



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년02월27일
(11) 등록번호 10-2640529
(24) 등록일자 2024년02월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01J 20/34 (2006.01) B01J 8/00 (2018.01)
(52) CPC특허분류
B01J 20/3416 (2013.01)
B01J 20/3466 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0184611
(22) 출원일자 2022년12월26일
심사청구일자 2022년12월26일
(56) 선행기술조사문헌
KR100561253 B1
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
한국에너지기술연구원
대전광역시 유성구 가정로 152(장동)
(72) 발명자
전동혁
대전광역시 서구 둔산로 155 (둔산동, 크로바아파트) 크로바아파트 101동 803호
이시훈
세종특별자치시 국세청로 46 (나성동, 나룻재마을1단지) 103동 1301호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인명신

전체 청구항 수 : 총 10 항

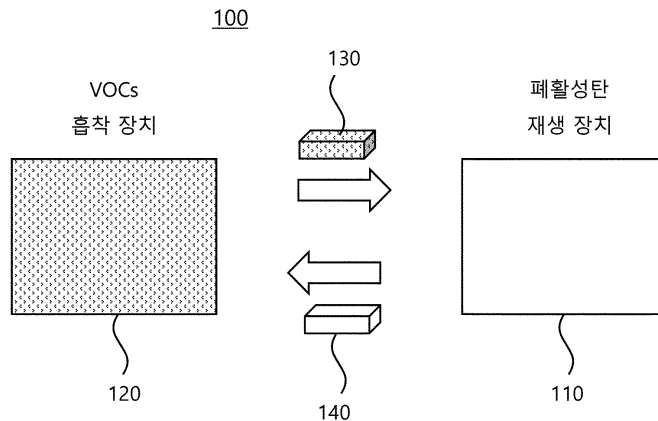
심사관 : 하금률

(54) 발명의 명칭 **합성가스 개질을 위한 연속식 폐활성탄 재생 장치 및 방법**

(57) 요약

일 실시예는, 휘발성 유기화합물이 흡착된 폐활성탄이 유동하는 유동공간을 제공하고, 상기 유동공간의 일측으로 연결되는 흡기관으로 과열 증기가 공급되며, 상기 유동공간의 타측으로 연결되는 배기관으로 상기 증기에 의해 탈착된 상기 휘발성 유기화합물과 상기 증기가 혼합된 유체가 배출되는 탈착기; 및 상기 휘발성 유기화합물 및 상기 증기로부터 합성가스를 생성하는 개질반응기를 포함하고, 상기 개질반응기가 상기 배기관과 연통되면서 상기 증기가 상기 유동공간과 상기 개질반응기에서 연속적으로 흐르면서 상기 휘발성 유기화합물의 탈착 및 개질에 모두 사용되는 개질기를 포함하는 연속식 폐활성탄 재생 장치를 제공한다.

대표도 - 도1



- (52) CPC특허분류
B01J 8/0055 (2013.01)
C01B 3/38 (2013.01)
 C01B 2203/0233 (2013.01)
 C01B 2203/06 (2013.01)
 C01B 2203/1047 (2013.01)
- (72) 발명자
임정환
 대전광역시 유성구 엑스포로 448 엑스포아파트 10
 4동 1004호
김상도
 대전광역시 대덕구 계족산로 136 선비마을5단지아
 파트 509-501
최호경
 대전광역시 유성구 엑스포로 448 엑스포아파트
 405-1507
유지호
 세종특별자치시 다솜1로 140 (도담동, 도램마을1단
 지) 103-1104
김수현
 세종특별자치시 마음로 14 (고운동, 가락마을6
 단지) 609-105
임혁
 대전광역시 유성구 학하중앙로 99 (계산동, 오뚜그
 랜데리빙포레아파트) 304동 1202호
줄카나인
 대전광역시 유성구 가정로 152 한국에너지기술연구
 원
- (56) 선행기술조사문헌
 KR101885116 B1*
 KR1020150113584 A*
 JP2009240879 A
 JP2010188274 A
 JP2015124135 A
 JP2019064886 A
 KR1020070033034 A
 Satu Ojala et al, Utilization of Volatile
 Organic Compounds as an Alternative for
 Destructive Abatement, Catalysts 2015, 5(3),
 1092 내지 1151쪽, 2015.7.1.발행
 KR1020220008150 A
 KR102405176 B1
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1485018856
과제번호	ARQ202201374001
부처명	환경부
과제관리(전문)기관명	한국환경산업기술원
연구사업명	사업장미세먼지저능형최적저감관리기술개발사업
연구과제명	생활주변 소규모 VOCs 배출시설 스마트 통합관리 실증 기술개발
기여율	1/1
과제수행기관명	한국에너지기술연구원
연구기간	2022.04.01 ~ 2024.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

휘발성 유기화합물이 흡착된 폐활성탄이 유동하는 유동공간을 제공하고, 상기 유동공간의 일측으로 연결되는 흡기관으로 과열 증기가 공급되며, 상기 유동공간의 타측으로 연결되는 배기관으로 상기 증기에 의해 탈착된 상기 휘발성 유기화합물과 상기 증기가 혼합된 유체가 배출되는 탈착기; 및

상기 휘발성 유기화합물 및 상기 증기로부터 합성가스를 생성하는 개질반응기를 포함하고, 상기 개질반응기가 상기 배기관과 연통되면서 상기 증기가 상기 유동공간과 상기 개질반응기에서 연속적으로 흐르면서 상기 휘발성 유기화합물의 탈착 및 개질에 모두 사용되는 개질기;를 포함하며,

상기 유동공간은 탈착탑의 형태로 형성되고, 상기 탈착탑 내에는 복수의 경사판이 엇갈리는 방향으로 배치되고, 상기 폐활성탄은 상기 탈착탑의 상측으로 투입된 후 중력에 의해 상기 경사판에 따라 경사진 형태로 유동하면서 탈착탑의 하측으로 유동하고,

상기 과열 증기는 상기 탈착탑의 하측에서 상측으로 상승하도록 공급되는, 연속식 폐활성탄 재생 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

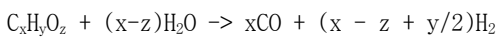
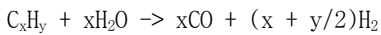
상기 흡기관으로 공급되는 과열 증기의 온도는 섭씨 150도 내지 300도로 제어되는 연속식 폐활성탄 재생 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 휘발성 유기화합물과 상기 증기는 아래 화학반응식에 따라 상기 합성가스로 전환되는 연속식 폐활성탄 재생 장치.

[화학반응식]



청구항 4

제3항에 있어서,

상기 화학반응식에서 상기 x의 1.5배 내지 3.0배가 되도록 상기 흡기관으로 공급되는 과열 증기의 양이 결정되는 연속식 폐활성탄 재생 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 복수의 경사판 중 일부의 제1경사판에는 다수의 기공들이 형성되어 상기 증기 및 상기 휘발성 유기화합물이 상기 기공들을 관통하여 상승하고,

상기 복수의 경사판 중 다른 일부의 제2경사판에는 기공이 형성되지 않아 상기 혼합된 유체의 흐름을 가이드하는, 연속식 폐활성탄 재생 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제1경사판은 상기 탈착탑의 하측에 배치되고, 상기 제2경사판은 상기 탈착탑의 상측에 배치되는, 연속식 폐활성탄 재생 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 배기관과 상기 개질반응기 사이에 사이클론이 더 배치되고, 상기 증기의 증기압에 의해 상기 유체가 상기 사이클론을 통과하면서 상기 유체에 포함된 분진이 상기 사이클론에서 분리되어 배출되는 연속식 폐활성탄 재생 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 합성가스를 이용하여 열과 전기를 생성하는 발전기를 더 포함하는 연속식 폐활성탄 재생 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 개질반응기에서 상기 휘발성 유기화합물과 상기 증기는 흡열반응하고, 상기 발전기에서 생성되는 열의 일부 혹은 전부가 상기 개질반응기로 공급되는 연속식 폐활성탄 재생 장치.

