이한 형태로 활성화되는데, 이 경우 첨가 x는 바이오차의 탄소분자수, p는 염화아연의 분자수, q는 제한된 산소분자수이다.

화학식 1



- [0043] 또한, 상기 [화학식 1]에서 알 수 있는 바와 같이 염화아연의 공급에 의한 상술한 바이오차의 화학적 활성화 단계에서는 제한된 양의 산소가 공급되어야 하는데, 이를 위하여 본 발명에서는 외부의 공기를 내부 챔버(12)로 유입시키는 산소공급부(45)가 더 설치되는 것이 바람직하다.
- [0044] 이때, 상기 산소공급부(45)는 내부 챔버(12)를 외부 연통시키는 산소공급관(45a)과, 상기 산소공급관(45a)의 중

도에 설치되어 외기로부터 내부 챔버(12)로 산소를 공급하거나 차단하는 산소공급밸브(45b)로 구성된다.

- [0045] 이 경우 외기로부터 산소가 과도하게 공급되면 바이오차가 급격히 연소되는 현상이 발생되기 때문에 상기 산소공급부(45)는 상술한 화학적 활성화 단계에 필요한 양만큼의 산소가 제한적으로 공급될 수 있도록 구성되는 것이 바람직하다.
- [0046] 이를 위하여 상기 산소공급부(45)는 필요에 따라서는 산소가 강제로 유입되도록 구성될 수도 있으나, 산소공급밸브(45b)의 개방시 파이프 형상의 산소공급관(45a)을 통하여 자연 대류에 의하여 소량의 산소가 자연스럽게 유입될 수 있도록 구성하는 것이 더욱 바람직하다.
- [0047] 또한, 상기 산소공급밸브(45b)도 마찬가지로 기계식 수동밸브로 구성될 수 있으나, 후술하는 바와 같이 제어부(100)의 제어동작에 의하여 작동되는 전자식 밸브로 구성될 수도 있다.
- [0048] 한편, 상술한 바이오매스의 열분해 과정은 공기 중의 산소가 차단된 혐기성 조건에서 이루어지는 것이 바람직한데, 이를 위하여 본 발명에 따른 폐열 순환형 바이오차 제조장치는 가열 챔버(1,2,3) 각각의 상기 내부 챔버(12)의 내부(14)에 질소를 공급하기 위한 질소공급부(20) 또는 상기 내부 챔버(12)의 내부(14)를 진공처리하기 위한 진공펌프부(24)를 더 구비할 수 있다.
- [0049] 이때, 상기 질소공급부(20)와 진공펌프부(24)는 어느 하나가 설치될 수도 있으나, 본 실시예에서와 같이 2개 모두 설치될 수도 있다.
- [0050] 또한, 본 실시예에서와 같이 2개 모두 설치된 경우 상기 진공펌프부(24)를 이용하여 내부 챔버(12)의 내부(14)를 먼저 진공시킨 후 질소공급부(20)에 의하여 질소를 공급할 수도 있으며, 필요에 따라서는 진공펌프부(24)를 동작시키면서 내부 챔버(12)의 내부(14)에 질소를 공급할 수도 있다.
- [0051] 한편, 상기 질소공급부(20)는 가열 챔버(1,2,3)의 외측에 설치된 질소저장조(22), 상기 질소저장조(22)를 내부 챔버(12)의 내부(14) 또는 공급관(50)과 연결하는 질소공급관(21), 및 상기 질소공급관(21)의 중도에 설치되어 질소저장조(22)의 질소를 내부 챔버(12)로 공급하거나 차단하는 질소공급밸브(23)를 포함하여 구성된다.
- [0052] 또한, 상기 진공펌프부(24)는 진공관(23)을 통하여 내부 챔버(12)의 내부(14)와 연결되도록 구성된다.
- [0053] 한편, 상기 열이송관은 제1가열 챔버(1)와 제2가열 챔버(2)를 연통시키는 한 쌍의 제1열이송관(71,72), 제2가열 챔버(2)와 제3가열 챔버(3)를 연통시키는 한 쌍의 제2열이송관(81,82), 제3가열 챔버(3)와 제1가열 챔버(1)를 연통시키는 한 쌍의 제3열이송관(91,92)로 구성된다.
- [0054] 이때, 상기 열이송관(71,72,81,82,91,92)은 통상의 파이프 등을 이용하여 바람직하게 구현될 수 있으나, 후술하는 바와 같이 가열 챔버간의 열이송시 손실을 방지하기 위하여 외면이 단열처리되어 있는 것이 더욱 바람직하다.
- [0055] 또한, 상기 한 쌍의 열이송관은 각각 서로 연결되는 가열 챔버의 상부와 하부를 연결하도록 설치되는 것이 바람직한데, 이는 후술하는 바와 같이 가열 챔버 사이의 공기를 순환시키는 경우 대류 현상에 의하여 열이송(또는 열전달)이 원활하게 이루어지도록 하기 위함이다.
- [0056] 또한, 상기 순환 펌프부(70,80,90)는 제1열이송관(71,72)의 중도에 설치된 제1순환 펌프부(70), 제2열이송관(81,82)의 중도에 설치된 제2순환 펌프부(80), 및 제3열이송관(91,92)의 중도에 설치된 제3순환 펌프부(90)로 구성되며, 공기순환을 위한 통상의 순환펌프나 송풍팬 등을 이용하여 바람직하게 구현될 수 있다.
- [0057] 이와 같이 구성된 본 발명에 따른 폐열 순환형 바이오차 제조장치는 온도제어 또는 질소가스와 물/기능성약품의 공급 등이 사용자에게 의하여 직접 동작되는 수동식으로 구성될 수도 있으나, 본 실시예에서는 후술하는 바와 같이 사용의 편의를 위하여 제어부(100)의 제어신호에 의하여 동작되는 자동식으로 구성하였다.
- [0058] 이를 위하여 본 실시예에 따른 폐열 순환형 바이오차 제조장치는 사용자에게 의하여 동작 조건 등이 입력되는 입력부(110), 제1,2,3가열 챔버(1,2,3) 각각의 내부 챔버(12)의 내부 온도를 감지하기 위한 제1,2,3온도센서부(121,122,123), 동작시간을 측정하기 위한 타이머부(130), 및 메모리부(140)에 미리 저장된 제어알고리즘에 따라 상기 히터부(60), 질소공급부(20), 진공펌프부(24), 물공급부(30), 기능성약품 공급부(40), 산소공급부(45) 및 제1,2,3순환 펌프부(70,80,90)의 동작을 제어하는 제어부(100)를 더 포함하여 구성된다.
- [0059] 이하에서는 도4a 내지 도4c를 참조하여 상술한 바와 같이 구성된 본 실시예에 따른 폐열 순환형 바이오차 제조

