



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0130320
(43) 공개일자 2022년09월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C10J 3/72 (2006.01)

(52) CPC특허분류
C10J 3/721 (2013.01)
C10J 3/723 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0035020
(22) 출원일자 2021년03월18일
심사청구일자 2021년03월18일

(71) 출원인
한국에너지기술연구원
대전광역시 유성구 가정로 152(장동)

(72) 발명자
정현
대전광역시 유성구 엑스포로339번길 320, 5동 402호

라호원
대전광역시 유성구 배울2로 6, 108동 1201호
(뒷면에 계속)

(74) 대리인
특허법인 플러스

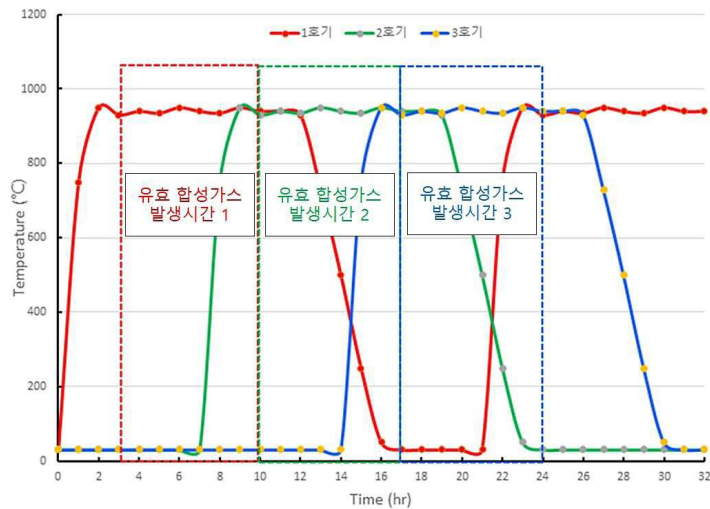
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 폐기물 열분해 가스화 장치 및 이를 포함하는 에너지 시스템

(57) 요약

본 발명은 폐기물 열분해 장치와 이를 포함하는 에너지 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 다수개의 가스화기를 교호 운전하여 안정적으로 고 발열량의 유효 합성가스를 획득할 수 있으며, 이를 이용하여 지속적인 발전이 가능한 장치 및 시스템에 관한 것이다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

- C10J 2300/0946 (2013.01)
- C10J 2300/0959 (2013.01)
- C10J 2300/0976 (2013.01)
- C10J 2300/1606 (2013.01)
- C10J 2300/164 (2013.01)
- C10J 2300/165 (2013.01)
- C10J 2300/1671 (2013.01)
- C10J 2300/1687 (2013.01)

이호태

대전광역시 유성구 덕명로 26(덕명동, 운암네오미
아아파트), 105-1001

(72) 발명자

서명원

경기도 성남시 중원구 여수울로29번길 14(여수동),
3층

윤성민

세종특별자치시 남세종로 503(보람동, 호려울마을
1단지), 108동 1104호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711122909
과제번호	NP2016-0035
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	국가과학기술연구회
연구사업명	창의형융합연구사업
연구과제명	무연탄을 포함한 석탄자원 이용 독립형 에너지 생산 플랜트 개발
기여율	1/1
과제수행기관명	한국에너지기술연구원
연구기간	2016.07.01 ~ 2021.06.30

명세서

청구범위

청구항 1

내부에 투입되는 폐기물을 열분해 가스화시키는 가스화로와, 상기 가스화로 내부로 상기 폐기물의 열분해에 필요한 가스를 공급하는 가스 공급부와, 상기 소각로 내에서 발생한 합성가스가 배출되는 가스 배출구를 포함하는 가스화기;를 포함하고,

상기 가스화기가 다수개 구비되며, 각 가스화기가 순차적으로 교호 운전되는 것을 특징으로 하는, 폐기물 열분해 가스화 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 다수개의 가스화기 중 어느 하나의 가스화기에서 상기 폐기물의 열분해가 종료되는 시점으로부터 기설정된 시간 이전에, 다른 하나의 가스화기에서 상기 폐기물의 열분해가 시작되고,

상기 다른 하나의 가스화기에서 상기 폐기물의 열분해가 종료되는 시점으로부터 기설정된 시간 이전에, 또 다른 하나의 가스화기에서 상기 폐기물의 열분해가 시작되는 것이 반복되는 것을 특징으로 하는, 폐기물 열분해 가스화 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 각 가스화기에서의 상기 폐기물의 열분해시간은 12 내지 16시간이고,

상기 기설정된 시간은 4시간 이상인 것을 특징으로 하는, 폐기물 열분해 가스화 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 가스 공급부는, 농축산소를 공급 가능한 것을 특징으로 하는, 폐기물 열분해 가스화 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 가스 공급부가 공급하는 농축산소는,

산소 농도가 50% 이상, 바람직하게는 70% 이상, 더 바람직하게는 90% 이상인 것을 특징으로 하는, 폐기물 열분해 가스화 장치.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 가스 공급부는,

상기 각 가스화의 열분해시간 내 초기에는 일반 공기를 공급하고, 중기에는 상기 농축산소를 공급하며, 후기에는 다시 일반 공기를 공급하는 것을 특징으로 하는, 폐기물 열분해 가스화 장치.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 각 가스화기는, 스팀을 공급하는 스팀 공급부를 더 포함하고,

상기 스팀 공급부는 상기 가스 공급부의 배관과 연결되며, 상기 배관을 통해 상기 가스 공급부가 공급하는 농축산소와 상기 스팀 공급부가 공급하는 스팀이 혼합되어 상기 소각로에 공급되는 것을 특징으로 하는, 폐기물 열분해 가스화 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 소각로에 공급되는 폐기물은,

상기 소각로에 투입되기 이전에 건조 내지 분류와 같은 전처리 과정을 거치지 않고 상기 소각로에 그대로 투입되는 것을 특징으로 하는, 폐기물 열분해 가스화 장치.

청구항 9

제1항에 따른 폐기물 열분해 가스화 장치; 및

상기 장치로부터 생성되는 가스 및 오염물질을 정제하는 정제장치;를 포함하며,

상기 각 가스화기에서는, 상기 폐기물의 열분해 시간 내 초기와 후기에는 저 발열량 가스가 생성되고, 중기에는 유효 합성가스가 생성되는, 에너지 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 다수개의 가스화기 중 상기 유효 합성가스를 생성하는 가스화기를 이용하여, 기름 또는 전기를 생산하는 제1 운전 모드를 수행하고,

상기 유효 합성가스를 생성하는 가스화기를 제외한 나머지 가스화기 중 적어도 하나를 이용하여, 배가스를 연소시키고 스팀을 생산하는 제2 운전모드를 수행하는 것을 특징으로 하는, 에너지 시스템.