청구항 10

◆청구항 10은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.◆

제8항에 있어서,

상기 과열 증기를 생성하는 과열증기생성기를 더 포함하고, 상기 발전기에서 생성되는 열의 일부 혹은 전부가 상기 과열증기생성기로 공급되는 연속식 폐활성탄 재생 장치.

청구항 11

유동공간으로 휘발성 유기화합물이 흡착된 폐활성탄을 투입하는 단계;

상기 유동공간의 일측으로 연결되는 흡기관으로 과열 증기를 공급하여 상기 폐활성탄에서 상기 휘발성 유기화합물을 탈착시키는 단계;

상기 증기에 의해 탈착된 상기 휘발성 유기화합물과 상기 증기가 혼합된 유체가 상기 유동공간의 타측으로 연결되는 배기관으로 배출되는 단계; 및

상기 배기관과 연통되는 개질반응기에서 상기 휘발성 유기화합물 및 상기 증기가 반응하여 합성가스가 생성되는 단계;를 포함하며,

상기 유동공간은 탈착탑의 형태로 형성되고, 상기 탈착탑 내에는 복수의 경사판이 엇갈리는 방향으로 배치되고, 상기 폐활성탄은 상기 탈착탑의 상측으로 투입된 후 중력에 의해 상기 경사판에 따라 경사진 형태로 유동하면서 탈착탑의 하측으로 유동하고,

상기 과열 증기는 상기 탈착탑의 하측에서 상측으로 상승하도록 공급되는, 연속식 폐활성탄 재생 방법.

청구항 12

◆청구항 12은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.◆

제11항에 있어서,

상기 흡기관으로 공급되는 과열 증기의 온도는 섭씨 150도 내지 300도로 제어되는 연속식 폐활성탄 재생 방법.

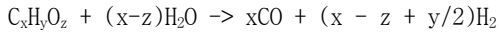
청구항 13

◆청구항 13은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.◆

제11항에 있어서,

상기 휘발성 유기화합물과 상기 증기는 아래 화학반응식에 따라 상기 합성가스로 전환되는 연속식 폐활성탄 재생 방법.

[화학반응식]



청구항 14

◆청구항 14은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.◆

제11항에 있어서,

상기 복수의 경사판 중 일부의 제1경사판에는 다수의 기공들이 형성되어 상기 증기 및 상기 휘발성 유기화합물이 상기 기공들을 관통하여 상승하고,

상기 복수의 경사판 중 다른 일부의 제2경사판에는 기공이 형성되지 않아 상기 혼합된 유체의 흐름을 가이드하는, 연속식 폐활성탄 재생 방법.

청구항 15

◆청구항 15은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.◆

제14항에 있어서,

상기 제1경사판은 상기 탈착탑의 하측에 배치되고, 상기 제2경사판은 상기 탈착탑의 상측에 배치되는, 연속식 폐활성탄 재생 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 실시예는 휘발성 유기화합물이 흡착된 폐활성탄을 재생시키고, 휘발성 유기화합물을 개질하여 합성가스를 생성하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds; VOCs)은, 중금속과 함께 특정 대기유해물질에 속하는 물질이다. 중소 공단 기업체의 인쇄 및 도장, 화학제품 생산 과정이나 바이오매스 반탄화 공정 등에서 배출되며 대기중에서 미세먼지, 질소산화물 등과 결합하여 오존을 생성하고 스모그의 원인이 되는 대기오염물질이다.

[0003] 또한, 휘발성 유기화합물을 이루는 대부분의 물질들은 낮은 농도에서도 자극적이고 불쾌한 냄새를 발생시키며, 인체와의 피부 접촉이나 호흡기로 유입될 경우 신경계 등의 장애를 일으키는 발암물질이다. HAPs(Hazardous Air Pollutants)라 하며 미국에서는 189개의 물질을, 국내에서는 가장 많이 사용되는 휘발성 유기화합물인 톨루엔을 포함하여 48개 물질을 선정하여 규제하고 있다.

[0004] 이러한 휘발성 유기화합물은 활성탄에 흡착시켜 대기 중으로 방출되는 것을 방지할 수 있다. 활성탄은 무수히 많은 미세공과 넓은 표면적을 가지고 있기 때문에, 벤젠이나 톨루엔 가스와 같이 분자량이 비교적 큰 휘발성 유기화합물이 활성탄층을 통과하게 되면, 반데르발스 힘에 의하여 휘발성 유기화합물의 대부분이 저압의 모세관 내부로 유입되고, 이 모세관의 내부로 휘발성 유기화합물이 흡착될 수 있다.

[0005] 이렇게 휘발성 유기화합물을 흡착한 활성탄을 폐활성탄이라고 부르기도 하는데, 이러한 폐활성탄은 열재생에 의해 재사용이 가능할 수 있다.

[0006] 예를 들어, 휘발성 유기화합물이 흡착된 폐활성탄은 800~1,000 °C의 고온로에서 재생될 수 있다. 이러한 재생 방법을 고온재생방법이라고 부르기도 한다. 그런데, 이러한 고온재생방법은 고온을 공급하기 위해 많은 에너지를 소모하기 때문에, 에너지의 측면에서 비효율적이라는 단점이 있다. 그리고, 탈착된 휘발성 유기화합물을 개

질하기 위해 별도의 물질을 투입해야하기 때문에 공정의 측면에서 비효율적이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 이러한 배경에서, 본 실시예의 목적은, 일 측면에서, 에너지 효율이 높은 폐활성탄 재생 기술을 제공하는 것이다. 다른 측면에서, 본 실시예의 목적은, 공정이 간소화된 폐활성탄 재생 기술을 제공하는 것이다.

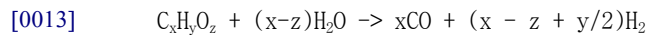
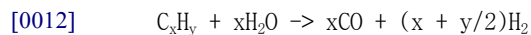
과제의 해결 수단

[0008] 전술한 목적을 달성하기 위하여, 일 실시예는, 휘발성 유기화합물이 흡착된 폐활성탄이 유동하는 유동공간을 제공하고, 상기 유동공간의 일측으로 연결되는 흡기관으로 과열 증기가 공급되며, 상기 유동공간의 타측으로 연결되는 배기관으로 상기 증기에 의해 탈착된 상기 휘발성 유기화합물과 상기 증기가 혼합된 유체가 배출되는 탈착기; 및 상기 휘발성 유기화합물 및 상기 증기로부터 합성가스를 생성하는 개질반응기를 포함하고, 상기 개질반응기가 상기 배기관과 연통되면서 상기 증기가 상기 유동공간과 상기 개질반응기에서 연속적으로 흐르면서 상기 휘발성 유기화합물의 탈착 및 개질에 모두 사용되는 개질기를 포함하는 연속식 폐활성탄 재생 장치를 제공한다.

[0009] 상기 흡기관으로 공급되는 과열 증기의 온도는 섭씨 150도 내지 300도로 제어될 수 있다.

[0010] 상기 휘발성 유기화합물과 상기 증기는 아래 화학반응식에 따라 상기 합성가스로 전환될 수 있다.