장치를 이용한 바이오차의 제조방법에 관하여 상세히 설명하기로 한다.

- [0060] 본 실시예에서는 설명의 편의를 위하여 상기 제어부(100)가 제1가열 챔버(1)의 동작이 완료되면, 제2가열 챔버(2)를 동작시키고, 상기 제2가열 챔버(2)의 동작이 완료되면 제3가열 챔버(3)를 동작시키는 경우를 일례로서 설명한다.
- [0061] 또한, 본 발명의 상세한 설명 및 특허청구범위에서 특정 가열 챔버의 동작이 완료되었다는 것은 내부에 수용된 바이오매스에 열을 가하여 바이오차로 저속 열분해한 이후에 물을 공급하여 바이오차의 비표면적을 증가시키는 일련의 공정이 완료된 상태를 의미한다.
- [0062] 먼저, 제어부(100)는 입력부(110)를 통해 동작개시신호가 입력되면 질소공급부(20)의 동작을 제어하여 바이오매스가 수용된 제1가열 챔버(1)의 내부(14)에 질소를 공급하게 되는데(S10), 이 경우 상기 제어부(100)는 필요에 따라 진공펌프부(24)를 함께 동작시킬 수도 있다.
- [0063] 상기 S10 단계에 의하여 제1가열 챔버(1)의 내부(14)가 혐기성 상태로 유지되면, 제어부(100)는 히터부(60)를 동작시켜 상기 제1가열 챔버(1)의 내부(14)에 열을 공급하게 된다(S20).
- [0064] 또한, 상기 제어부(100)는 제1가열 챔버(1)가 미리 정해진 설정온도에 도달하도록 히터부(60)를 구동함으로써 상기 바이오매스를 바이오차로 열분해하게 되는데(S30), 이 경우 상기 제어부(100)는 제1가열 챔버(1)의 온도가 장시간에 걸쳐 서서히 설정온도에 도달하도록 하여 상기 바이오매스가 저속 열분해에 의하여 충분히 분해될 수 있도록 하는 것이 바람직하다.
- [0065] 이를 위하여 본 실시예에서는 일례로서 상기 설정온도를 600 내지 900℃로 설정하되, 상기 제1가열 챔버(1)의 내부 온도가 분당 수 내지 수십 ℃의 속도로 상승하도록 하여 3시간 내지 5시간에 걸쳐 상기 설정온도에 도달할 수 있도록 구성하였다.
- [0066] 한편, 본 실시예와 달리 생성되는 바이오차를 일반적인 토지개량제의 용도로 사용할 경우에는 상기 설정온도를 350 내지 600℃로 설정하는 것이 바람직하다.
- [0067] 상기 S30 단계가 완료되면, 상기 제어부(100)는 제1가열 챔버의 온도가 미리 설정된 상기 설정온도에 도달하였는지 여부를 판단하고(S40), 도달하지 않은 경우이면 S30 단계를 반복하여 전술한 방식으로 제1가열 챔버(1)의 가열 및 바이오매스의 저속 열분해가 이루어지도록 히터부(60)의 동작을 제어하게 된다.
- [0068] 반면에, 상기 S40 단계의 판단결과 제1가열 챔버(1)가 설정온도에 도달한 경우이면 제어부(100)는 이후 단계에서 제1가열 챔버(1)가 설정온도로 유지될 수 있도록 히터부(60)의 동작을 제어하게 된다(S50).
- [0069] 또한, 상기 S50 단계가 완료되면 제어부(100)는 바이오차의 표면에 물이 분사될 수 있도록 상기 물공급부(30)의 동작을 제어한다(S60).
- [0070] 이 경우 상기 공급되는 물은 노즐을 통해 분사되는 과정에서 제1가열 챔버(1)의 열에 의하여 기화되기 때문에 바이오차의 표면에는 거의 수증기의 형태로 분사되게 된다.
- [0071] 또한, 전술한 바와 같이 상기 물 분사에 의하여 생성된 바이오차는 비표면적이 크게 증가되는 물리적 활성화 과정을 거치게 된다.
- [0072] 또한, 본 실시예에서는 상기 물저장조(32)가 제1,2,3가열 챔버(1,2,3) 각각에 구비된 경우를 일례로서 설명하였으나, 필요에 따라서는 도5에 도시한 바와 같이 제1,2,3가열 챔버(1,2,3)에 공통으로 구비될 수도 있다.
- [0073] 이때, 상기 물공급관(31)은 외부 일측의 물저장조(32)와 연결되어 제1,2,3가열 챔버(1,2,3)의 내부를 순환하는 폐회로로 구성되며, 상기 물저장조(32)와의 연결부에는 각각 공급되는 물의 유동 방향을 제어하기 위한 삼방밸브(35)가 구비되는 것이 바람직하다.
- [0074] 상기 물저장부(30)가 상술한 바와 같이 구성될 경우 상기 제어부(100)는 동작중인 가열 챔버에 물을 공급하는 경우 이전 단계에서 동작된 가열 챔버의 내부를 경유하여 물이 공급되도록 상기 삼방밸브(35)의 동작을 제어할 수 있다.
- [0075] 이 경우 동작 중인 가열 챔버에 공급되는 물은 이전 단계에서 동작된 가열 챔버의 잔열에 의하여 수증기 상태로 기화되어 상기 노즐장치(51)를 통해 바이오차의 표면에 분사됨으로써 바이오차의 활성화도를 더욱 향상시키게 된다.
- [0076] 한편, 상기 S60 단계가 완료되면 제어부(100)는 바이오차의 표면에 기능성약품인 염화아연 용액이 분사될 수 있