청구항 11

제10항에 있어서,

FT 반응기;를 더 포함하고,

상기 정제장치를 통해 정제된 유효 합성가스를 이용하여, 상기 FT 반응기를 통해 기름을 생산하고, 미반응 가스를 이용하여 전기를 생산하는 에너지 시스템.

청구항 12

제10항에 있어서,

가스엔진;을 더 포함하고,

상기 정제장치를 통해 정제된 유효 합성가스를 이용하여, 상기 가스엔진을 통해 전기를 생산하는, 에너지 시스템.

청구항 13

제10항에 있어서,

리포머(Reformer); 또는 WGS 반응기;를 더 포함하고,

상기 정제장치를 통해 정제된 유효 합성가스를 이용하여, 상기 리포머 또는 WGS 반응기를 통해 수소를 생산하는, 에너지 시스템.

청구항 14

제13항에 있어서,

연료전지;를 더 포함하고,

상기 리포머 또는 WGS 반응기를 통해 생산된 수소를 이용하여, 상기 연료전지를 통해 전기를 생산하는, 에너지 시스템.

청구항 15

제10항에 있어서,

배가스 연소장치; 및 스팀생산기;를 더 포함하고,

상기 나머지 가스화기 중 적어도 하나에서 생성되는 상기 저 발열량 가스를 이용하여 상기 배가스 연소장치에서 배가스를 연소시키고, 상기 스팀생산기를 통해 스팀을 생산하는, 에너지 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 폐기물 열분해 가스화 장치와 이를 포함하는 에너지 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 다수 개의 가스화기를 교호 운전하여 안정적으로 고 발열량의 유효 합성가스를 획득할 수 있으며, 이를 이용하여 지속적인 발전이 가능한 장치 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 들어 사회가 급격한 산업화와 도시화 양상을 보임에 따라 폐기물의 발생량 또한 크게 늘고 있으며, 이 중에서도 처리가 곤란한 합성수지류를 비롯해서 인체에 유해한 화학합성 물질의 난분해성 폐기물 발생량은 매년 급격한 증가 추세를 보이고 있다. 이에 따라 폐기물 처리시 발생하는 각종 오염물질로 인한 대기, 수질, 토양 등의 환경오염에 많은 우려를 나타내고 있는데, 특히 폐기물의 소각 시 발생하는 대기오염 공해배출가스 예컨대, 다이옥신 등을 억제하기 위한 많은 노력이 뒤따르고 있다.

[0003] 특히, 기존의 소각에 의한 폐기물 처리방식은 모두 폐기물에 직접적인 불을 가해 소각시키는 직화 방식이며, 때문에 폐기물의 적재량, 밀도, 수분 함유량, 소각로 크기, 가열온도 등의 여러 요인으로 인해 폐기물의 완전 연소가 실질적으로 불가능하다. 그 결과 그을음과 먼지를 비롯한 대기오염 공해배출가스의 억제에 한계를 나타낸다.

[0004] 소각의 대안으로 가스화기가 제안되고 있으나, 이러한 가스화기는 두가지의 단점을 갖고 있다. 첫째는 공기를 사용하기 때문에 생성되는 가스에는 수소와 일산화 탄소가 30% 이하로 포함되어 있어 열 이외의 다른 고부가가

치의 제품을 생산하는데 어려움이 있다. 들제는 연속식으로 가동하기 때문에 폐기물의 전처리가 필수이며, 이로 인해 가동의 안정성이 떨어져 전세계적으로 5년 이상 가동 중인 폐기물 가스화 설비는 거의 없으며, 가스화기 전단에 설치하는 전처리 설비로 인해 초기 투자비가 많이 들고, 전체 공정의 경제성을 떨어뜨리는 요인이 된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국 등록특허공보 제1728995호(2017.04.14.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 폐기물 열분해 가스화 장치에 공기 대신 산소와 스팀을 공급함으로써 유효 합성가스 성분 중 수소와 일산화탄소의 비율을 높여 고품질의 가스를 생산할 수 있는 장치를 제공하는 것에 목적이 있다.

[0007] 또한, 다수개의 회분식 가스화기를 교호 운전하여 안정적으로 고 발열량의 유효 합성가스를 획득할 수 있으며, 이를 이용하여 지속적으로 수소의 제조 및 발전이 가능한 장치 및 시스템을 제공하는 것에 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 예에 따른 폐기물 열분해 가스화 장치는, 내부에 투입되는 폐기물을 열분해 가스화시키는 가스화로와, 상기 가스화로 내부로 상기 폐기물의 열분해에 필요한 가스를 공급하는 가스 공급부와, 상기 소각로 내에서 발생한 합성가스가 배출되는 가스 배출구를 포함하는 가스화기;를 포함하고, 상기 가스화기가 다수개 구비되며, 각 가스화기가 순차적으로 교호 운전될 수 있다.

[0009] 상기 다수개의 가스화기 중 어느 하나의 가스화기에서 상기 폐기물의 열분해가 종료되는 시점으로부터 기설정된 시간 이전에, 다른 하나의 가스화기에서 상기 폐기물의 열분해가 시작되고, 상기 다른 하나의 가스화기에서 상기 폐기물의 열분해가 종료되는 시점으로부터 기설정된 시간 이전에, 또 다른 하나의 가스화기에서 상기 폐기물의 열분해가 시작되는 것이 반복될 수 있다.

[0010] 상기 각 가스화기에서의 상기 폐기물의 열분해시간은 12 내지 16시간이고,

[0011] 상기 기설정된 시간은 4시간 이상일 수 있다.

[0012] 상기 가스 공급부는, 농축산소를 공급 가능할 수 있다.

[0013] 상기 가스 공급부가 공급하는 농축산소는, 산소 농도가 50% 이상, 바람직하게는 70% 이상, 더 바람직하게는 90% 이상일 수 있다.

[0014] 상기 가스 공급부는, 상기 각 가스화의 열분해시간 내 초기에는 일반 공기를 공급하고, 중기에는 상기 농축산소를 공급하며, 후기에는 다시 일반 공기를 공급할 수 있다.