[0011] [화학반응식]



[0015] 상기 화학반응식에서 상기 x의 1.5배 내지 3.0배가 되도록 상기 흡기관으로 공급되는 과열 증기의 양이 결정될 수 있다.

[0016] 상기 개질반응기에는 니켈(Ni), 로듐(Rh) 및 백금(Pt) 중 하나의 촉매가 사용될 수 있다.

[0017] 상기 폐활성탄은 상기 유동공간에서 중력에 의해 상측에서 하측으로 유동하도록 상기 탈착기의 구조가 형성되며, 상기 폐활성탄은 상기 유동공간에서 30분 내지 60분 동안 체류될 수 있다.

[0018] 상기 배기관과 상기 개질반응기 사이에 사이클론이 더 배치되고, 상기 증기의 증기압에 의해 상기 유체가 상기 사이클론을 통과하면서 상기 유체에 포함된 마모된 활성탄 분진이 상기 사이클론에서 분리되어 배출될 수 있다.

[0019] 상기 연속식 폐활성탄 재생 장치는 상기 합성가스를 이용하여 열과 전기를 생성하는 발전기를 더 포함할 수 있다.

[0020] 상기 개질반응기에서 상기 휘발성 유기화합물과 상기 증기는 흡열반응하고, 상기 발전기에서 생성되는 열의 일부 혹은 전부가 상기 개질반응기로 공급될 수 있다.

[0021] 상기 연속식 폐활성탄 재생 장치는 상기 과열 증기를 생성하는 과열증기생성기를 더 포함할 수 있다. 그리고, 상기 발전기에서 생성되는 열의 일부 혹은 전부가 상기 과열증기생성기로 공급될 수 있다.

[0022] 전술한 실시예에서, 합성가스가 발전기에서 사용되는 것이 설명되었으나, 본 발명이 이로 제한되는 것은 아니며, 합성가스는 여러 형태로 사용될 수 있다. 예를 들어, 상기 연속식 폐활성탄 재생 장치는 합성가스에서 생성된 일산화탄소를 수성가스전이(Water Gas Shift) 반응에 투입하여 수소를 생성할 수 있다. 혹은 상기 연속식 폐활성탄 재생 장치는 FT(Fisher-Tropsch) 반응을 이용하여 합성가스로부터 다양한 케미컬들을 생성할 수 있다. 그리고, 전술한 발전기는 엔진 형태의 발전기 뿐만 아니라 연료전지 형태의 발전기일 수 있다.

[0023] 다른 실시예는, 유동공간으로 휘발성 유기화합물이 흡착된 폐활성탄을 투입하는 단계; 상기 유동공간의 일측으로 연결되는 흡기관으로 과열 증기를 공급하여 상기 폐활성탄에서 상기 휘발성 유기화합물을 탈착시키는 단계; 상기 증기에 의해 탈착된 상기 휘발성 유기화합물과 상기 증기가 혼합된 유체가 상기 유동공간의 타측으로 연결되는 배기관으로 배출되는 단계; 및 상기 배기관과 연통되는 개질반응기에서 상기 휘발성 유기화합물 및 상기 증기가 반응하여 합성가스가 생성되는 단계를 포함하는 연속식 폐활성탄 재생 방법을 제공한다.

[0024] 상기 연속식 폐활성탄 재생 방법은 상기 합성가스를 이용하여 열과 전기를 생성하는 단계를 더 포함하고, 상기

흡기관으로 과열 증기를 공급하는 단계 이전에, 상기 열의 일부 혹은 전부를 이용하여 상기 과열 증기를 생성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0025] 이상에서 설명한 바와 같이 본 실시예에 의하면, 높은 에너지 효율로 폐활성탄을 재생시킬 수 있다. 그리고, 본 실시예에 의하면, 간소화된 공정으로 폐활성탄을 재생시키면서 합성가스를 개질할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 일 실시예에 따른 활성탄 순환 시스템의 구성도이다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 연속식 폐활성탄 재생 장치의 구성도이다.
- 도 3은 일반적인 배치식 탈착의 경우 시간에 따른 휘발성 유기화합물의 탈착 농도를 나타낸 그래프이다.
- 도 4는 일 실시예에 따른 탈착기 구조에서의 시간에 따른 휘발성 유기화합물의 탈착 농도를 나타내는 그래프이다.
- 도 5는 일 실시예에 따른 연결장치의 구성도이다.
- 도 6은 개질기와 발전기가 연계되는 구조를 나타내는 도면이다.
- 도 7은 탈착기와 발전기가 연계되는 구조를 나타내는 도면이다.
- 도 8은 일 실시예에 따른 유동공간에서의 반응을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 9는 일 실시예에 따른 연속식 폐활성탄 재생 방법의 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 이하, 본 발명의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다. 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0028] 또한, 본 발명의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 제 1, 제 2, A, B, (a), (b) 등의 용어를 사용할 수 있다. 이러한 용어는 그 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 용어에 의해 해당 구성 요소의 본질이나 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다. 어떤 구성 요소가 다른 구성요소에 "연결", "결합" 또는 "접속"된다고 기재된 경우, 그 구성 요소는 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나 또는 접속될 수 있지만, 각 구성 요소 사이에 또 다른 구성 요소가 "연결", "결합" 또는 "접속"될 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0029] 도 1은 일 실시예에 따른 활성탄 순환 시스템의 구성도이다.
- [0030] 도 1을 참조하면, 활성탄 순환 시스템(100)은 VOCs 흡착 장치(120)와 폐활성탄 재생 장치(110)를 포함할 수 있다.
- [0031] VOCs 흡착 장치(120)는 대형 및 중소 공간 기업체의 인쇄 및 도장, 화학제품 생산 사업장에 배치될 수 있다.
- [0032] VOCs 흡착 장치(120)는 활성탄(140)을 이용하여 휘발성 유기화합물(VOCs)을 흡착할 수 있다. VOCs 흡착 장치(120)는 활성탄(140)이 중력에 의해 상층에서 하층으로 유동하도록 할 수 있다. 그리고, VOCs 흡착 장치(120)는 휘발성 유기화합물을 포함하는 오염된 기체가 활성탄(140)을 통과하도록 오염된 기체를 투입시킬 수 있다. 이러한 과정을 통해 활성탄(140)은 휘발성 유기화합물이 흡착된 폐활성탄(130)으로 변할 수 있다.
- [0033] VOCs 흡착 장치(120)에서 배출된 폐활성탄(130)은 이동수단에 의해 폐활성탄 재생 장치(110)로 이동될 수 있다.
- [0034] 그리고, 폐활성탄 재생 장치(110)는 폐활성탄(130)에서 휘발성 유기화합물을 탈착시켜 재사용이 가능한 활성탄(140)을 생성할 수 있다. 그리고, 활성탄(140)은 다시 이동수단에 의해 VOCs 흡착 장치(120)로 이동되어 재사용될 수 있다.
- [0035] 폐활성탄 재생 장치(110)는 폐활성탄(130)에서 휘발성 유기화합물을 탈착시켜 재사용이 가능한 활성탄(140)을 생성할 뿐만 아니라 탈착된 휘발성 유기화합물을 개질시켜 활용도가 높고 오염성이 낮은 합성가스를 생성할 수

있다.