도록 상기 기능성약품 공급부(40)의 동작을 제어하게 되는데(S65), 본 실시예의 경우 상기 제어부(100)는 전술한 [화학식 1]에 의한 바이오차의 화학적 활성화(즉, 인 흡착능 부여)가 이루어질 수 있도록 상기 산소공급부(45)의 동작을 제어하여 제1가열 챔버(1)에 제한적으로 공기(구체적으로는 산소)가 공급될 수 있도록 한다.

- [0077] 본 실시예에서는 상기 바이오차의 화학적 활성화 단계가 1 내지 2시간 동안 이루어지도록 구성하였는데, 이 경우 상기 제어부(100)는 질소가스의 공급을 차단하고 산소공급밸브(45b)를 제한적으로 개방하게 된다.
- [0078] 상술한 바와 같은 화학적 활성화 단계(즉, S65 단계)를 통하여 상기 바이오차의 표면은 화학적으로 활성화되어 인 흡착능을 구비한 면적이 증대됨으로써 추후 수처리용 여과재로도 활용될 수 있게 된다.
- [0079] 한편, 상기 S65 단계가 완료되면 제어부(100)는 히터부(60)의 동작을 정지시키고 제1가열 챔버의 동작제어를 종료하게 된다(S70).
- [0080] 또한, 상기 도4a의 흐름도에는 명확하게 나타내지는 않았으나, 상술한 방법에 의하여 바이오차의 제조가 완성되면 아세톤으로 1차, 0.1N의 묽은 염산으로 2차 및 증류수를 이용하여 각각 3차, 4차의 순으로 상기 인 흡착능이 부여된 바이오차를 세정하는 과정을 더 수행하는 것이 바람직하다.
- [0081] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명에 따른 폐열 순환형 바이오차 제조장치는 바이오매스를 열분해하여 얻은 바이오차의 표면에 물을 공급하여 바이오차의 비표면적을 증가시키는 물리적 활성화 단계를 거친 이후 상기 바이오차의 표면에 기능성약품을 추가적으로 공급함으로써 상기 바이오차에 용도에 필요한 기능성(본 실시예의 경우 수처리용 여과재에 필요한 인 흡착능)을 부여할 수 있는 장점이 있다.
- [0082] 한편, 상기 S70 단계가 완료되면 제어부(100)는 제2가열 챔버(2)를 동작시키게 되는데, 이 경우 제어부는 제2가열 챔버(2)를 동작시키기 이전에 제1,2가열 챔버(1,2) 사이의 내부 온도차가 설정값 이하가 될 때까지 상기 제1,2가열 챔버(1,2)를 연결하는 제1열이송관(71,72)에 설치된 제1순환 펌프부(70)를 동작시켜 제1가열 챔버(1) 내부의 폐열을 제2가열 챔버(2)에서 재활용할 수 있도록 한다.
- [0083] 이를 위하여, 상기 제어부(100)는 먼저 제2가열 챔버(2)의 내부에 질소를 공급한 후(S90), 제1,2온도 센서부(121,122)를 이용하여 상기 제1가열 챔버(1)와 제2가열 챔버(2)의 내부 온도를 측정하게 된다(S100).
- [0084] 상기 S100 단계가 완료되면, 제어부(100)는 제1,2가열 챔버(1,2) 사이의 내부 온도차가 설정값 이하인지 여부를 판단하고(S110), 설정값을 초과하는 경우이면 제1순환 펌프부(70)를 구동하여 제1,2가열 챔버(1,2) 사이에 공기 순환이 이루어지도록 함으로써 상기 제1가열 챔버(1)의 열에너지가 제2가열 챔버로 이송될 수 있도록 한 후 상기 S100 단계를 반복한다(S115).