[0015] 상기 각 가스화기는, 스팀을 공급하는 스팀 공급부를 더 포함하고, 상기 스팀 공급부는 상기 가스 공급부의 배관과 연결되며, 상기 배관을 통해 상기 가스 공급부가 공급하는 농축산소와 상기 스팀 공급부가 공급하는 스팀이 혼합되어 상기 소각로에 공급될 수 있다.

[0016] 상기 소각로에 공급되는 폐기물은, 상기 소각로에 투입되기 이전에 건조 내지 분류와 같은 전처리 과정을 거치지 않고 상기 소각로에 그대로 투입될 수 있다.

[0017] 본 발명의 다른 양태에 따른 에너지 시스템은, 상술한 폐기물 열분해 가스화 장치; 상기 장치로부터 생성되는 가스 및 오염물질을 정제하는 정제장치;를 포함하며, 상기 각 가스화기에서는, 상기 폐기물의 열분해 시간 내 초기와 후기에는 저 발열량 가스가 생성되고, 중기에는 유효 합성가스가 생성될 수 있다.

[0018] 상기 다수개의 가스화기 중 상기 유효 합성가스를 생성하는 가스화기를 이용하여, 기름 또는 전기를 생산하는 제1 운전 모드를 수행하고, 상기 유효 합성가스를 생성하는 가스화기를 제외한 나머지 가스화기 중 적어도 하나

를 이용하여, 배가스를 연소시키고 스팀을 생산하는 제2 운전모드를 수행할 수 있다.

- [0019] FT 반응기;를 더 포함하고, 상기 정제장치를 통해 정제된 유효 합성가스를 이용하여, 상기 FT 반응기를 통해 기체를 생산하고, 미반응 가스를 이용하여 전기를 생산할 수 있다.
- [0020] 가스엔진;을 더 포함하고, 상기 정제장치를 통해 정제된 유효 합성가스를 이용하여, 상기 가스엔진을 통해 전기를 생산할 수 있다.
- [0021] 리포머(Reformer); 또는 WGS 반응기;를 더 포함하고, 상기 정제장치를 통해 정제된 유효 합성가스를 이용하여, 상기 리포머 또는 WGS 반응기를 통해 수소를 생산할 수 있다.
- [0022] 연료전지;를 더 포함하고, 상기 리포머 또는 WGS 반응기를 통해 생산된 수소를 이용하여, 상기 연료전지를 통해 전기를 생산할 수 있다.
- [0023] 배가스 연소장치; 및 스팀생산기;를 더 포함하고, 상기 나머지 가스화기 중 적어도 하나에서 생성되는 상기 저발열량 가스를 이용하여 상기 배가스 연소장치에서 배가스를 연소시키고, 상기 스팀생산기를 통해 스팀을 생산할 수 있다.

발명의 효과

- [0024] 본 발명에 의하면, 폐기물 열분해 가스화 장치에 공기 대신 산소와 스팀을 공급함으로써 유효 합성가스 성분 중 수소와 일산화탄소의 비율을 높여 고품질의 가스를 생산할 수 있다.
- [0025] 또한, 다수개의 가스화기를 교호 운전하여 안정적으로 고 발열량의 유효 합성가스를 획득할 수 있으며, 이를 이용하여 지속적으로 합성연료, 수소의 제조 및 발전이 가능할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 본 발명의 일 예에 따른 폐기물 열분해 가스화 장치의 모식도이다.
- 도 2는 하나의 가스화기를 나타낸 것이다.
- 도 3은 하나의 가스화기의 내부의 온도를 시간별로 나타낸 것이다.
- 도 4는 각 가스화기의 온도를 시간별로 나타낸 것이다.
- 도 5, 6은 본 발명의 일 예에 따른 에너지 시스템의 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 대해 설명하도록 한다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 일 예에 따른 폐기물 열분해 가스화 장치의 모식도로서, 도시된 바와 같이 본 장치(10)는, 다수개의 가스화기(100)와, 각 가스화기(100)들을 제어하기 위한 제어부(200)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0029] 도 2는 도1에서 하나의 가스화기를 나타낸 것으로서, 각 가스화기(100)는, 내부에 유입되는 폐기물(W)을 열분해 가스화 시키는 가스화로(110)와, 가스화로 내부로 폐기물의 열분해 가스화에 필요한 공기 또는 산소와 스팀을 공급하는 가스 공급부(120)와, 가스화로(110) 내에서 발생한 합성가스가 배출되는 가스 배출구(130)를 포함할 수 있다. 또한, 폐기물을 이송하여 가스화로(110) 내에 투입시키는 폐기물 이송 및 투입부(115)와, 가스화로(110)에 투입된 폐기물을 착화시키기 위한 착화부(190) 등을 더 포함할 수 있다.
- [0030] 각 가스화기의 운전 내지 가동 순서는 크게, 1) 가스화로로의 폐기물 투입, 2) 폐기물 열분해(착화, 가열, 연소) 및 가스화, 3) 가스화로 냉각 및 회재 배출, 및 4) 가스화로로의 폐기물 재투입 및 대기 단계로 나눌 수 있다. 본 발명에서 폐기물 열분해 가스화라 함은 폐기물의 착화부터 가열 및 연소를 마친 후 폐기물의 냉각까지를 포함하는 개념으로 사용될 수 있다.
- [0031] 폐기물 열분해 가스화에 대해 보다 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0032] 폐기물에 공기를 공급하면서 열을 가해주면 가연성 물질이 공기 중 산소와 만나 연소하여 이산화 탄소와 열을 발생하게 된다. 이 과정이 외부의 추가적인 열공급이 없이 자체의 열로 연소가 지속적으로 이루어지면 이것을 소각이라고 정의한다. 소각은 가연성 물질이 완전히 연소되도록 하며, 이때 발생한 열로 스팀을 생산할 수 있도록 후단에 보일러를 설치기도 한다. 소각의 반응식은 다음과 같다.