- [0036] 휘발성 유기화합물은 탄화수소로 이루어져 있기 때문에 수증기 개질반응을 통하여 아래와 같은 화학반응식으로 수소와 일산화탄소로 구성된 합성가스 전환이 가능하다.
- [0038] [화학반응식]
- [0039] $C_xH_y + xH_2O \rightarrow xCO + (x + y/2)H_2$
- [0040] $C_xH_yO_z + (x-z)H_2O \rightarrow xCO + (x - z + y/2)H_2$
- [0042] 이러한 화학반응식에 따라 휘발성 유기화합물을 개질하기 위해서는 휘발성 유기화합물에 수증기(이하, '증기'라 함)를 반응시킬 필요가 있다. 이때, 증기가 사용되게 되는데, 일 실시예에 따른 폐활성탄 재생 장치(110)는 휘발성 유기화합물을 탈착시키는 과정에 사용된 증기를 연속적으로 휘발성 유기화합물을 개질시키는데 사용함으로써 에너지 효율을 높이고 공정을 간소화할 수 있다. 이러한 측면에서, 일 실시예에 따른 폐활성탄 재생 장치를 연속식 폐활성탄 재생 장치라 부를 수 있다.
- [0043] 도 2는 일 실시예에 따른 연속식 폐활성탄 재생 장치의 구성도이다.
- [0044] 도 2를 참조하면, 연속식 폐활성탄 재생 장치(110)는 탈착기(210) 및 개질기(220) 등을 포함할 수 있다.
- [0045] 탈착기(210)는 폐활성탄이 유동하는 유동공간을 제공할 수 있다. 유동공간은 폐활성탄(130)이 중력에 의해 상측에서 하측으로 유동할 수 있는 구조로 형성될 수 있다. 예를 들어, 유동공간은 탈착탑의 형태로 형성되고, 폐활성탄(130)은 탈착탑의 상측으로 투입된 후 중력에 의해 하측으로 유동될 수 있다.
- [0046] 유동공간을 형성하는 탈착탑 내에는 복수의 경사판이 엇갈리는 방향으로 배치되어 있을 수 있다. 그리고, 폐활성탄(130)은 경사판에 따라 경사진 형태로 유동하면서 하측으로 흘러 내릴 수 있다. 이때, 경사판의 각도, 경사판의 수, 탈착탑의 높이 등에 따라 유동공간에 체류하는 폐활성탄(130)의 시간이 조절될 수 있다. 일 실시예에서 폐활성탄(130)은 유동공간 내에서 30분 내지 60분 동안 체류될 수 있다.
- [0047] 유동공간에서 유동하는 폐활성탄(130)은 증기에 의해 휘발성 유기화합물이 탈착됨으로써 재생될 수 있다. 폐활성탄을 일정 공간에 배치해 놓고 휘발성 유기화합물을 탈착시키게 되면 시간의 경과에 따라 탈착되는 휘발성 유기화합물의 농도가 변하게 되는데, 이렇게 되면, 후속되는 개질반응에서 일정한 휘발성 유기화합물을 공급받을 수 없게 된다. 이에 반해, 유동하는 폐활성탄(130)에서 휘발성 유기화합물을 탈착시키게 되면 시간에 따른 휘발성 유기화합물의 탈착량이 상대적으로 일정하게 유지될 수 있기 때문에 후속되는 개질반응에서도 일정한 휘발성 유기화합물을 공급받을 수 있는 장점이 있다. 이렇게 끊기지 않고 합성가스를 생성할 수 있다는 측면에서 본 실시예를 연속식 폐활성탄 재생 방법이라고 부를 수 있다.
- [0048] 한편, 폐활성탄(130)은 증기에 의해 재생될 수 있는데, 이를 위해, 유동공간의 일측으로 연결되는 흡기관으로 과열 증기가 공급될 수 있다. 과열 증기의 온도는 (섭씨) 150~300 °C로 제어될 수 있다. 그리고, 과열 증기의 압력은 상압 또는 상압 이상으로 제어될 수 있다. 예를 들어, 과열 증기의 압력은 1 내지 2 기압일 수 있다.
- [0049] 유동공간의 일측으로 공급되는 과열증기의 양은 휘발성 유기화합물의 탄화수소 화학양론비의 1.5~3배의 양으로 결정될 수 있다. 예를 들어, 전술한 화학반응식에서 x의 1.5배 내지 3.0배가 되도록 흡기관으로 공급되는 과열 증기의 양이 결정될 수 있다.
- [0050] 과열 증기는 유동공간의 하측에서 상측으로 상승하도록 공급될 수 있다. 유동공간에서 폐활성탄(130)은 상측에서 하측으로 유동하고 과열 증기는 하측에서 상측으로 상승하면서 서로 만날 수 있다. 그리고, 과열 증기에 의해 폐활성탄(130)에 흡착되어 있는 휘발성 유기화합물이 탈착되고, 탈착된 휘발성 유기화합물은 증기와 혼합된 유체의 형태로 상측으로 이동할 수 있다.
- [0051] 유동공간의 타측으로는 배기관이 연결될 수 있다. 그리고, 배기관으로는 증기에 의해 탈착된 휘발성 유기화합물과 증기가 혼합된 유체가 배출될 수 있다.
- [0052] 전술한 흡기관은 유동공간-예를 들어, 탈착탑-의 하측에 형성되고 배기관은 유동공간의 상측에 형성될 수 있다.
- [0053] 유동공간이 탈착탑의 형태로 형성되는 경우, 탈착탑 내에는 다수의 경사판들이 배치될 수 있다. 이러한 다수의 경사판 중 일부의 경사판에는 다수의 기공들이 형성되어 증기 및 휘발성 유기화합물이 기공들을 관통하여 상승할 수 있다. 그리고, 다수의 경사판 중 다른 일부의 경사판에는 기공이 형성되지 않을 수 있는데, 이러한 경사판은 유체의 흐름을 가이드하는 역할을 수행할 수 있다. 기공들이 형성되는 경사판은 탈착탑의 하측에 주로 배

치될 수 있고, 기공이 형성되지 않는 경사판은 탈착탑의 상측에 주로 배치될 수 있다.