- [0085] 이때, 상기 설정값은 제1,2가열 챔버(1,2)가 열평형에 도달하였다고 판단할 수 있을 정도의 값으로 설정되는 것이 바람직하다.
- [0086] 반면에, 상기 S110 단계의 판단결과 제1,2가열 챔버(1,2) 사이의 내부 온도차가 설정값 이하인 경우이면 상기 제어부(100)는 제1,2가열 챔버(1,2)가 열평형에 도달하였다고 판단하여 제1순환 펌프부(70)의 구동을 정지시키고 히터부(60)를 구동하면서 전술한 S20 단계 내지 S70 단계에서 설명한 바와 동일한 방식에 의하여 S120 단계 내지 S170 단계를 수행하게 되는데, 이에 대한 중복된 설명은 생략하기로 한다.
- [0087] 상기와 같은 구성에 의하여 상기 제2가열 챔버(2)는 제1가열 챔버(1)의 폐열과 히터부(60)에서 공급되는 열에너지를 이용하여 내부에 수용된 바이오매스를 바이오차로 열분해하는 방식이기 때문에, 본 발명에 따른 폐열 순환형 바이오차 제조장치는 제1,2가열 챔버(1,2)를 독립적으로 동작시키는 경우와 대비할 때 폐열 재활용으로 인한 현저한 에너지 저감 효과를 얻을 수 있는 장점이 있다.
- [0088] 이때, 상기 제1순환 펌프부(70)의 동작은 전술한 바와 같이 저속 열분해를 위한 온도 상승율을 유지할 수 있을 정도로 순환되는 공기 유량을 조절하도록 제어되는 것이 더욱 바람직하다.
- [0089] 한편, 상기 S170 단계가 완료되면 제어부(100)는 제3가열 챔버(3)를 동작시키게 되는데, 이 경우 제어부(100)는 제3가열 챔버(3)를 동작시키기 이전에 제1,3가열 챔버(1,3) 사이의 내부 온도차가 상기 설정값 이하가 될 때까지 상기 제1,3가열 챔버(1,3)를 연결하는 제3열이송관(91,92)에 설치된 제3순환 펌프부(90)를 동작시켜 제1가열 챔버(1) 내부의 잔여 폐열을 제3가열 챔버(3)에서 재활용할 수 있도록 한다.
- [0090] 또한, 이와 같이 제1가열 챔버(1) 내부의 잔여 폐열의 재활용이 완료되면 제어부(100)는 제2,3가열 챔버(2,3)

사이의 내부 온도차가 상기 설정값 이하가 될 때까지 상기 제2,3가열 챔버(2,3)를 연결하는 제2열이송관(81,82)에 설치된 제2순환 펌프부(80)를 동작시켜 제2가열 챔버(2) 내부의 폐열을 제3가열 챔버(3)에서 재활용할 수 있도록 한다.

[0091] 이를 위하여, 상기 제어부(100)는 먼저 제3가열 챔버(3)의 내부에 질소를 공급한 후(S190), 제1,3온도 센서부(121,123)를 이용하여 상기 제1가열 챔버(1)와 제3가열 챔버(3)의 내부 온도를 측정하게 된다(S200).

[0092] 상기 S200 단계가 완료되면, 제어부(100)는 제1,3가열 챔버(1,3) 사이의 내부 온도차가 설정값 이하인지 여부를 판단하고(S210), 설정값을 초과하는 경우이면 제3순환 펌프부(90)를 구동하여 제1,3가열 챔버(1,3) 사이에 공기 순환이 이루어지도록 함으로써 상기 제1가열 챔버(1)의 잔여 열에너지가 제3가열 챔버(3)로 이송될 수 있도록 한 후 상기 S200 단계를 반복한다(S215).