- [0033] $C + O_2 \rightarrow CO_2 + \text{heat}$
- [0034] $2H + 1/2 O_2 \rightarrow H_2O + \text{heat}$
- [0035] 폐기물 가스화는 초기에는 소각과 동일하게 충분한 공기와 열을 공급하여 점화를 하지만, 온도가 어느정도 올라가면 점차적으로 공기의 양을 줄이면서 가연성 물질이 불완전 연소하여 일산화탄소와 수소를 생산할 수 있도록 하며, 이때 온도 유지를 위해 일부는 소각 반응이 일어나도록 한다. 가스화의 반응식은 다음과 같다.
- [0036] $C + O_2 \rightarrow CO_2 + \text{heat}$
- [0037] $C + 1/2 O_2 \rightarrow CO + \text{heat}$
- [0038] $H_2O + C + \text{heat} \rightarrow CO + H_2$
- [0039] $CO + H_2O + \text{heat} \rightarrow CO_2 + H_2$
- [0040] 폐기물의 열분해는 숯을 제조하는 방식과 같이 폐기물에 포함된 고체상의 가연성물질이 외부에서 공급한 열을 통해 분해되어 일산화탄소 및 수소 등의 가스와 액체상의 오일, 그리고 숯과 같은 고형의 탄소물질(char)로 배출된다. 열분해 반응식은 다음과 같다.
- [0041] $(\text{가연성폐기물}) + \text{heat} \rightarrow CO + CO_2 + H_2 + (\text{pyrolysis oil}) + (\text{Char})$
- [0042] 국내에서 가동 중인 폐기물 가스화 설비는 대부분이 가스화와 열분해를 병행하는 장치로 볼 수 있으며, 열분해유(pyrolysis oil)와 가스를 연소시켜 발생열을 이용하고 있다. 그러나 국내에서 안정적으로 가동 중인 가스화 장치(열분해 장치 포함)는 연속식이 아닌 회분식(batch type)으로 운전되고 있으며, 회분식 가스화기를 3~5대를 설치하여 돌아가면서 운전함으로써 후단의 보일러가 연속적으로 가동하도록 운전을 하고 있다.
- [0043] 본 발명에 대해 계속하여 설명하면, 본 발명은 1) 가스화로로 폐기물을 투입할 시 폐기물이 가스화로에 투입되기 이전에 건조 내지 분류와 같은 전처리 과정을 거치지 않고 원형 그대로 가스화로에 직접 투입될 수 있으며, 폐기물은 SRF, TDF, WCF, 의료폐기물, 산업폐기물, 플라스틱 폐기물 등 다양한 폐기물을 의미할 수 있다.
- [0044] 가스화로에 폐기물이 투입된 이후, 2) 각 가스화기의 가스화로에서 폐기물이 열분해 됨에 따라 가스가 생성되게 되는데, 이때 생성되는 가스는 열분해 시점에 따라 조성이 변화되어 생성되는 가스의 품질이 일정하게 유지되지 않는다.
- [0045] 도 3은 하나의 가스화기의 내부의 온도를 시간별로 나타낸 것으로, 생성되는 가스의 발열량은 가스화기 내부의 온도와 밀접한 관계를 가지고 있다. 도시된 바와 같이 열분해가 시작되는 초기 구간에서는 폐기물 내의 수분이 증발하면서 서서히 온도가 상승하며 가스화 반응이 시작이 되고, 열분해 중간구간에서는 장치 내부의 온도가 안정화되면서 가연성 물질이 분해되어 폐기물의 열분해와 가스화 반응이 일어난다. 이때 발열량이 높은 가스가 발생한다. 열분해가 완료되는 후기 구간에서는 가연성 물질이 소진되면서 가스화 대신 연소반응이 일어나기 때문에 이산화탄소의 발생량이 높아져 저 발열량의 가스가 생성된다. 도시된 바와 같이 초기 구간은 가스화기 가동 후 2~3시간 정도에 해당하고, 후기 구간은 종료 전 2~3시간 정도에 해당할 수 있으며, 이때 후기 구간이 폐기물의 연소를 마친 이후 공기만을 주입하여 폐기물을 냉각시키는 냉각 단계에 해당할 수 있다.
- [0046] 각 구간에서 가스의 조성을 살펴보면, 초기와 후기에는 수분과 이산화 탄소의 함량이 높은 가스가 생성되며, 중기에는 수소와 일산화 탄소, 그리고 탄소수 1~4개의 탄화수소 가스가 생성된다. 이와 같이 가스화기 열분해 시간 전체 중 중기에서는 일정한 품질의 고 발열량의 유효 합성가스가 생성되는 반면, 초기와 후기에서는 저 발열량 가스가 발생되어, 하나의 가스화기를 통해서 일정한 품질의 가스를 생성하는 것에 한계가 있다.
- [0047] 이러한 문제를 해결하기 위해, 본 발명의 장치(10)는 가스화기(100)가 다수개 구비되며, 각 가스화기(100)가 순차적으로 교호 운전될 수 있다. 예를 들어, 도 1에 도시된 바와 같이 열분해 장치(10)가 제1, 제2, 제3 가스화기(100-1, 100-2, 100-3)로서 총 3개의 가스화기로 이루어지는 경우, 제1 가스화기(100-1)가 운전을 시작하고, 이후 제2 가스화기(100-2)가 운전을 시작하고, 이후 제3 가스화기(100-3)가 운전을 시작하며, 이후, 운전이 완료되어 정지한 상태로 대기 중인 제1 가스화기(100-1)가 다시 운전을 시작하는 방식으로, 가스화기들의 회분식 교호 운전이 지속적으로 반복될 수 있다.
- [0048] 이때, 본 발명의 장치(10)는, 다수개의 가스화기 중 어느 하나의 가스화기의 열분해가 종료되는 시점으로부터 기 설정된 시간 이전에 다른 하나의 가스화기에서 폐기물의 열분해가 시작되고, 다른 하나의 가스화기의 열분해가 종료되는 시점으로부터 기 설정된 시간 이전에 또 다른 하나의 가스화기에서 폐기물의 열분해가 시작되는 것

이 반복될 수 있다.