- [0054] 경사판 등에 의해 배기관으로 가이드된 혼합 유체는 연결장치(230)를 통해 개질기(220)로 전달될 수 있다.
- [0055] 개질기(220)는 개질반응기를 포함할 수 있는데, 개질반응기에서 휘발성 유기화합물과 증기가 반응하여 합성가스-예를 들어, 수소(H₂), 일산화탄소(CO) 등-가 생성될 수 있다.
- [0056] 개질반응기는 전술한 유동공간의 배기관과 연통될 수 있는데, 이에 따라 탈착에 사용된 증기가 유동공간과 개질반응기에서 연속으로 흐르면서 휘발성 유기화합물의 탈착 및 개질에 모두 사용될 수 있게 된다.
- [0057] 탈착기는 유동공간에서 폐활성탄이 연속적으로 공급되는 이동형 구조로 되어 있기 때문에, 일정한 농도의 휘발성 유기화합물을 개질기로 지속적으로 공급할 수 있다. 이렇게 휘발성 유기화합물이 일정한 농도 혹은 비율로 탈착이 가능하여야 합성가스의 개질이 원활하게 이루어질 수 있게 된다.
- [0058] 도 3은 일반적인 배치식 탈착의 경우 시간에 따른 휘발성 유기화합물의 탈착 농도를 나타낸 그래프이다.
- [0059] 도 3을 참조하면, 배치식 탈착의 경우, 초기에 높은 탈착 농도를 보이다가 시간이 경과함에 따라 탈착 농도가 서서히 감소하는 경향을 보이는 것을 확인할 수 있다. 이렇게 되면 연속적으로 합성가스를 개질할 수 없기 때문에 개질 효율이 낮아지는 문제가 발생할 수 있다.
- [0060] 탈착된 휘발성 유기화합물 가스를 저온에서 응축시킨 후 액상의 휘발성 유기화합물을 증기와 함께 개질반응기에 공급하여 합성가스로 전환할 수도 있으나 휘발성 유기화합물을 응축하기 위한 에너지가 필요하며, 증기 개질반응은 흡열반응이기 때문에 낮아진 온도를 다시 높이는 과정에서 추가 에너지가 소모되어 에너지 측면에서 비효율적일 수 있다.
- [0061] 도 4는 일 실시예에 따른 탈착기 구조에서의 시간에 따른 휘발성 유기화합물의 탈착 농도를 나타내는 그래프이다.
- [0062] 도 4를 참조하면, 일 실시예와 같은 이동형 구조의 경우, 시간의 경과에 상관없이 탈착 농도가 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있다. 이렇게 되면 연속적으로 합성가스를 개질할 수 있기 때문에 개질 효율이 향상될 수 있다.
- [0063] 한편, 개질반응은 흡열반응이기 때문에 개질반응기의 온도는 일정하게 유지될 필요가 있다. 일 실시예에 따른 개질반응기는 온도를 낮추기 위해 니켈(Ni), 로듐(Rh) 및 백금(Pt) 중 하나의 촉매를 사용할 수 있다. 그리고, 개질반응기에서 지지체는 활성탄, 제올라이트, 카본블랙, 알루미늄 등이 사용될 수 있다.
- [0064] 탈착기와 개질기를 연결시키는 연결장치(도 2의 230 참조)는 배관으로만 이루어질 수도 있고, 사이클론과 같은 정화장치를 더 포함할 수 있다.
- [0065] 도 5는 일 실시예에 따른 연결장치의 구성도이다.
- [0066] 도 5를 참조하면, 연결장치(230)는 사이클론(310), 입력배관(320) 및 출력배관(330)을 포함할 수 있다.
- [0067] 입력배관(320)은 탈착기(210)의 배기관에 연결될 수 있다.
- [0068] 탈착기(210)에서 배출되는 혼합 유체에는 증기와 휘발성 유기화합물 뿐만 아니라 활성탄 마모에 의해 발생된 분진이 포함될 수 있다. 그리고, 이러한 분진을 포함하는 혼합 유체가 입력배관(320)으로 전달될 수 있다.
- [0069] 혼합 유체에 포함된 분진은 유체가 사이클론(310)을 통과할 때, 사이클론(310) 내에서의 유체 흐름에 의해 분리되어 사이클론(310)의 하측으로 배출될 수 있다.
- [0070] 사이클론(310)에서의 유체 흐름을 형성하기 위해서는 혼합 유체에 일정한 기압이 형성되어 있어야 하는데, 혼합 유체에 포함되어 있는 증기의 증기압이 이러한 기압을 형성할 수 있다. 혼합 유체는 증기의 증기압에 의해 사이클론(310)을 통과할 수 있고, 이에 의해 부산물이 분리 배출될 수 있다.
- [0071] 그리고, 증기와 휘발성 유기화합물로 구성된 혼합 유체가 출력배관(330)을 통해 개질기(220)로 흐를 수 있다.
- [0072] 개질기(220)는 이러한 혼합 유체를 반응시켜 합성가스를 생성할 수 있다. 그리고, 이러한 합성가스는 발전기로 공급되고, 발전기는 합성가스를 이용하여 열과 전기를 생성할 수 있다.
- [0073] 도 6은 개질기와 발전기가 연계되는 구조를 나타내는 도면이다.
- [0074] 도 6을 참조하면, 폐활성탄 재생 장치는 발전기(410)를 더 포함할 수 있고, 발전기(410)는 개질기(220)에서 공

급하는 합성가스-예를 들어, 수소, 일산화탄소-를 이용하여 열과 전기를 생성할 수 있다.

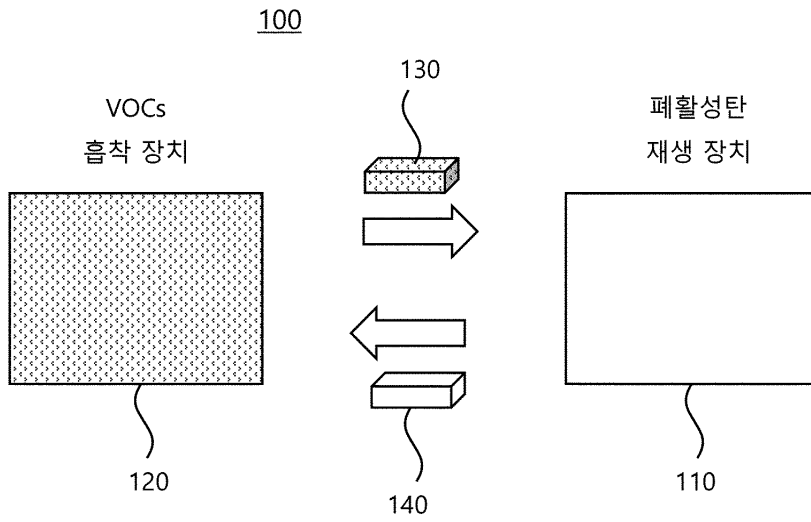
- [0075] 개질반응기에서 이루어지는 휘발성 유기화합물과 증기의 반응은 흡열반응일 수 있다. 이때, 열이 필요하게 되는데, 발전기(410)는 생성되는 열의 일부 혹은 전부를 개질반응기로 공급하여 열효율을 증대시킬 수 있다.
- [0076] 개질기(220)의 동작을 위해서는 전기가 더 필요할 수 있는데, 이러한 전기도 발전기(410)에 의해 공급될 수 있다.
- [0077] 발전기(410)에서 생성된 열과 전기는 탈착기로도 공급될 수 있다.
- [0078] 도 7은 탈착기와 발전기가 연계되는 구조를 나타내는 도면이다.
- [0079] 도 7을 참조하면, 폐활성탄 재생 장치는 과열 증기를 생성하는 과열증기생성기(610)를 더 포함할 수 있다.
- [0080] 과열증기생성기(610)는 열을 이용하여 과열 증기를 생성할 수 있는데, 이때 발전기(410)에서 생성되는 열의 일부 혹은 전부가 과열증기생성기(610)로 공급될 수 있다.
- [0081] 과열증기생성기(610)의 동작을 위해서는 전기가 더 필요할 수 있는데, 이러한 전기도 발전기(410)에 의해 공급될 수 있다.
- [0082] 실시예의 이해를 돕기 위해, 유동공간에서의 탈착 과정을 좀더 설명한다.
- [0083] 도 8은 일 실시예에 따른 유동공간에서의 반응을 설명하기 위한 도면이다.
- [0084] 도 8을 참조하면, 탈착기(210)는 탈착탑(510)을 통해 유동공간(560)을 형성할 수 있다.
- [0085] 탈착탑(510)의 상측으로 투입구(530)가 형성되고, 휘발성 유기화합물이 흡착된 폐활성탄이 투입구(530)로 투입될 수 있다.
- [0086] 탈착탑(510)의 하측으로 배출구(540)가 형성되고, 휘발성 유기화합물이 탈착된 재생활성탄이 배출구(540)를 통해 배출될 수 있다.
- [0087] 활성탄은 투입구(530)가 형성되어 있는 상측에서 배출구(540)가 형성되어 있는 하측으로 유동할 수 있으며 유동 과정에서 휘발성 유기화합물이 탈착될 수 있다. 이러한 유동식 혹은 이동층 구조에 의하면 상측으로 연속해서 폐활성탄을 투입할 수 있고, 하측으로 연속해서 재생활성탄을 배출할 수 있어, 시간의 경과에 상관없이 균일한 속도로 재생활성탄을 생성할 수 있으며, 그 과정에서 연속적으로 휘발성 유기화합물을 탈착시킬 수 있게 된다.
- [0088] 유동공간(560)에는 다수의 경사판들(570a, 570b, 570c)이 배치될 수 있다. 투입구(530)로 투입된 폐활성탄은 상측의 경사판(570a)으로부터 하측의 경사판(570c)까지 각각의 경사판 상에서 순차적으로 유동할 수 있다.
- [0089] 경사판들(570a, 570b, 570c) 중 일부의 경사판에는 다수의 기공들이 형성되어 있을 수 있다. 이러한 기공들을 통해 증기가 폐활성탄으로 공급될 수 있고, 또한, 폐활성탄에서 탈착된 휘발성 유기화합물이 빠져 나갈 수 있다.
- [0090] 경사판들(570a, 570b, 570c) 중 다른 일부의 경사판에는 기공이 형성되어 있지 않을 수 있다. 이러한 경사판은 하측에서 상측으로 유동하는 기체들의 방향을 가이드할 수 있다.
- [0091] 탈착탑(510)의 일측으로 흡기관(520)이 형성될 수 있다. 흡기관(520)은 탈착탑(510)의 측면 중 하측 부분에 형성될 수 있다.
- [0092] 탈착탑(510)의 타측으로 배기관(550)이 형성될 수 있다. 배기관(550)은 탈착탑(510)의 측면 중 상측 부분에 형성될 수 있고, 흡기관(520)과는 반대 측면에 형성될 수 있다.
- [0093] 흡기관(520)으로 과열 증기가 공급될 수 있는데, 이러한 과열 증기는 제1경로(582)를 따라 하측에서 다수의 경사판의 기공 혹은 주변 공간을 뚫고 상측으로 상승하다가 배기관(550)으로 배출될 수 있다.
- [0094] 활성탄은 제2경로(581)를 따라 다수의 경사판들 상에서 하측으로 유동할 수 있다.
- [0095] 하측에서 상측으로 형성되는 제1경로(582)와 상측에서 하측으로 형성되는 제2경로(581)는 서로 만나게 되는데, 제1경로(582)와 제2경로(581)가 만나는 부분에서 휘발성 유기화합물의 탈착이 이루어질 수 있다.
- [0096] 이에 따라 휘발성 유기화합물은 초기에는 폐활성탄과 같은 경로를 따라 상측에서 하측으로 이동하다가 증기를 만나면 탈착되어 증기와 같이 하측에서 상측으로 상승할 수 있다. 이러한 경로를 나타내는 것이 제3경로(583)이