[0093] 반면에, 상기 S210 단계의 판단결과 제1,3가열 챔버(1,3) 사이의 내부 온도차가 설정값 이하인 경우이면 상기 제어부(100)는 제1,3가열 챔버(1,3)가 열평형에 도달하였다고 판단하여 제3순환 펌프부(90)의 구동을 정지시키고, 제2,3온도 센서부(122,123)를 이용하여 상기 제2가열 챔버(2)와 제3가열 챔버(3)의 내부 온도를 측정하게 된다(S220).

[0094] 상기 S220 단계가 완료되면, 제어부(100)는 제2,3가열 챔버(2,3) 사이의 내부 온도차가 설정값 이하인지 여부를 판단하고(S230), 설정값을 초과하는 경우이면 제2순환 펌프부(80)를 구동하여 제2,3가열 챔버(2,3) 사이에 공기 순환이 이루어지도록 함으로써 상기 제2가열 챔버(2)의 열에너지가 제3가열 챔버(3)로 이송될 수 있도록 한 후 상기 S220 단계를 반복한다(S235).

[0095] 반면에, 상기 S230 단계의 판단결과 제2,3가열 챔버(2,3) 사이의 내부 온도차가 설정값 이하인 경우이면 상기 제어부(100)는 제2,3가열 챔버(2,3)가 열평형에 도달하였다고 판단하여 제2순환 펌프부(80)의 구동을 정지시키고 히터부(60)를 구동하면서 전술한 S20 단계 내지 S70 단계에서 설명한 바와 동일한 방식에 의하여 S240 단계 내지 S290 단계를 수행하게 되는데, 이에 대한 중복된 설명은 생략하기로 한다.

[0096] 상기와 같은 구성에 의하여 상기 제3가열 챔버(3)는 제1가열 챔버(1)의 폐열, 제2가열 챔버(2)의 폐열, 및 히터부(60)에서 공급되는 열에너지를 순차적으로 이용하여 내부에 수용된 바이오매스를 바이오차로 열분해하는 방식이기 때문에, 본 발명에 따른 폐열 순환형 바이오차 제조장치는 제1,2,3가열 챔버(1,2,3)를 독립적으로 동작시키는 경우와 대비할 때 폐열 재활용으로 인한 현저한 에너지 저감 효과를 얻을 수 있는 장점이 있다.

[0097] 이때, 상기 제2순환 펌프부 및 제3순환 펌프부(80,90)의 동작은 전술한 바와 같이 지속 열분해를 위한 온도 상승율을 유지할 수 있을 정도로 순환되는 공기 유량을 조절하도록 제어되는 것이 더욱 바람직하다.

[0098] 또한, 본 실시예에서는 가열 챔버 사이의 내부 온도차를 이용하여 폐열 활용여부를 판단하도록 구성하였으나, 필요에 따라서는 폐열을 활용하는 가열 챔버의 시간에 따른 내부 온도 상승율을 이용하여 폐열 활용 여부를 판단하도록 구성될 수도 있다.

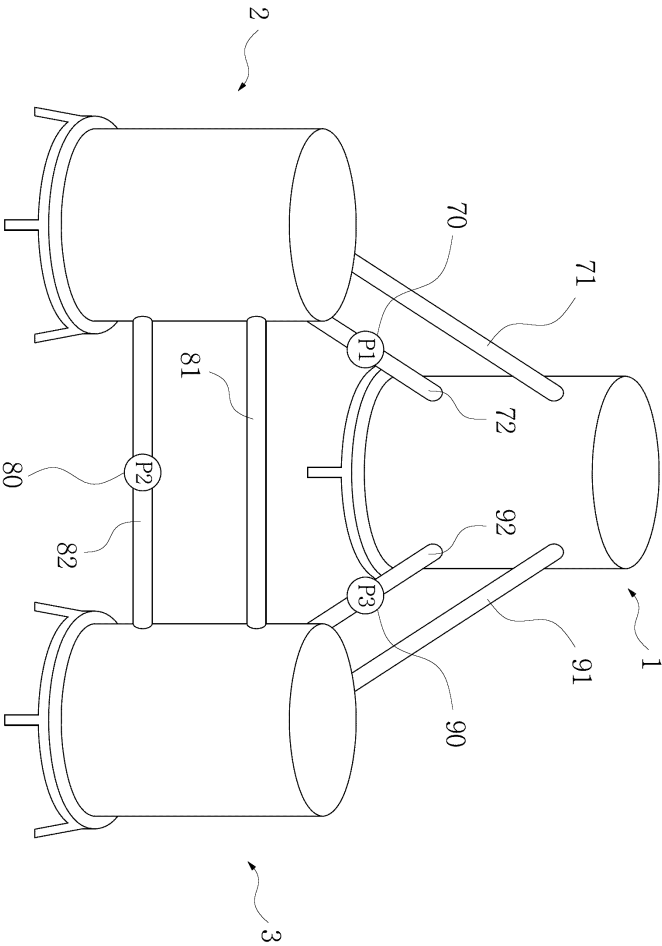
[0099] 이상에서 상세히 설명한 바와 같이 본 발명에 따른 폐열 순환형 바이오차 제조장치는 열분해에 의해 바이오차를 제조하는 복수의 가열 챔버를 열이송관에 의해 서로 연통되도록 연결하고, 이들 중 동작중인 제1가열 챔버의 동작이 완료되면 상기 제1가열 챔버와 연결된 가열 챔버 중 어느 하나인 제2가열 챔버를 순차적으로 동작시키되, 상기 제2가열 챔버를 동작시키기 이전에 제1가열 챔버 내부의 열에너지를 제2가열 챔버 내부로 순환시키도록 구성되기 때문에 제1가열 챔버에 바이오차를 제조하기 위해 공급된 열에너지와 상기 열분해과정에서 제1가열 챔버 내부에 발생된 반응열 에너지를 제2가열 챔버에서 재활용함으로써 바이오차의 제조에 소비되는 에너지를 최소화할 수 있는 장점이 있다.