- [0049] 앞의 예를 통해 설명하면, 제1 가스화기(100-1)의 열분해가 종료되는 시점으로부터 약 6시간 전에 제2 가스화기(100-2)에서 열분해가 시작될 수 있으며, 제2 가스화기(100-2)에서 열분해가 시작된지 6시간 이후에는 제1 가스화기(100-1)는 열분해 및 가동이 종료되고 제2 가스화기(100-2)만이 가동중인 상태에 있을 수 있다. 이후 제2 가스화기(100-2)의 열분해가 종료되는 시점으로부터 약 6시간 전에 제3 가스화기(100-3)에서 열분해가 시작될 수 있으며, 마찬가지로 제3 가스화기(100-3)에서 열분해가 시작된지 6시간 이후에는 제2 가스화기(100-2)는 열분해 및 가동이 종료되고 제3 가스화기(100-3)만이 가동중인 상태에 있을 수 있다. 이후 제3 가스화기(100-3)의 열분해가 종료되는 시점으로부터 약 6시간 전에 제1 가스화기(100-1)에서 다시 열분해가 시작될 수 있으며, 이때에는 다시 제1 가스화기(100-1)만이 가동중인 상태에 있을 수 있다. 이와 같은 방식으로 각 가스화기가 차례대로 교호되어 운전될 수 있으며, 본 예에서 기설정된 시간은 6시간에 해당할 수 있다.
- [0050] 본 발명은, 각 가스화기(100)의 열분해시간이 12 내지 16시간일 수 있으며, 기설정된 시간, 즉 어느 하나의 가스화기의 열분해가 종료될 즈음에 다른 하나의 가스화기의 운전이 시작되어 양 가스화기의 열분해 시점이 겹치는 시간이 4시간 이상으로 설정될 수 있다. 다만, 열분해시간은 폐기물의 양, 소각로의 용량 등에 의해 변경될 수 있으며, 기설정된 시간은, 상술한 바와 같이 열분해 초기 구간과 후기 구간이 약 2~3시간 정도에 해당하므로 두 소각로 간 초기와 후기 구간이 겹치지 않게 하기 위해서는 최소 4~6 시간 이상의 시간 간격을 필요로 하며, 이에 따라 기설정된 시간은 최소 4시간 이상으로 설정될 수 있다.
- [0051] 도 4는 각 가스화기의 온도를 시간별로 나타낸 것으로, 도시된 바와 같이, 제1 가스화기(1호기, 100-1)는 0시에 운전을 시작하여 약 16시간동안 폐기물을 열분해시키고 16시 즈음 운전을 종료하고, 제2 가스화기(2호기, 100-2)는 16시부터 약 9시간 전인 7시에 운전을 시작하여 약 16시간 동안 폐기물을 열분해시키고 23시 즈음 운전을 종료하고, 제3 가스화기(3호기, 100-3)는 23시부터 약 9시간 전인 14시에 운전을 시작하여 약 16시간동안 폐기물을 열분해시키고 30시 즈음 운전을 종료하며, 다시 제1 가스화기(100-1)는 30시부터 약 9시간 전인 21시에 운전을 시작하여 약 16시간동안 폐기물을 열분해시키는 것이 계속하여 반복될 수 있다.
- [0052] 이때, 도시된 바와 같이, 제1 가스화기의 후기 구간이 진행되기 이전에 제2 가스화기의 초기 구간이 이미 진행되기 때문에, 제1 가스화기의 중기 구간(유효 합성가스 발생시간 1)에서 고 발열량의 유효 합성가스를 획득할 수 있고, 이후 연속적으로 제2 가스화기의 중기 구간(유효 합성가스 발생시간 2)에서 유효 합성가스를 획득할 수 있다. 이와 같이 본 발명의 열분해 장치에 의하면 계속적이고 안정적으로 고 발열량의 유효 합성가스를 획득할 수 있게 되어 가스 품질을 일정하게 유지할 수 있게 되며, 이에 따라 폐기물 열분해로부터 생성되는 가스 품질의 신뢰성을 확보할 수 있다. 여기서, 더 많은 수의 가스화기를 구비하여 그들 중 두 가스화기 간 운전이 겹치는 시간, 즉 상술한 기설정된 시간을 늘릴수록 가스 품질의 신뢰성을 더욱 확보할 수 있으며, 3~5대의 가스화기를 구비하는 것이 가장 바람직할 수 있다.
- [0053] 한편, 종래의 가스화기는 일반 공기를 사용하는데, 공기를 이용하여 폐기물을 연소시킬시 생산되는 가스는 50% 이상이 질소 또는 이산화탄소로 이루어지게 되어 발열량이 상대적으로 낮으며, 이에 따라 고부가가치의 기름, 전기, 수소 등을 생산하는데 적합하지 않다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 발명에 있어서 가스공급부(120)는 소각로에 농축산소를 공급할 수 있다. 농축산소는, PSA법을 통해 생성되어 공기공급부에 제공될 수 있다. PSA법은 공기중에서 질소를 선택적으로 흡착하는 흡착제가 충전돼 있는 흡착탑에 공기를 통과시킴으로써 질소는 흡착되고 산소는 농축되어 추출되는 원리로 다단계의 과정을 거치는 방법을 의미한다. 이와 같이 생성되어 소각로에 공급되는 농축산소는 공기 중 산소의 농도가 50% 이상이거나, 바람직하게는 70% 이상이거나, 더 바람직하게는 90% 이상일 수 있다.
- [0054] 여기서, 본 발명의 가스 공급부(120)는, 상술한 열분해 단계에서 초기에는 일반 공기를 공급하고, 중기에는 농축산소를 공급하며, 후기에는 다시 일반 공기를 공급하도록 구성될 수 있다. 이는 농축산소의 사용을 최적화하기 위한 것으로, 초기에는 일반 공기를 이용하여 폐기물을 가열시키고, 이후 농축산소로 전환하여 고품질의 유효 합성가스를 추출하며, 이후에는 일반 공기를 이용하여 폐기물을 냉각시킬 수 있다. 이와 같이 본 발명에 의하면 농축산소의 사용량이 적절히 조절됨으로써, 고품질 가스 생성과 비용 절감 효과를 동시에 만족시킬 수 있다.
- [0055] 이때, 농축산소를 사용하면 국부 가열(hot spot) 현상이 발생하여 장치의 손상을 가져올 수 있다. 따라서 이를 방지하기 위해, 본 발명은 스팀(100~150° C 범위의 포화수증기)을 농축산소와 혼합하여 소각로에 공급할 수 있으며, 이를 위해 도 2와 같이 각 가스화기(100)에 스팀을 공급하는 스팀 공급부(140)가 더 구비될 수 있다. 스팀을 농축산소와 혼합하여 주입함으로써 국부 가열을 방지할 뿐만 아니라, 수소(H₂)의 수율을 높이는 효과를 얻

을 수 있으며, 나아가 별도의 장치 없이 스팀 공급부(140)를 가스 공급부(120)의 배관(125)에 단순히 연결하여 사용할 수 있으므로, 스팀 공급부의 설치가 간편하고 설치 비용이 적게 든다는 장점이 있다.