다.

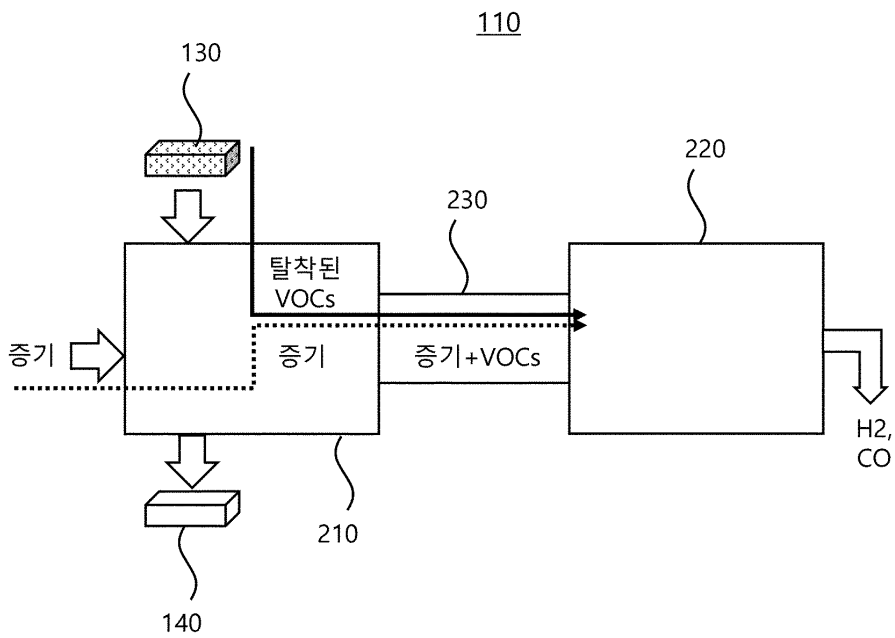
- [0097] 이러한 탈착 반응에 따라 연속적으로 폐활성탄이 재생될 수 있고, 일정 농도의 휘발성 유기화합물이 생성될 수 있으며, 또한, 휘발성 유기화합물과 증기의 화학양론비가 일정하게 유지될 수 있다.
- [0098] 도 9는 일 실시예에 따른 연속식 폐활성탄 재생 방법의 흐름도이다.
- [0099] 도 9를 참조하면, 연속식 폐활성탄 재생 방법에서, 유동공간으로 휘발성 유기화합물이 흡착된 폐활성탄이 투입될 수 있다(S900).
- [0100] 그리고, 열원에 의해 과열 증기가 생성되고(S902), 유동공간의 일측으로 연결되는 흡기관으로 과열 증기가 공급되면서 폐활성탄에서 휘발성 유기화합물이 탈착될 수 있다(S904).
- [0101] 그리고, 증기에 의해 탈착된 휘발성 유기화합물과 증기가 혼합된 유체가 유동공간의 타측으로 연결되는 배기관을 통해 배출될 수 있다(S906).
- [0102] 그리고, 배기관과 연통되는 개질반응기에서 휘발성 유기화합물 및 증기가 반응하여 합성가스가 생성될 수 있다(S908).
- [0103] 그리고, 발전기가 합성가스를 이용하여 열과 전기를 생성할 수 있다(S910).
- [0104] 열원에 의해 과열 증기가 생성되는 단계(S902)에서, 발전기에서 생성된 열의 일부 혹은 전부를 이용하여 과열 증기를 생성할 수 있다.
- [0105] 흡기관으로 공급되는 과열 증기의 온도는 섭씨 150도 내지 300도로 제어될 수 있고, 휘발성 유기화합물과 증기는 전술한 화학반응식에 따라 합성가스로 전환될 수 있다.
- [0106] 그리고, 폐활성탄은 유동공간에서 중력에 의해 상측에서 하측으로 유동하도록 유동공간의 구조가 형성되며, 폐활성탄은 유동공간에서 30분 내지 60분 체류될 수 있다.
- [0107] 이상에서 설명한 바와 같이 본 실시예에 의하면, 높은 에너지 효율로 폐활성탄을 재생시킬 수 있다. 그리고, 본 실시예에 의하면, 간소화된 공정으로 폐활성탄을 재생시키면서 합성가스를 개질할 수 있다.
- [0108] 이상에서 기재된 "포함하다", "구성하다" 또는 "가지다" 등의 용어는, 특별히 반대되는 기재가 없는 한, 해당 구성 요소가 내재될 수 있음을 의미하는 것이므로, 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다. 기술적이거나 과학적인 용어를 포함한 모든 용어들은, 다르게 정의되지 않는 한, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 사전에 정의된 용어와 같이 일반적으로 사용되는 용어들은 관련 기술의 문맥 상의 의미와 일치하는 것으로 해석되어야 하며, 본 발명에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0109] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