부호의 설명

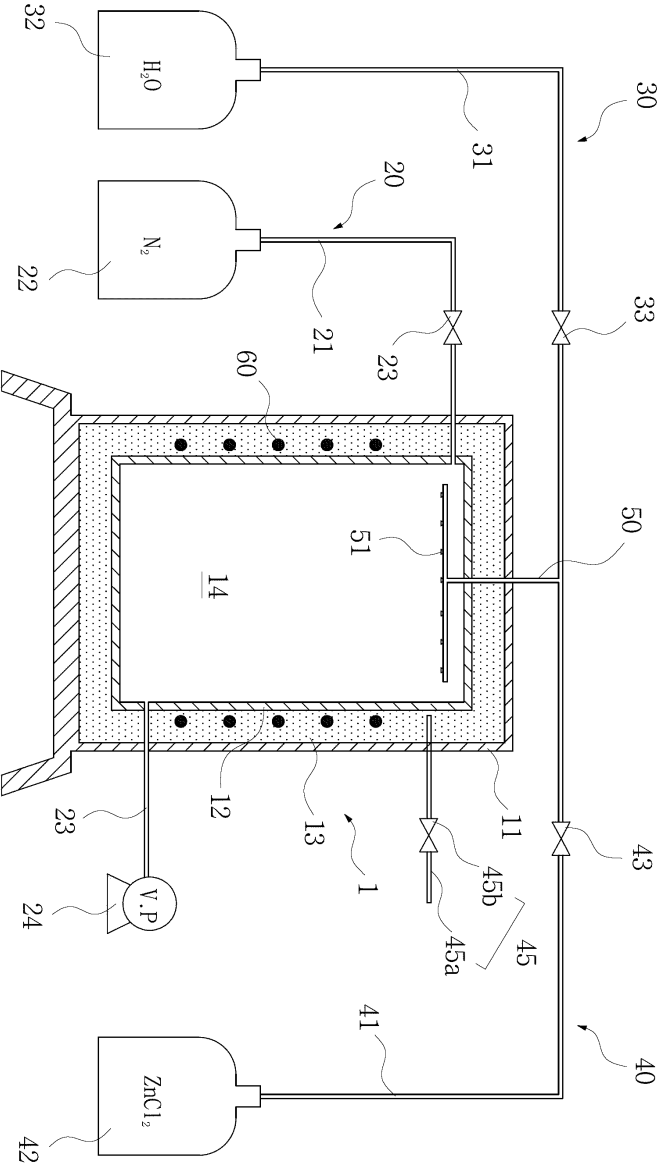
[0100] 1,2,3 : 제1,2,3가열 챔버 20 : 질소공급부
30 : 물공급부 40 : 기능성약품 공급부
60 : 히터부 70,80,90 : 제1,2,3순환 펌프부
100 : 제어부