- [0056] 일반 공기를 사용하는 경우와, 농축산소/스팀 혼합을 이용할 경우를 비교하면 다음과 같다. 유효 가동시간, 즉 열분해시간의 증기에서 발생하는 가스의 조성은, 일반 공기를 사용할 경우 H₂ 6.5~7.1%, CO 8~10%, CH₄ 2%, CO₂ 11~13%, C₂~C₄ 가스 1~2%, 그리고 질소 68~70% 로, 질소의 함량이 매우 크다. 이에 반해 90%의 농축산소와 스팀을 혼합하여 사용할 경우 H₂ 33~38%, CO 35~40%, CH₄ 2~3%, CO₂ 20~25%, C₂~C₄ 가스 0.5~1%, 그리고 질소 7~12%로, 수소와 일산화탄소의 생산량이 크게 증가되며, 이에 따라 고품질의 가스를 생성할 수 있다.
- [0057] 종래에는 생성되는 가스의 품질이 일정하지 않을 뿐 아니라 질소의 함량이 매우 커 저 발열량을 가지기 때문에 일반적으로 가스화기 후단에 연소로를 별도로 설치하여 스팀을 활용하였다. 이에 반해 본 발명에 의하면 고품질 고발열량 가스를 생성할 수 있으며, 이와 같이 생성된 고품질 고발열량의 유효 합성가스는 정제공정을 거쳐 가스엔진을 통한 발전 또는 FT 반응기를 통한 기름의 생산, 또는 추가 반응공정을 거쳐 수소를 생산함으로써 고부가가치의 에너지를 생산할 수 있다.
- [0058] 이하에서는, 보다 구체적으로 상술한 폐기물 열분해 가스화 장치(10)를 이용한 에너지 시스템(1)에 대하여 설명하도록 한다.
- [0059] 도 5, 6은 본 발명의 일 예에 따른 에너지 시스템의 구성도로서, 본 시스템(1)은 폐기물 열분해 장치(10)와, 이로부터 생성되는 가스 및 오염물질을 정제하는 정제장치(20)를 포함할 수 있으며, 이때, 앞서 설명한 바와 같이 열분해장치(10)에서 각 가스화기(100)의 열분해시간 내 초기와 후기에는 저 발열량 가스가 생성되고, 증기에는 유효 합성가스가 생성될 수 있다.
- [0060] 정제장치(20)에는, 타르(Tar) 및 분진 제거를 위한 사이클론(Cyclone), 스크러버(Venturi Scrubber)와, Chloride를 제거하기 위한 중화 세정탑과, Sulfur를 제거하기 위한 철 킬레이트 세정탑 또는 산화철 충전탑과, 수분을 제거하기 위한 활성탄 및 실리카겔 충전탑과, 전기집진장치 등이 포함될 수 있으며, 이들의 순서는 현장의 상황에 따라 변경될 수 있다. 본 발명은 위의 구성들을 거쳐 정제된 가스를 압축하기 위한 압축기(compressor)와, 압축된 가스를 보관하기 위한 버퍼 탱크(buffer tank) 등을 더 포함할 수 있으며, 이때 위의 각 구성들은 이미 널리 알려진 구성에 해당하므로, 각 구성들의 구체적인 원리와 구조 등에 대한 설명은 생략하기로 한다.
- [0061] 이때, 본 발명에 따른 에너지 시스템은, 2가지 운전모드를 이용하여 합성가스, 전기 및 스팀을 생산할 수 있다. 보다 구체적으로, 열분해 장치(10)에서 생성된 유효 합성가스로에서 정제장치(20)를 이용하여 분진, 타르, 황 및 질소화합물 등의 오염물질을 제거할 수 있으며, 정제된 합성가스를 이용하여 기름 또는 전기를 생산하거나, 정제된 합성가스를 이용하여 수소를 생산하거나, 생산된 수소를 이용하여 연료전지로 전기를 생산할 수 있으며 (제1 운전모드), 유효 합성가스 이외의 저 발열량 가스를 이용하여 배가스를 연소시키고 스팀을 생산할 수 있다 (제2 운전모드).
- [0062] 도 5, 6에 도시된 바와 같이, 장치(10)의 다수개의 가스화기들(GASIFIER 1-5) 중 가동중인 제1 가스화기(GASIFIER 1)에서는 유효 합성가스가 생성되므로 이를 이용하여 발전할 수 있고, 나머지 냉각중 이거나 가동을 마치고 대기중인 가스화기들(GASIFIER 2-5)에서 발생하는 저 발열량의 잔여 가스는 후단에 연소로(combustor)를 설치하여 스팀으로 활용할 수 있다. 이와 같이 본 발명에 의하면 두가지 운전모드를 이용함으로써 가동중인 가스화기로 부터는 유효 합성가스를 생산할 수 있으며, 냉각/대기중인 가스화기로 부터는 연소 및 스팀을 생산할 수 있다.
- [0063] 두가지 운전모드에 대해, 가동중인 가스화기의 운전 개요는 다음과 같다.
- [0064] 1) 열분해 가스화 장치 ⇒ Cyclone ⇒ Venturi scrubber ⇒ 산성가스 중화세정탑 ⇒ 탈황 세정탑 ⇒ 가스냉각 세정탑 ⇒ 고정층 흡수탑 ⇒ FT 반응기 ⇒ "기름생산"
- [0065] 2) 열분해 가스화 장치 ⇒ Cyclone ⇒ Venturi scrubber ⇒ 산성가스 중화세정탑 ⇒ 탈황 세정탑 ⇒ 가스냉각 세정탑 ⇒ 고정층 흡수탑 ⇒ 가스엔진 ⇒ "전기생산"
- [0066] 3) 열분해 가스화 장치 ⇒ Cyclone ⇒ Venturi scrubber ⇒ 산성가스 중화세정탑 ⇒ 탈황 세정탑 ⇒ 가스냉각 세정탑 ⇒ 고정층 흡수탑 ⇒ FT 반응기 ⇒ 가스 엔진발전기 ⇒ "전기 및 기름 생산"
- [0067] 4) 열분해 가스화 장치 ⇒ Cyclone ⇒ Venturi scrubber ⇒ 산성가스 중화세정탑 ⇒ 탈황 세정탑 ⇒ 가스냉각 세정탑

⇒ 고정층 흡수탑 ⇒ Reformer or WGS 반응기 ⇒ "수소생산"

[0068] 5) 열분해 가스화 장치 ⇒ Cyclone ⇒ Venturi scrubber ⇒ 산성가스 중화세정탑 ⇒ 탈황 세정탑 ⇒ 가스냉각 세정탑 ⇒ 고정층 흡수탑 ⇒ Reformer or WGS 반응기 ⇒ 연료전지 ⇒ "전기생산"

[0069] 여기서, 위의 1)과 같이, 본 발명은 FT 반응기를 더 포함할 수 있고, 정제장치를 통해 정제된 유효 합성가스를 이용하여 FT 반응기를 통해 기름을 생산할 수 있다. FT(Fischer-Tropsch) 반응기를 통해 유효 합성가스를 철 또는 코발트 촉매에 반응시켜 액체 탄화수소를 만들 수 있고, 이를 통해 기름을 생산할 수 있다.