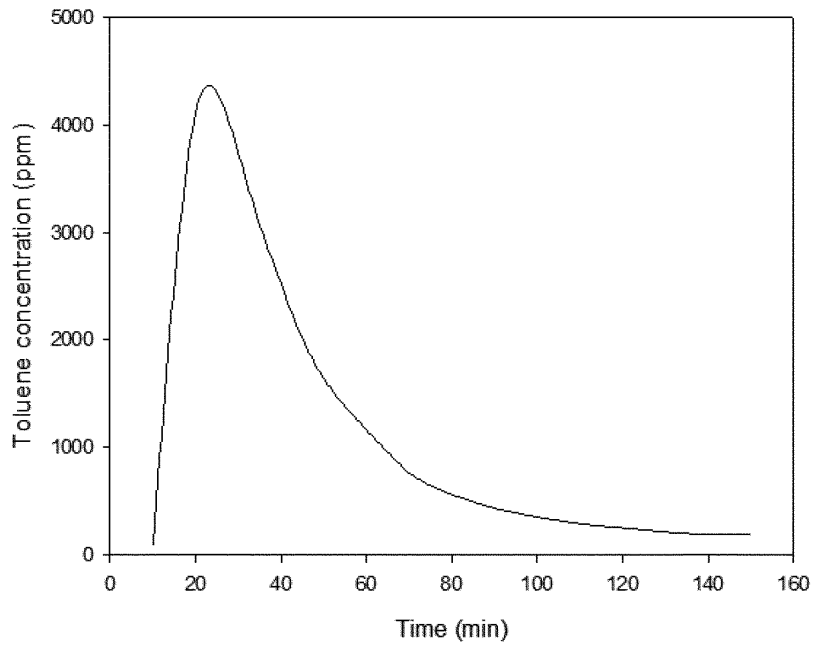
도면1



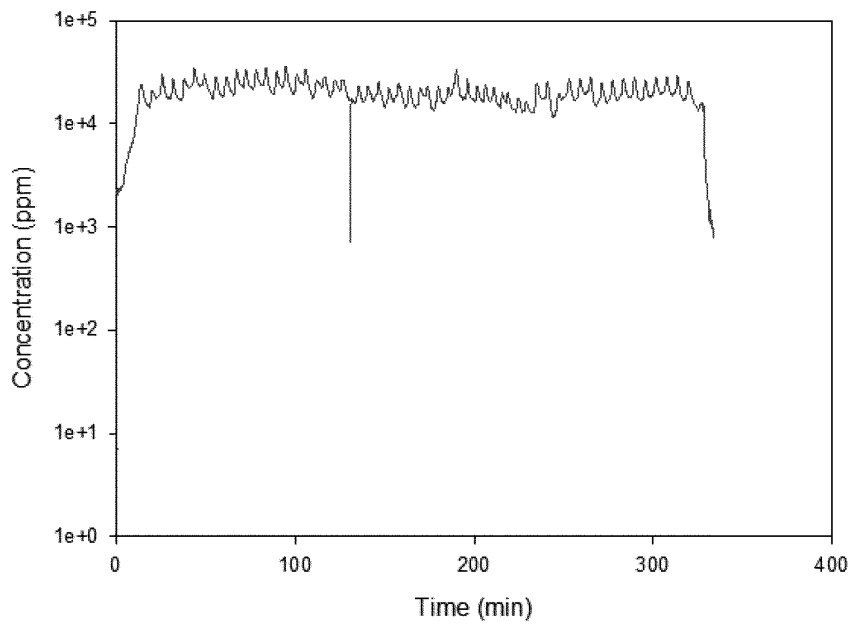
도면2



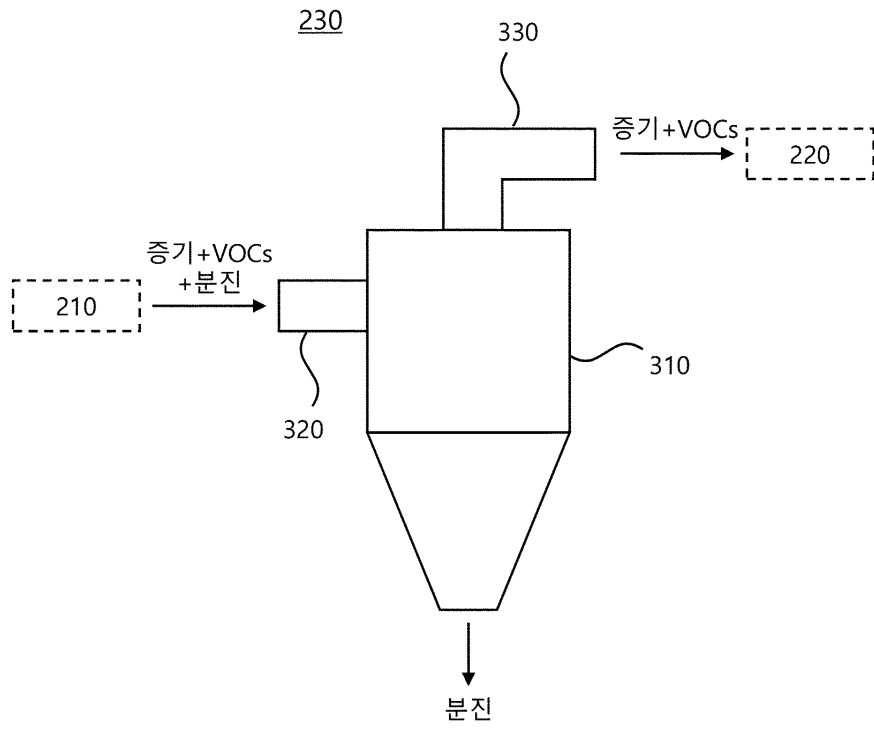
도면3



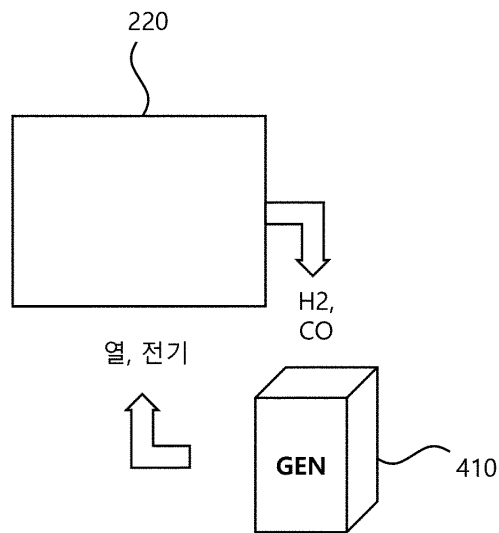
도면4



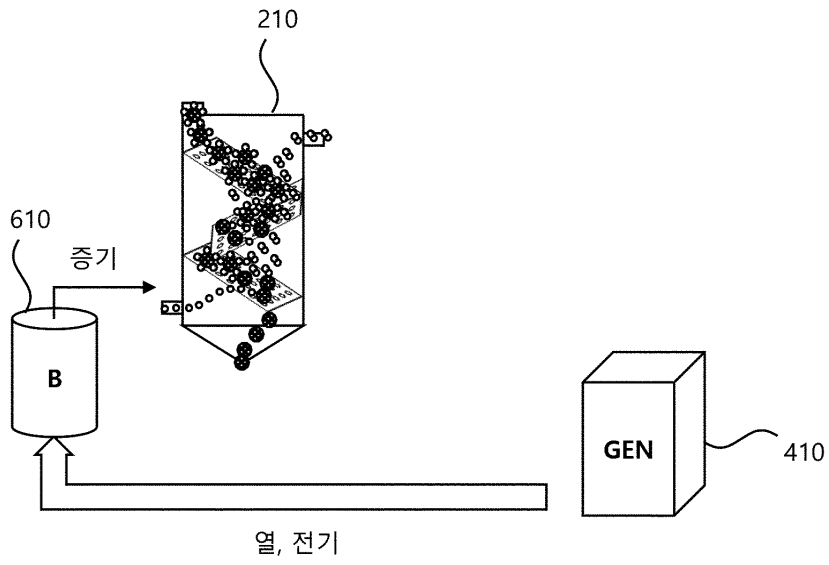
도면5



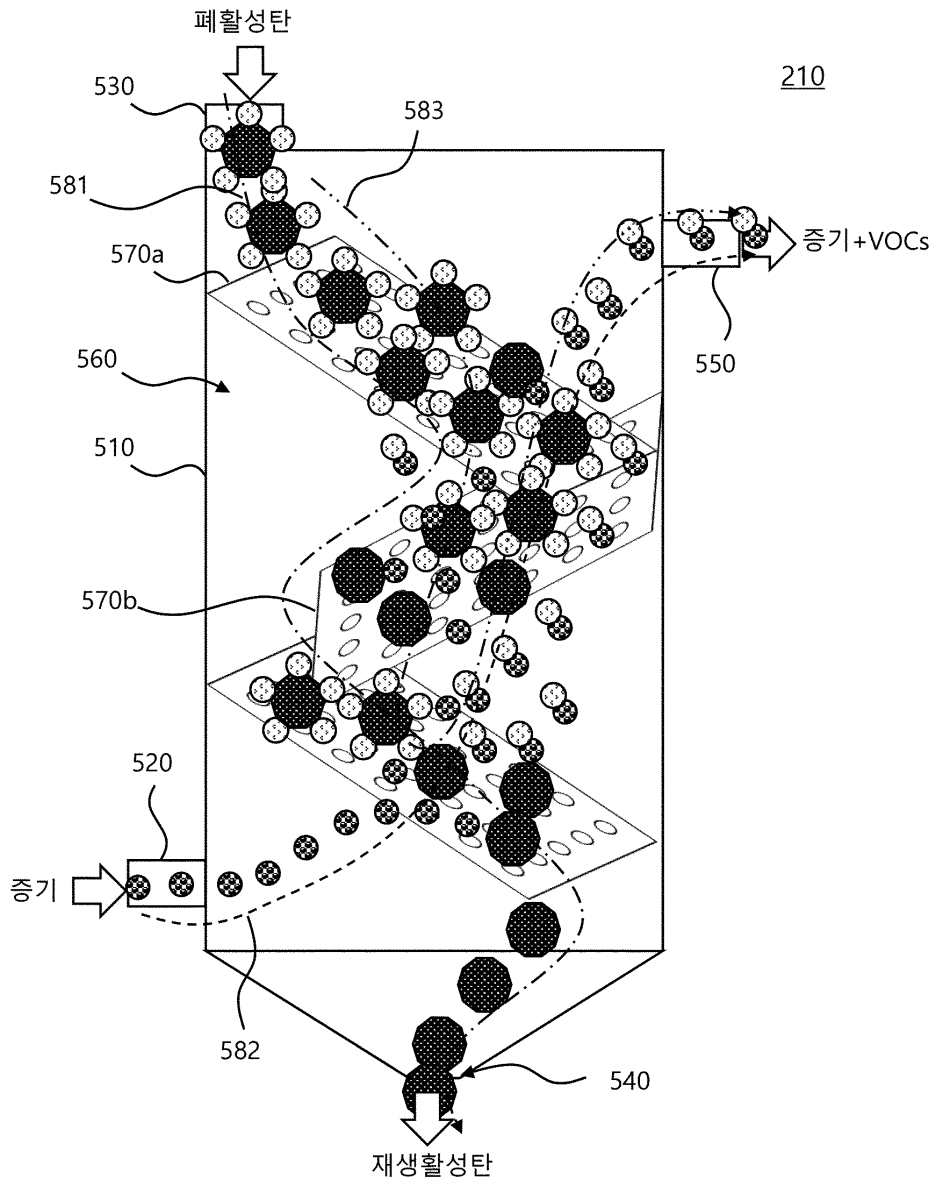
도면6



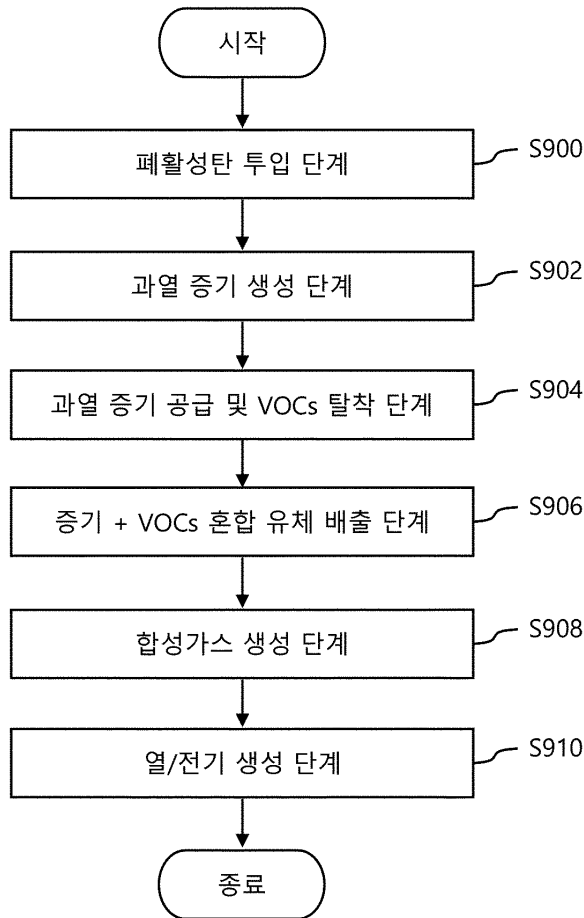
도면7



도면8



도면9



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 5

【변경전】

제1항에 있어서,

상기 복수의 경사판 중 일부의 제1경사판에는 다수의 기공들이 형성되어 상기 증기 및 상기 휘발성 유기화합물이 상기 기공들을 관통하여 상승하고,

상기 복수의 경사판 중 다른 일부의 제2경사판에는 기공이 형성되지 않아 상기 상기 혼합된 유체의 흐름을 가이드하는, 연속식 폐활성탄 재생 장치.