도면

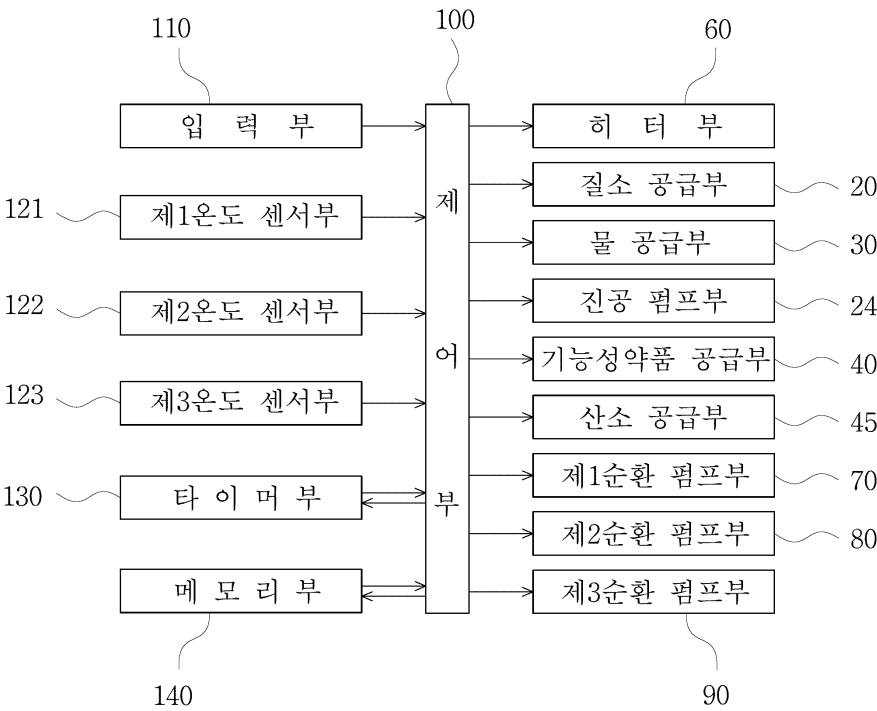
도면1



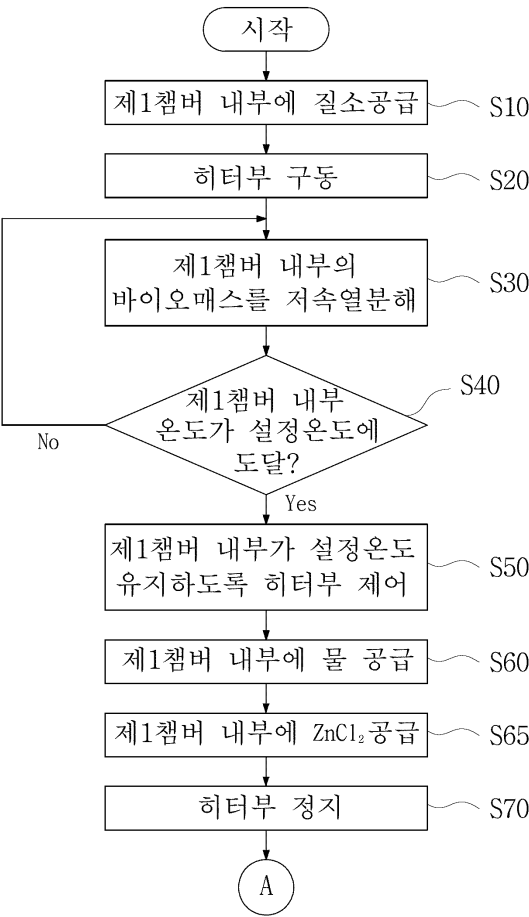
도면2