[0070] 또한, 위의 2), 3)과 같이, 본 발명은 엔진발전기를 더 포함할 수 있고, 보다 구체적으로 엔진발전기가 가스 엔진인 경우에는 생성된 유효 합성가스를 이용하여 전기를 생산할 수 있으며, 엔진발전기가 연료엔진인 경우에는 중간에 FT 반응기를 거쳐 FT 반응기를 통해 기름을 생산하고, 미 반응 가스들을 이용하여 전기를 생산할 수 있다.

[0071] 또한, 위의 4)와 같이, 본 발명은 리포머(Reformer) 또는 WGS 반응기를 더 포함할 수 있으며, 유효 합성가스 및 열분해 오일을 개질 공정(reforming)을 통해 수소를 생산하거나, 생성된 유효 합성가스 중 CO를 수소로 전환하는 수성가스 반응공정(WGS, Water Gas Shift Reaction)을 통해 수소를 생산할 수 있다.

[0072] 또한, 위의 5)와 같이, 본 발명은 연료전지를 더 포함할 수 있으며, 특히 연료전지가 수소연료전지로 이루어져 중간에 리포머 또는 WGS 반응기를 거쳐 이를 통해 생산된 수소를 이용하여 전기를 생산할 수 있다.

[0073] 나아가, 냉각/대기중인 가스화기의 운전 개요는 다음과 같다.

[0074] 1) 열분해장치 ⇒ 배가스 연소장치 ⇒ 스팀생산 보일러 ⇒ Cyclone ⇒ NOx 제거 ⇒ 산성가스 중화 세정탑 ⇒ 고정층 흡착탑 ⇒ 여과 집진설비

[0075] 이를 위해, 본 발명은 배가스 연소장치와 스팀생산 보일러를 더 포함할 수 있으며, 상술한 열분해 중 초기와 후기에서 생성되는 저 발열량 가스를 이용하여 배가스를 연소시키고 스팀을 생산할 수 있다.

[0076] 본 발명의 시스템(1)은, 가스화기들의 시설 용량이 10~200 ton/day이고(하나의 가스화기의 용량과, 가스화기의 총 수에 따라 달라질 수 있음), 합성가스 발생량이 400~10,000 Nm³/hr이며, 전력생산량이 0.3~10 MW에 해당할 수 있다. 이와 같이, 본 발명은 가스화기들로 이루어진 열분해장치를 통해 폐기물을 에너지 자원으로 전환하는 것으로서, 친환경적이며 미래 에너지 자원책이 될 수 있다.

[0077] 이상, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예에는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야 한다.

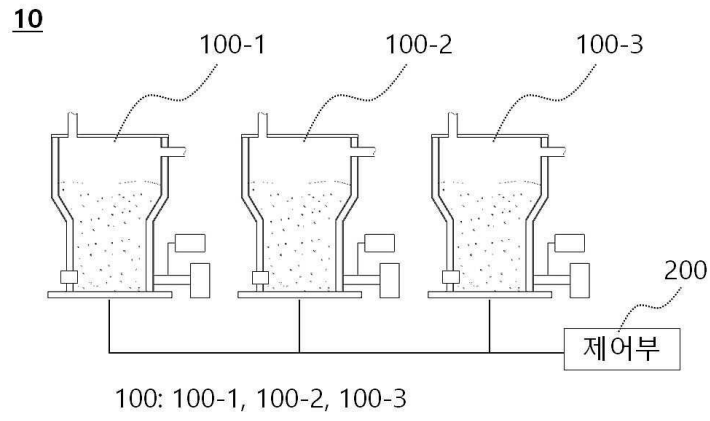
부호의 설명

- [0078] 1: 에너지 시스템
- 10: 폐기물 열분해 가스화 장치
- 100: 각 가스화기
- 110: 가스화로
- 115: 폐기물 이송 및 투입부
- 120: 가스 공급부
- 125: 가스 공급부 배관
- 130: 가스 배출구
- 140: 스팀 공급부
- 190: 착화부
- 200: 제어부