【변경후】

제1항에 있어서,

상기 복수의 경사판 중 일부의 제1경사판에는 다수의 기공들이 형성되어 상기 증기 및 상기 휘발성 유기화합물이 상기 기공들을 관통하여 상승하고,

상기 복수의 경사판 중 다른 일부의 제2경사판에는 기공이 형성되지 않아 상기 혼합된 유체의 흐름을 가이드하는, 연속식 폐활성탄 재생 장치.

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 14

【변경전】

제11항에 있어서,

상기 복수의 경사판 중 일부의 제1경사판에는 다수의 기공들이 형성되어 상기 증기 및 상기 휘발성 유기화합물이 상기 기공들을 관통하여 상승하고,

상기 복수의 경사판 중 다른 일부의 제2경사판에는 기공이 형성되지 않아 상기 상기 혼합된 유체의 흐름을 가이드하는, 연속식 폐활성탄 재생 방법.

【변경후】

제11항에 있어서,

상기 복수의 경사판 중 일부의 제1경사판에는 다수의 기공들이 형성되어 상기 증기 및 상기 휘발성 유기화합물이 상기 기공들을 관통하여 상승하고,

상기 복수의 경사판 중 다른 일부의 제2경사판에는 기공이 형성되지 않아 상기 혼합된 유체의 흐름을 가이드하는, 연속식 폐활성탄 재생 방법.