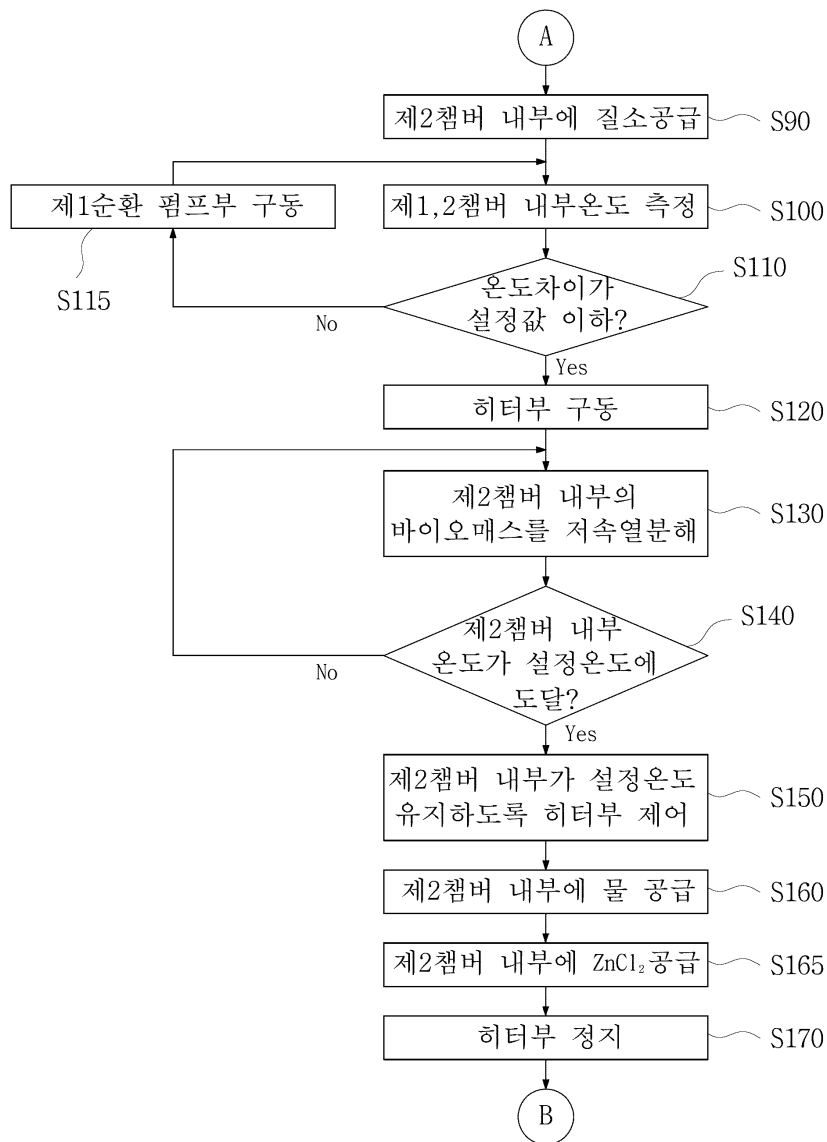
도면3



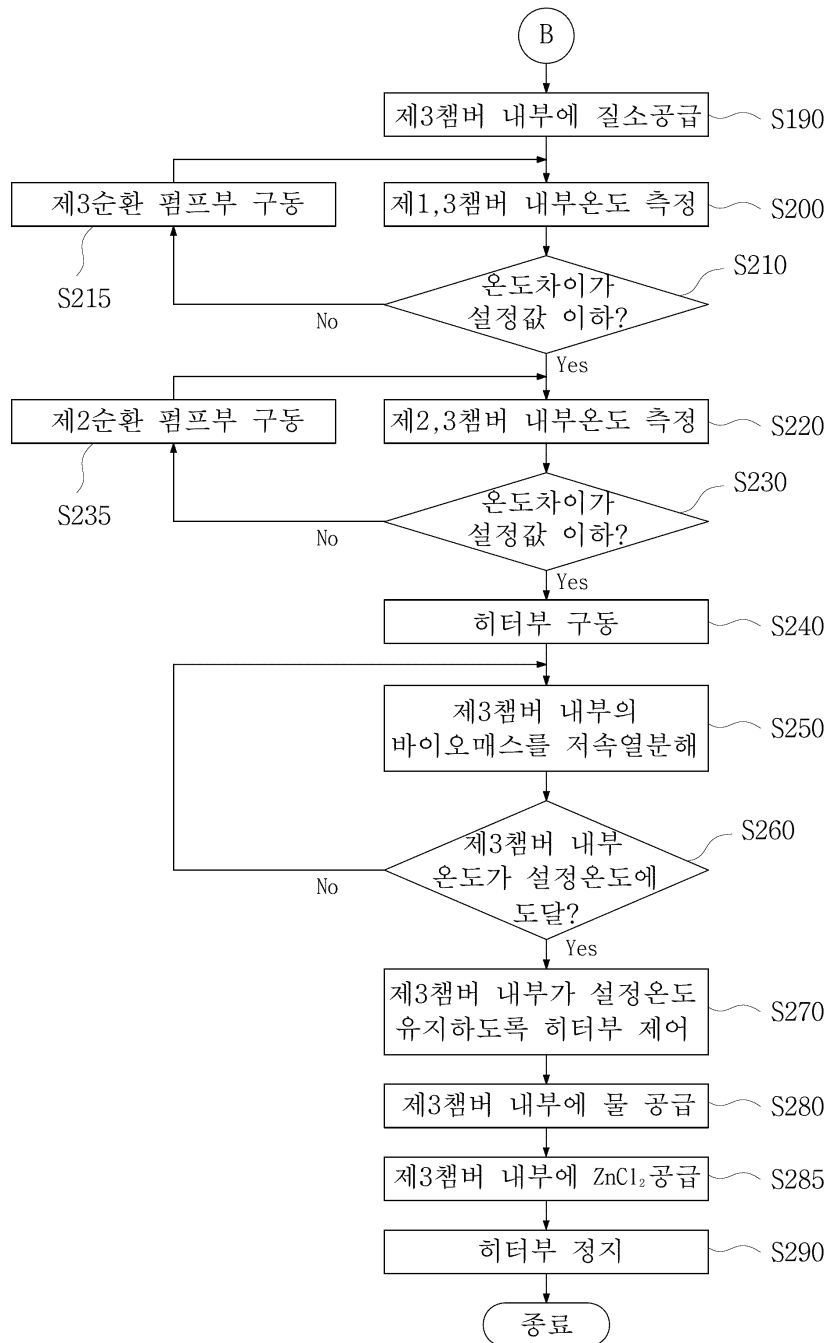
도면4a



도면4b



도면4c



도면5