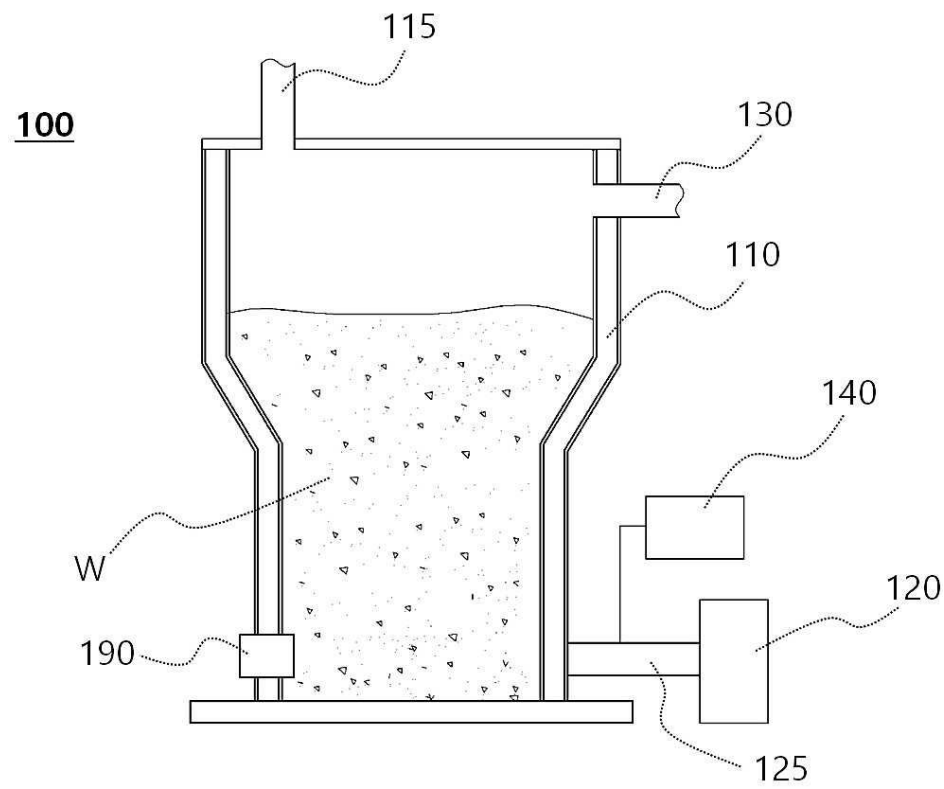
20: 정제장치

도면

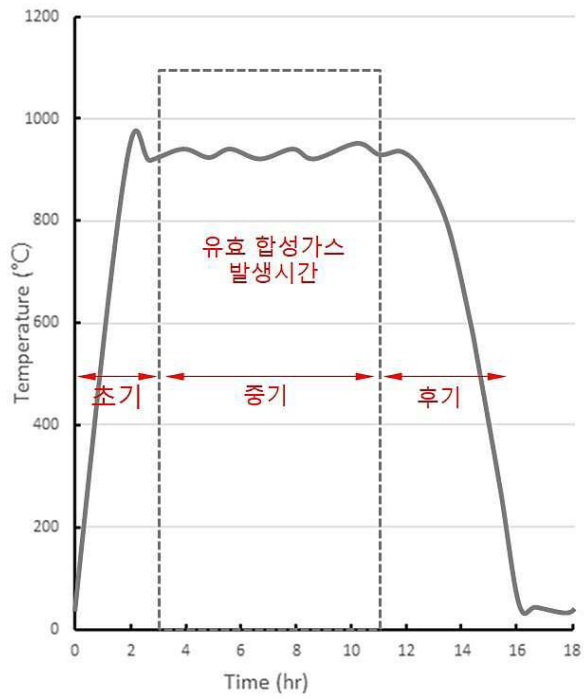
도면1



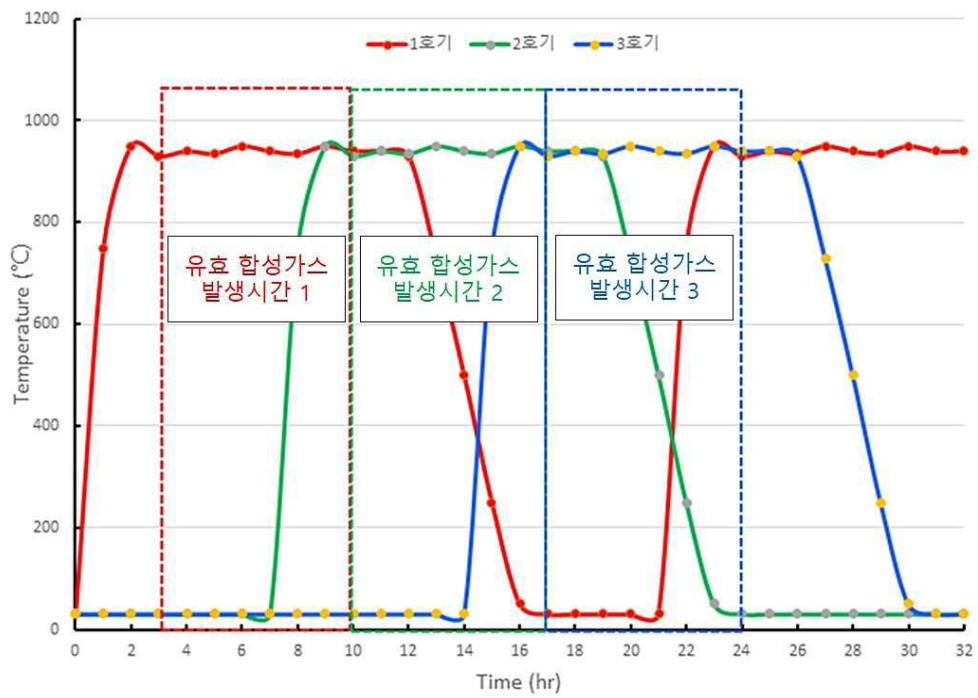
도면2



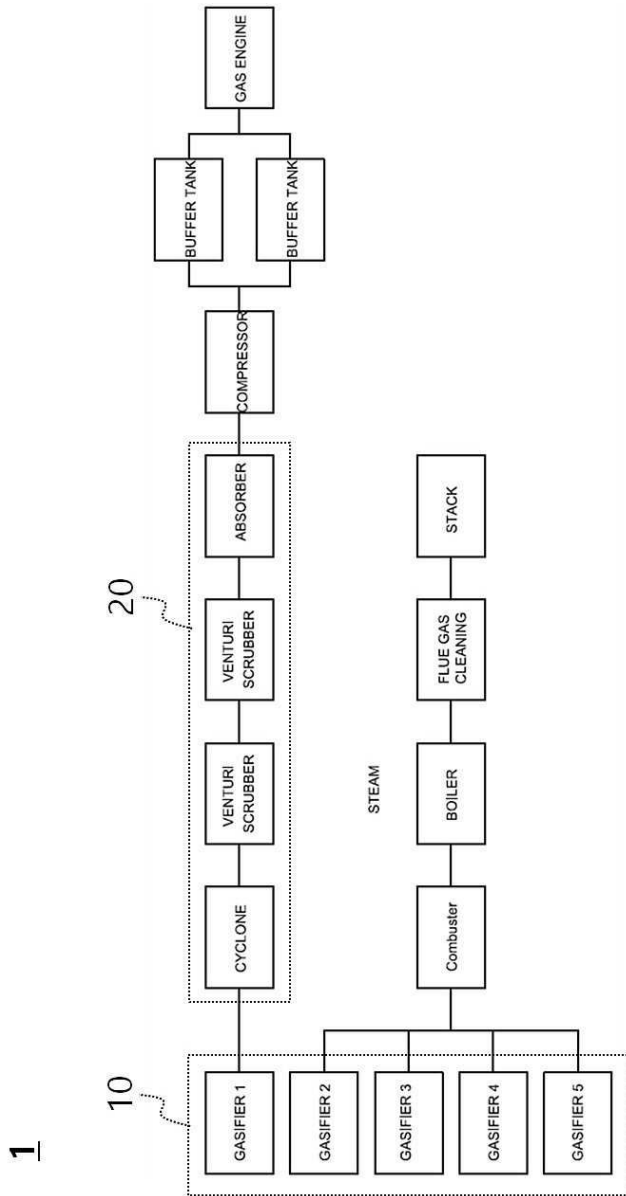
도면3



도면4



도면5



도면6

